

**Zur Diskussion um
Schöpfung und Evolution**

**Gesichtspunkte und
Materialien zum Gespräch**

Herausgegeben von Edith Gutsche,
Peter C. Hägele und Hermann Hafner

4. veränderte Auflage
Marburg 1998

Herausgeber der Reihe PORTA-STUDIEN:

SMD – Netzwerk von Christen in Schule, Hochschule und Beruf

Unveränderte Ausgabe zum Download
unter Creative Commons CC BY-NC-ND 3.0 DE, 2019

4. Auflage 1998 – überarbeitet

© Studentenmission in Deutschland (SMD), Marburg 1984

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung der SMD, Postfach 5 54, D-35017 Marburg

Inhalt

Vorwort zur ersten Auflage	7
Vorwort zur vierten Auflage	9
1. Allgemeine Überblicke zur Einführung	
1.1 <i>Zur Geschichte des Evolutionsgedankens und der Evolutionstheorie</i>	
LOTHAR LANG: Zum Evolutionsbegriff und zur Geschichte des Evolutionsgedankens	13
1.2 <i>Zum systematischen Aufbau der Evolutionstheorie</i>	
RONALD KAMINSKY: Grundelemente der Evolutionstheorie – Eine Einführung	21
1.3 <i>Zum Verhältnis zwischen christlichem Glauben und Evolutionstheorie</i>	
HELMUT WIEDMANN: Christliche Grundpositionen zur Problematik von Schöpfung und Evolution	31
2. Naturwissenschaftliche Aspekte der Evolutionstheorie	
2.1 <i>Biochemische Gesichtspunkte</i>	
HARALD BORBE: Biochemische Rekonstruktion der Entstehung des Lebens	41
PETER RÜST: Spezielle und allgemeine Evolutionstheorie – Fakten und Spekulation	51
2.2 <i>Morphologische Gesichtspunkte</i>	
GERHARD DANNEBERG: Was können wir über morphologische Entwicklungen wissen?	113
JÜRGEN DAHL: Bei der Blattwespe versagt die Logik	121
2.3 <i>Paläontologische Gesichtspunkte</i>	
RONALD KAMINSKY: Fossile Indizien und die Rekonstruktion der menschlichen Stammesgeschichte	125
2.4 <i>Geologische Gesichtspunkte</i>	
KLAUS SCHWAB: Zum Verständnis geologischer Vorgänge und geologischer Zeiträume	139

2.5	<i>Fragen der Altersbestimmung</i> HANS RUDOLF BRUGGER: Altersbestimmungen in Geologie und Astronomie	163
2.6	<i>Physikalische Gesichtspunkte</i> PETER C. HÄGELE: Strukturbildung, Evolution und die Hauptsätze der Thermodynamik	251
3. <i>Theologische Gesichtspunkte zur Frage Schöpfung und / oder Evolution</i>		
3.0	<i>Vorbemerkung</i>	311
3.1	<i>Zum biblischen Schöpfungszeugnis</i> HERMANN HAFNER: Das biblische Schöpfungszeugnis und seine grundlegenden Zusammenhänge	313
3.2	<i>Zur Geschichte christlicher Schöpfungslehre</i> HERMANN HAFNER: Wege und Gestaltungen des Schöpfungs- glaubens in der Geschichte der Kirche	363
3.3	<i>Zum Streit um Schöpfung und Evolution</i> HERMANN HAFNER: Das christliche Zeugnis vom Schöpferwirken Gottes und die Weltbilder neuzeitlicher Wissenschaft	391
3.4	<i>Literaturverzeichnis zu Teil 3</i>	459
4. <i>Wissenschaftstheoretische Aspekte</i>		
4.1	<i>Zur theoretischen Struktur der Evolutionstheorie</i> PETER BUSCH: Theoretische Grundlagen der Evolutionstheorie und ihr Verhältnis zum christlichen Schöpfungsglauben	485
4.2	<i>Zur Frage nach der Tragfähigkeit der Grundlagen</i> HERMANN HAFNER: Wissenschaftstheoretische Überlegungen und Fragen zur Grundannahme der Evolutionstheorie	495
4.3	<i>Zur Herausforderung durch das kybernetische Denken</i> GÜNTER EWALD: Der Mensch als Geschöpf und kybernetische Maschine	513
4.4	<i>Zur Frage nach einem ganzheitlichen Zeit- und Wirklichkeitsverständnis</i> A. M. KLAUS MÜLLER: Schöpfung auf dem Weg durch die Zeit	521
5. <i>Buchbesprechungen</i>		
	CARSTEN BRESCH: Zwischenstufe Leben. Evolution ohne Ziel? (Ulrike Stork)	531

JACQUES MONOD: Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie. (<i>Edith Gutsche</i>)	533
GERD UND HEIDI VON WAHLERT: Was Darwin noch nicht wissen konnte. Die Naturgeschichte der Biosphäre. (<i>Wolfgang Doerk</i>)	537
JOACHIM ILLIES: Schöpfung oder Evolution. Ein Naturwissenschaftler zur Menschwerdung. (<i>Lothar Lang</i>)	539
HENNIG KAHLE: Evolution – Irrweg moderner Naturwissenschaft? (<i>Heiko Hörnicke</i>)	541
ARTHUR ERNEST WILDER SMITH: Die Naturwissenschaften kennen keine Evolution. Experimentelle und theoretische Einwände gegen die Evolutionstheorie (<i>Detlef Blöcher</i>)	542
REINHARD JUNKER / SIEGFRIED SCHERER (Hrsg.): Entstehung und Geschichte der Lebewesen. (<i>Heike Riege</i>)	548
SIEGFRIED SCHERER: Typen des Lebens. (<i>Heike Riege</i>)	551
Die Autoren	555

Vorwort zur ersten Auflage

Die Idee zu diesem Band geht zurück auf drei Tagungen zum Thema *Schöpfung und Evolution*, die die *Fachgruppe Naturwissenschaftler der Akademikerarbeit der Studentenmission in Deutschland (SMD)* veranstaltete. Aufgrund dessen, was wir miteinander durchgearbeitet hatten, schien es uns im Blick auf die neu auflebenden christlichen Frontbildungen um die Bewertung der Evolutionstheorie wichtig, Grundlagen für ein sachlich abwägendes Gespräch zu erarbeiten und anzubieten.

Wir möchten also zur Diskussion herausfordern, unsere Überlegungen beitragen und Anstöße zum Weiterdenken geben.

Wichtig ist uns im Blick auf ein fundiertes Gespräch vor allem

- die sachliche Strukturierung des Problemfeldes, wie sie sich unter anderem in der Gliederung des Bandes spiegelt,
- das Aufdecken der jeweiligen Erkenntnis- und Begründungszusammenhänge.

So wollen wir zu differenzierter Betrachtung der Zusammenhänge und zugleich zu neuem Nachdenken über vermeintliche Selbstverständlichkeiten anregen,

- ob es sich dabei um die Anerkennung der Evolutionstheorie handelt oder um ihre Ablehnung,
- um ihre fraglose Harmonisierung mit dem biblischen Schöpfungszeugnis oder um die fraglose Unterstellung eines unüberbrückbaren Gegensatzes
- oder auch um die Meinung, das alles sei für den christlichen Glauben doch ganz gleichgültig.

Bei dem allem geht es uns nicht um eine skeptische Relativierung aller Dinge, sondern um die gemeinsame Öffnung für das Erkennen der Wahrheit, soweit sie uns zugänglich wird. Wo Fragen offen bleiben müssen und beim gegenwärtigen Stand des Wissens nicht abschließend beantwortet werden können, möchten wir dazu ermutigen, dieser Spannung standzuhalten und im gemeinsamen Fragen und Bemühen um die rechte Erkenntnis auch bei kontroversen Überzeugungen miteinander auszuharren, bis die Fragen zur Klärung reif sind.

Eine gewisse Unterschiedlichkeit der Beiträge hinsichtlich des Umfangs, der Ausgangspunkte und Perspektiven sowie der Intensität der Reflexion ließ

sich nicht vermeiden und ist uns bewußt; das mußte beim gegenwärtigen Stand der Dinge und bei der einsetzbaren Arbeitszeit in Kauf genommen werden. Als einen Mangel empfinden wir, daß es uns nicht gelungen ist, in den Beiträgen selbst noch intensiver ins Gespräch einzutreten; umso mehr hoffen wir, daß der Band zu einem intensiven und weiterführenden Gespräch anregen wird.

Wie der Leser bemerken wird, befinden sich unter den Autoren solche, die die Evolutionstheorie vertreten, und solche, die ihr kritisch gegenüberstehen. Wir haben uns bewußt in diese Arbeitsgemeinschaft hineingestellt. Was uns miteinander verbindet, ist neben der Gemeinschaft des Glaubens der gemeinsame Wille, nachzufragen, „wie es sich wirklich verhält“, und unsere „christlichen“ wie unsere „wissenschaftlichen“ Gedanken und Meinungen kritisch auf ihre Stichhaltigkeit zu prüfen.

Die Herausgeber

Vorwort zur vierten Auflage

Wir freuen uns, daß unsere Beiträge zum Gespräch ein so anhaltendes Interesse finden. Nachdem der Band über sechs Jahre lang vergriffen war, kann nun die vierte Auflage erscheinen. Daß es so lange gedauert hat, liegt vor allem daran, daß für die Neuauflage einige inhaltliche Änderungen vorgenommen wurden und im Zusammenhang damit der gesamte Textbestand in den Computer eingelesen wurde; und bei den Endkorrekturen kam es dann leider durch personelle Engpässe mehrfach zu weiteren erheblichen Verzögerungen.

HANS RUDOLF BRUGGER hat den Beitrag über die Fragen der Altersbestimmung neu geschrieben, und PETER RÜST hat seinen Beitrag zu den biochemischen Aspekten aktualisiert und neu gefaßt. KLAUS SCHWAB hat an seinem Beitrag einige kleinere Verbesserungen vorgenommen. Der Beitrag von HARALD BORBE hat endlich sein Literaturverzeichnis bekommen, das bei den ersten Auflagen leider versehentlich weggeblieben war, und PETER HÄGELE hat dem Literaturverzeichnis seines Beitrags einige wenige neuere Titel hinzugefügt. In dem Beitrag von HERMANN HAFNER zum biblischen Schöpfungszeugnis wurden die Bibelstellen-Nachweise aus dem Text in die Anmerkungen versetzt, so daß in diesem Beitrag die Anmerkungsnummern verändert sind. Zu den Buchbesprechungen kamen noch zwei neue von HEIKE RIEGE hinzu. Alle übrigen Beiträge wurden in der bisherigen Fassung belassen. Die Angaben im Autorenverzeichnis wurden den jetzigen Umständen angepaßt.

Den Mitarbeitern in der *Zentralstelle der Studentenmission in Deutschland* danken wir für die mühevollen Arbeit, die alte Auflage zu scannen und eine erste Nachbearbeitung im Computer auszuführen, so daß die neue Auflage mit ihren alten und neuen Bestandteilen in einem einheitlichen und verbesserten Erscheinungsbild herauskommen kann.

Die Herausgeber

Hinweis:

Vom 2. - 8. Januar 1995 hat die Studentearbeit der SMD eine Studienwoche zum Thema „Schöpfung/Evolution“ durchgeführt, bei der einige Fragestellungen dieses Themenkreises kontrovers diskutiert wurden. Wir weisen auf diese Weiterführung des Gesprächs hin; Tonkassetten von den Beiträgen dieser Studienwoche können bei der Zentralstelle der SMD ausgeliehen werden.

Teil 1

***Allgemeine Überblicke
zur Einführung***

1.1 Zur Geschichte des Evolutionsgedankens und der Evolutionstheorie

Lothar Lang

Zum Evolutionsbegriff und zur Geschichte des Evolutionsgedankens

1. Antike	14
2. Vom Mittelalter bis zum achtzehnten Jahrhundert	15
3. LAMARCK und CUVIER	16
4. DARWIN und die natürliche Selektion	16
Literaturverzeichnis	19

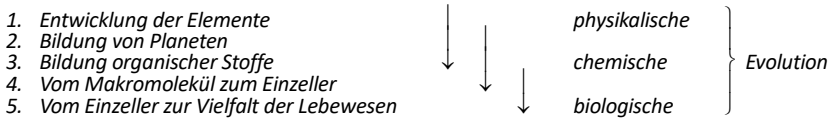
Der Evolutionsgedanke, wie er sich in der Biologie erstmals deutlich und belegbar im neunzehnten Jahrhundert zeigte, entsprang keinesfalls nur „reiner Empirie“, sondern kann nur im Zusammenhang mit Ideen und Vorstellungen des achtzehnten und neunzehnten Jahrhunderts begriffen werden.

Der Ausgangspunkt für „entwicklungsgeschichtliche Betrachtungsweisen“ liegt nicht in der Spezialwissenschaft Biologie, sondern erwächst aus der geistigen Gesamtkonstellation (GOLL 1972, 62). Schon immer hat den Menschen die philosophische Frage nach dem Ursprung, nach seinem Woher und Wohin beschäftigt, und demzufolge hat er auch verschiedene Antworten gegeben.

Mit dem Begriff *Evolution* bezeichnet man eine Abfolge von entwicklungsgeschichtlichen Vorgängen in der Natur- und in der Geschichtsbetrachtung, wobei spätere Formen als Entfaltung vorgegebener, „eingewickelter“ Anlagen angesehen werden. Evolution bedeutet Entwicklung in der Zeit. Diese Entwicklung geschieht im Sinne des Aufstiegens vom Einfachen zum Komplizierten, zum Höheren.

Evolution im engeren Sinne meint die Entwicklung aller heute lebenden Organismen durch schrittweise Differenzierung aus einer gemeinsamen Wurzel über eine lange Generationskette hinweg – im Gegensatz zur *Schöpfung*, dem Hervorbringen aus dem Nichts, oder zur spontanen Gestaltung eines Zustandes oder einer Art von Lebewesen aus einem bzw. einer anderen.

Von dem Evolutionismus des achtzehnten Jahrhunderts im Sinne einer Auseinanderfaltung und Vergrößerung von schon Vorhandenem (extensive Entwicklung) ist die heutige Entwicklungslehre zu unterscheiden im Sinne einer fortgesetzten Entstehung von gestalthaft und qualitativ Neuem (intensive Entwicklung; Epigenesis). Während man früher unter dem Problem der Evolution lediglich die Frage verstand, wie sich höhere Lebensformen aus niedrigeren entwickelt haben, kann man diese Frage heute in einen umfassenderen Problemzusammenhang einbetten: bevor Lebewesen entstehen konnten, mußten sich Makromoleküle und chemische Elemente entwickelt haben. Man kann fünf Phasen der Evolution unterscheiden (STEGMÜLLER 1975, 407ff; 420):



Die einzelnen daraus sich ergebenden Fragestellungen werden in den folgenden Beiträgen betrachtet. Hier soll die Entwicklung des Evolutionsgedankens skizziert werden, der heute auch die Kulturgeschichte, Sozialwissenschaften, Psychologie und Wissenschaftstheorie prägt.

1. Antike

Der Entwicklungsgedanke läßt sich weit in die Vergangenheit zurückverfolgen und findet sich in Kosmologien und Kosmogonien der alten Hochkulturen ebenso verwirklicht wie in der modernen Biologie.

Griechische Philosophen und Naturforscher machten Andeutungen, die als erstes Aufdämmern einer Evolutionsvorstellung erscheinen. ANAXIMANDER VON MILET (610–547 v. Chr.) meinte, „die Tiere sind aus dem Feuchten, das unter der Einwirkung der Sonne verdunstet, hervorgegangen [...] Die Ahnen des Menschen sind aus Fischen entstanden und vom Meer auf das Land gestiegen.“ EMPEDOKLES VON AGRIGENT (492–430 v. Chr.) nahm an, die Erde habe einzelne Organe, Köpfe, Arme und Beine in ihrem Inneren gezeugt, die sich dann – von einer Anziehung belebt – einander näherten und zu gelungenen oder mißlungenen Körpern verschmolzen. Schließlich blieben nur die gelungenen Körper bestehen. Nach der atomistischen Vorstellung DEMOKRITS (460–370 v. Chr.) entstanden alle Lebewesen – auch der Mensch – aus Atomen, die sich zufällig im leeren Raum bewegten und zusammenfanden.

Diesen „evolutionistischen“ Ansätzen gegenüber sprach ANAXAGORAS VON KLAZOMENAI (500–425 v. Chr.), tief beeindruckt von der Ordnung und der Harmonie des Universums, von einem νοῦς (nous), von einer Intelligenz,

die die Weltordnung lenke. Jeder Organismus sei eine absichtsvolle Frucht aus Geist und Materie.

ARISTOTELES (384–322 v. Chr.) äußerte Überlegungen, die wie eine Vorahnung des Ausleseprinzips erscheinen: „Jedes Lebewesen, wenn es für ein bestimmtes Ziel geschaffen ist, wird erhalten bleiben, wenn es aus Zufall sofort geeignet ist, sonst aber ist es verloren und wird untergehen.“ ARISTOTELES stand aber dem Eingreifen des Zufalls feindlich gegenüber, weil er an dem Prinzip der Entelechie festhielt, d. h. an einem innewohnenden Drang nach Entfaltung der angelegten Gestalt auf größere Vollkommenheit hin. Daher widersprach er den Ansichten DEMOKRITS, daß das Universum und das Leben Zufallsprodukte seien.

Dreihundert Jahre später griff LUKREZ (95–53 v. Chr.), beeinflusst von EPIKUR, den Selektionsgedanken wieder auf: Lebewesen seien Söhne des Zufalls, nur jene, die zufällig harmonisch gestaltet wären, überlebten, und alle Lebewesen kämpften miteinander, um zu überleben.

2. Vom Mittelalter bis zum achtzehnten Jahrhundert

Der mittelalterliche Mensch sah die Welt als Schöpfung Gottes, als eine Gegebenheit, die er nicht untersuchen konnte, ohne ihre Abhängigkeit von Gottes Wirken zu bedenken. Auch wenn die ganze Welt nur von Gott her gedeutet werden konnte, sah man ihn doch – in Aufnahme der Ideenlehre PLATONS – in seinem Schaffen gebunden an Ideen, die vor der Schöpfung in seinem Geist existierten, die also sozusagen die Vorlage für alles Geschaffene bildeten und an deren Erkenntnis der Mensch kraft seiner Vernunft teil hat. Erst im Nominalismus und bei DESCARTES (1596–1650) wurde Gottes Wille völlig frei gesehen und Gottes Tun damit rational unbestimmbar. Gott als „reine Aktivität“, die willkürlich schafft und den Menschen somit einer grenzenlosen Ungewißheit aussetzt, hört auf, der durch die Dinge dieser Welt erkennbare Bezugspunkt allen Geschehens zu sein. Gottes Wirksamkeit konnte nun auf den Menschen und die Natur übertragen werden (GOLL 1972, 52).

Im *Mittelalter* wurde unter Berufung auf ARISTOTELES gelehrt, daß sich Fische und Insekten spontan aus Schlamm bildeten, und PARACELUS (1498 bis 1541) wollte seinen *Homunculus* (Retortenmensch) bauen. Im 17. Jahrhundert stellte sich der holländische Naturforscher SWAMMERDAM (1637–1680) die Frage, ob man nicht – wegen der organischen Ähnlichkeit aller Tiere – „in gewisser Weise annehmen könne, Gott habe nur ein einziges Tier geschaffen, das sich in eine unendliche Anzahl von Sorten und Arten aufgegliedert hat.“ Die Wege für einen umfassenden Transformismus (Lehre vom evolu-

tiven Artwandel) wurden im 18. Jahrhundert eröffnet, nachdem mehrere Bedingungen erfüllt waren:

- „die Befreiung des Geistes von mythischen Vorstellungen und pseudo-wissenschaftlichem Aberglauben,
- die Abgrenzung des Artbegriffes und die Aufstellung eines Verzeichnisses der bestehenden Fauna und Flora,
- die Erkenntnis der Variabilität der Lebewesen.“ (GRASSÉ 1973, 4).

Von CARL VON LINNÉ (1707–1778) stammt die erste „logische“ Aufstellung der Zoologie und Botanik. Sie bedeutete für ihn gleichzeitig die Aufdeckung des Schöpferplanes und zeigte ihm, daß die lebende Natur kein zufällig entstandenes Chaos ist.

Bei P.-L. M. DE MAUPERTUIS (1698–1759) findet man Züge der heutigen Mutationstheorie. Er maß den durch Zufall auftretenden Variationen und ihrer Selektion große Bedeutung bei („Die Ursache der Variation liegt in den Samenflüssigkeiten selbst“), hatte aber noch keine vollständige Konzeption der Natur und der Genese der Organismen. Erwähnenswert ist noch BUFFON (1707–1788), der eine exakte Deutung der Fossilien gab und entdeckte, daß die Erdkruste sich entwickelt. Er zögerte nicht, den Menschen unter die Tiere einzureihen.

3. LAMARCK und CUVIER

JEAN BAPTISTE LAMARCK (1744–1829) gilt als Begründer des *Transformismus*. Das Evolutionsgeschehen erklärte er mit den vier Prinzipien:

1. ein allen Organismen eigener Drang zur Höherentwicklung,
2. die Fähigkeit zur Anpassung an die Lebensumstände,
3. häufiges Vorkommen von Urzeugung (spontanes Entstehen von Lebewesen aus Materie),
4. Vererbung erworbener Merkmale.

LAMARCKS Ansicht war, daß die große Mannigfaltigkeit lebender Organismen nur durch die Annahme eines großen Erdalters und eines Entwicklungsprozesses zu erklären sei. Er war der erste, der einen Stammbaum der Tiere aufstellte.

Ein entschiedener Gegner der Abstammungslehre war der Anatom und Paläontologe CUVIER (1769–1832). Er hielt an der Lehre von der Konstanz der Arten fest und erklärte die Fossilien als Reste von Naturkatastrophen, die die dort lebenden Arten ausrotteten.

4. DARWIN und die natürliche Selektion

CHARLES ROBERT DARWIN (1809–1882) sammelte 1831 auf der Weltreise mit dem Forschungsschiff *Beagle* reichhaltiges Beobachtungsmaterial. Seine auf

der natürlichen Selektion aufbauende Evolutionstheorie entwickelte er lange vor 1859, dem Erscheinungsjahr seines Hauptwerkes *The Origin of Species*. Seine Lehre beinhaltet folgende Grundpostulate:

- a) Die Welt ist nicht statisch, sondern in Entwicklung begriffen.
- b) Der Evolutionsprozeß geschieht schrittweise und kontinuierlich.
- c) Der Mensch ist in die Abstammung aller Säugetiere miteinzubeziehen.
- d) Natürliche Auslese geschieht in zwei Stufen: Erzeugung von Variation und Auslese durch Überleben im Kampf ums Dasein.

Die Idee vom „Kampf ums Dasein“ hatte DARWIN von MALTHUS (1766–1834) entlehnt, der annahm, daß die Bevölkerung geometrisch anwachse, die Nahrungsmittelproduktion aber nur linear, und daher ein Wettkampf der Individuen stattfinde. Die Grundidee eines evolutiven Transformismus lag im Denken LAMARCKS schon vor. Außerdem kannte DARWIN das Vorgehen der Züchter, die aus einem vorliegenden Angebot von Varianten die ihnen passenden Formen auslasen und weiterzüchteten. In der Evolutionstheorie übertrug er dieses Prinzip auf alle übrigen Lebewesen. Analog zur Tätigkeit des Züchters wirkt in der freien Natur die „natürliche Selektion“.

1858 brachte A. R. WALLACE die gleichen Prinzipien zum Ausdruck. Die Ideen DARWINS lagen also gewissermaßen „in der Luft“. THOMAS HUXLEY (1835–1895) in England und ERNST HAECKEL (1834–1919) in Deutschland waren enthusiastische Verfechter der Evolutionstheorie. HAECKEL dehnte das Evolutionsprinzip auf das gesamte Universum aus und formulierte die (heute revidierte) „biogenetische Regel“: Die Ontogenese (Embryonalentwicklung) ist eine kurze Wiederholung der Phylogenie (Stammesgeschichte). Dies war für ihn ein Beweis der Abstammungslehre. HUXLEY lehnte trotz seiner Begeisterung für DARWIN eine schrittweise Entwicklung höherer Organismen zu neuen Arten ab und propagierte statt dessen eine Evolution in Sprüngen. A. WEISSMANN (1834–1914) hat den Darwinismus an die Erkenntnisse über die Fortpflanzung der Lebewesen angepaßt und die entscheidende Rolle der Chromosomen bei der Vererbung erkannt. Er unterschied zwischen „Keimbahn“ und „Soma“ und stellte fest, daß es keine Einwirkung des „Soma“ auf die Keime gibt – also keine Vererbung erworbener Eigenschaften, wie sie LAMARCK postuliert hatte.

Die große Lücke in DARWINS Theorie wurde durch die MENDELschen Gesetze 1865 geschlossen, die um 1900 von H. DE VRIES wiederentdeckt wurden, verbunden mit der Beobachtung von Mutationen. Seine Mutationslehre besagt, daß die Evolution zufallsbedingt ist und sich durch zufällige, unmittelbar erbliche, diskontinuierliche Variationen vollzieht. Mit anderen Worten: Die Evolution beruht auf einzelnen „Versagern“ des Vererbungsmechanismus (DNS-Reduplikation).

Die Entdeckung der ungeheuren Variationsmöglichkeiten (*gene pool*) bei natürlichen Populationen und die Erkenntnis, daß eine große Variabilität unzusammenhängender genetischer Faktoren sich in kontinuierlicher Veränderung der Organismen niederschlagen kann, führte zur Ablehnung der „Evolution in Sprüngen“. Durch die Verbindung des Darwinismus (natürliche Selektion) mit den Ergebnissen der modernen Vererbungslehre entstand eine „synthetische Theorie der Evolution“, die auch *Neodarwinismus* genannt wird. Sie ist charakterisiert durch die vollständige Ablehnung der Vererbung erworbener Merkmale, einer Betonung der schrittweisen Evolution (Populationsphänomen statt Mutations sprünge) und der überragenden Bedeutung der natürlichen Auslese, die gleichsam bei den genetischen Variationsmöglichkeiten die lebensfähigsten auswählt. Nach MAYR (1978) ist die selektionistische Evolution weder eine Zufallserscheinung noch deterministisch, sondern ein Zweischrittprozeß, der Vorteile von beiden verbindet.

Mit der synthetischen Theorie ist die Evolutionsforschung weder beendet noch einheitlich geworden. Denn es sind auch heute noch sehr verschiedenartige Deutungen möglich: J. L. MONOD, der 1965 den Nobelpreis für die Entdeckung der Regulation der Genaktivität (Regulator-Operator-Modell) erhielt, beschreibt in seinem Buch *Zufall und Notwendigkeit*¹ die Entstehung des Lebens als eine unwiederholbare Zufallsentwicklung von astronomischer Unwahrscheinlichkeit. Er unterscheidet dabei aber nicht zwischen dem Problem der Entstehung des Lebens überhaupt und dem Problem der Entwicklung der heute so vorliegenden Lebensformen auf der Erde.²

Während einige Autoren meinen (z. B. MAYR), nach MONOD sei keine finalistische Deutung der Evolution mehr möglich, widerspricht RIEDL mit seinem Buch *Strategie der Genesis* der Behauptung MONODS, „daß aus der Ausschließlichkeit der evolutiven Kreativität durch den Zufallsgenerator notwendigerweise die Sinnlosigkeit aller Kreatur folgen müßte.“ Nach RIEDLS Theorie sorgen molekulare Regelkreise dafür, „daß die Evolution eine Richtung annimmt, ohne von einem Ziel gelenkt zu werden“ (RIEDL/GÜNTHER 1979).

W. F. GUTMANN (1979) kritisiert MAYR, indem er feststellt, daß mit der Auslese in der Population nur ein „richtiger Aspekt von Selektion, nicht aber das Charakteristische an Selektion ... herausgearbeitet“ wird. Er unterstützt

¹ Vgl. die Buchbesprechung in diesem Band S. 533.

² Darin liegt nach Meinung STEGMÜLLERS „der entscheidende Denkfehler MONODS. Er beruht auf der Tatsache, daß zufällige Ereignisse im nachhinein immer beliebig unwahrscheinlich gemacht werden können, wenn man eine hinlänglich lange Reihe von ihnen betrachtet“ (vgl. STEGMÜLLER 1975, S. 410).

EIGENS Konzept der Selbstorganisation, weil es auf die energetischen Grundlagen der Physik bezogen ist. In seiner „physikalistischen Evolutionstheorie“ betrachtet er Organismen als lebende Maschinen, „die sich vermehren können, durch Energieverbrauch in allen ihren Aktivitäten angetrieben werden und in denen die Naturgesetze durchweg und uneingeschränkt gelten“.

„Die Phylogeneese muß als Prozeß der Umkonstruktion und des Funktionswechsels rekonstruiert werden, wobei neben den Außenanpassungen die inneren Gefügewänge physiologischer und biomechanischer Art sowie die Embryonal-Entwicklung als funktionelles Geschehen zu interpretieren sind“ (GUTMANN 1979, 96. 91).

Der Paläontologe TEILHARD DE CHARDIN (1881–1955) versuchte eine ganz andere Sicht der Evolution über den Rahmen der positiven Wissenschaft hinaus, denn er sah, daß zur wissenschaftlichen Annäherung an die Welt eine völlig neue Methode nötig wäre, die die großen Linien evolvierender Wirklichkeit betrachtet (*Hyperphysik* von ihm genannt). Für ihn standen das in Evolution befindliche Universum und der transzendente Schöpfergott in einer „hierarchisch geordneten Konjunktion“. Den Menschen sah er als „Achse und Spitze der Entwicklung“. In ihm würde „die Evolution also nicht nur ihrer selbst bewußt. Gleichzeitig und darüber hinaus wird sie in gewissem Maße fähig, sich selbst zu lenken und zu beschleunigen“ (HAAS).

Literaturverzeichnis

Quellen, die auch an nicht besonders bezeichneten Stellen benutzt wurden, sind folgende:

GOLL, R.: Der Evolutionismus. München: Beck 1972

GRASSÉ, P. P.: Evolution. (Ders.: Allgemeine Biologie, Bd. 5). Stuttgart 1973

GUTMANN, W. F.: Das Analogie-Denken Darwins und die physikalistische Evolutionstheorie. Biol. Rundschau 1979

HAAS: Art. *Evolution*. In: Teilhard de Chardin-Lexikon (2 Bde.). 1971. Bd. 1, 298

MAYR, E.: Evolution. Scientific American Sept. 1978

RIEDL / GÜNTHER: Zufall oder Sinn? Bild der Wissenschaft H. 10/1979

STEGMÜLLER, W.: Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie. Stuttgart 5. Aufl. 1975. Bd. II

1.2 Zum systematischen Aufbau der Evolutionstheorie

Ronald Kaminsky

Grundelemente der Evolutionstheorie

Eine Einführung

1. Einteilung der Evolutionsforschung in drei Bereiche	21
1.1 Physikalische Evolutionsforschung	22
1.2 Chemische Evolutionsforschung	22
1.3 Biologische Evolutionsforschung	22
2. Darstellung der biologischen Evolutionstheorie	23
2.1 Darstellung der Fakten	23
2.2 Die Deutung als Prozeß	24
2.3 Mechanismen der Evolution	27
Literaturverzeichnis	30

Da alle Naturwissenschaften bemüht sind, objektivierbare Vorgänge dieser Welt zu beschreiben, ist es nicht verwunderlich, daß auch die Evolutionsforschung über die Biologie hinaus in allen Naturwissenschaften Bedeutung gewonnen hat. Dabei muß man festhalten, daß eine Extrapolation der Evolutionstheorie auf ideologische und philosophische Bereiche den Rahmen der Naturwissenschaft sprengt. In diesem Beitrag soll nicht über die Bedeutung und Grenzen naturwissenschaftlicher Aussagen bezüglich der Evolutionstheorie diskutiert werden, sondern die Grundelemente der Evolutionstheorie sollen wirklich nur in der naturwissenschaftlichen Dimension kritisch betrachtet werden. Die geschichtliche Entwicklung der Evolutionsforschung ist in dem vorangehenden Beitrag *Zum Evolutionsbegriff und zur Geschichte des Evolutionsgedankens* von L. LANG (S. 13) beschrieben.

1. Einteilung der Evolutionsforschung in drei Bereiche

Ein verbreiteter Sprachgebrauch faßt die gesamte Entwicklung des Universums im Evolutionsbegriff zusammen. Dieser umfassende Gesamtzusammenhang des Evolutionsgeschehens kann dann grob in drei Abschnitte eingeteilt werden (die sich natürlich überlappen): in die physikalische, die chemische und die biologische Evolution (siehe Abb. 1).

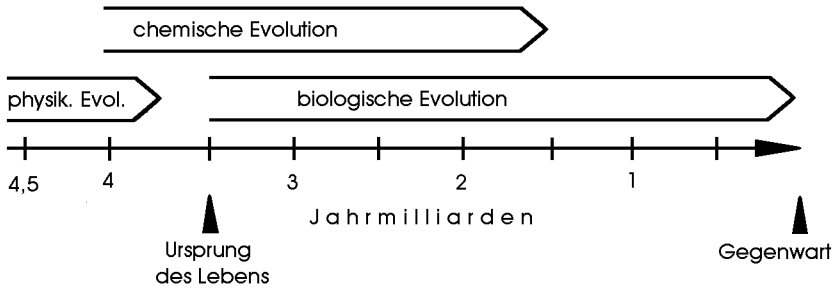


Abb. 1: Drei Abschnitte der Evolution in Relation zur Zeitachse (nach MAYR)

1.1 Physikalische Evolutionsforschung

Hier geht es um die Anfänge des Universums, um die Entwicklung der Materie in der Bildung der chemischen Elemente, um die Entstehung der Sternensysteme bis hin zu unserem eigenen Sonnensystem und der Erde. Hierher gehört also etwa die Frage nach dem Alter der Erde (vgl. den Beitrag von H. R. BRUGGER in diesem Band über *Altersbestimmungen in Geologie und Astronomie*, S. 163) oder das Problem der (Selbst-)Organisation der Materie (M. EIGEN 1971). P. C. HÄGELE geht in seinem Beitrag über *Struktur- bildung, Evolution und die Hauptsätze der Thermodynamik* auf diese Problematik ein (S. 251).

1.2 Chemische Evolutionsforschung

Sie beginnt mit dem Auftreten der ersten biologisch wichtigen Verbindungen. In der Forschung geht es hier also um deren Entstehung und Entwicklung bis hin zur Zelle, der Grundeinheit biologischen Lebens. S. L. MILLER hat in seinem beinahe schon klassisch gewordenen Experiment unter bestimmten Voraussetzungen die Entstehung von Aminosäuren, den Bausteinen der Proteine (Eiweiße), nachweisen können. H. BORBE stellt in seinem Beitrag *Biochemische Rekonstruktion der Entstehung des Lebens* die Voraussetzungen und Ergebnisse solcher Experimente dar (S. 41), und P. RÜST untersucht in seinem Beitrag *Spezielle und allgemeine Evolutionstheorie – Fakten und Spekulation* die weiterreichenden Zusammenhänge und Probleme dieses Bereiches (S. 51).

1.3 Biologische Evolutionsforschung

Hier geht es um die Entwicklung der ganzen heutigen Vielfalt von Organismen aus den ersten einzelligen Lebewesen.

Die Evolutionstheorie (Deszendenztheorie, Abstammungslehre) besagt, daß alle lebenden Organismen durch gemeinsame Abstammung verbunden, also mitein-

ander verwandt sind. Evolution ist der Prozeß, der zur Bildung neuer Arten mit neuen Eigenschaften, meistens auch zu einer Höherentwicklung der Organisationstypen führt. Anders ausgedrückt: aus einer Zelle sollen sich im Laufe der Zeit verschiedene einzellige Lebewesen, dann Vielzeller entwickelt haben und so immer kompliziertere Pflanzen und Tiere, schließlich auch der Mensch. Einen kleinen Ausschnitt dieser ganzen Entwicklung bespricht G. DANNEBERG in seinem Beitrag *Was können wir über morphologische Entwicklungen wissen?* (S. 113).

2. Darstellung der Evolutionstheorie

An dieser Stelle möchte ich mich zugunsten einer knappen, übersichtlichen Einführung auf das Wesentliche beschränken; zudem wird ja eine tiefer gehende Auseinandersetzung in mehreren Beiträgen zu begrenzten Themenbereichen durchgeführt. Bei einer kritischen Darstellung einzelner Bereiche der Evolutionstheorie müssen drei Themenkreise unterschieden werden, ganz gleich, ob es sich um einen physikalischen, chemischen oder biologischen Aspekt handelt: die Darstellung der relevanten Fakten, die Deutung der Fakten durch Einfügen in eine Theorie und die bisher bekannten Evolutionsmechanismen.

2.1 Darstellung der Fakten

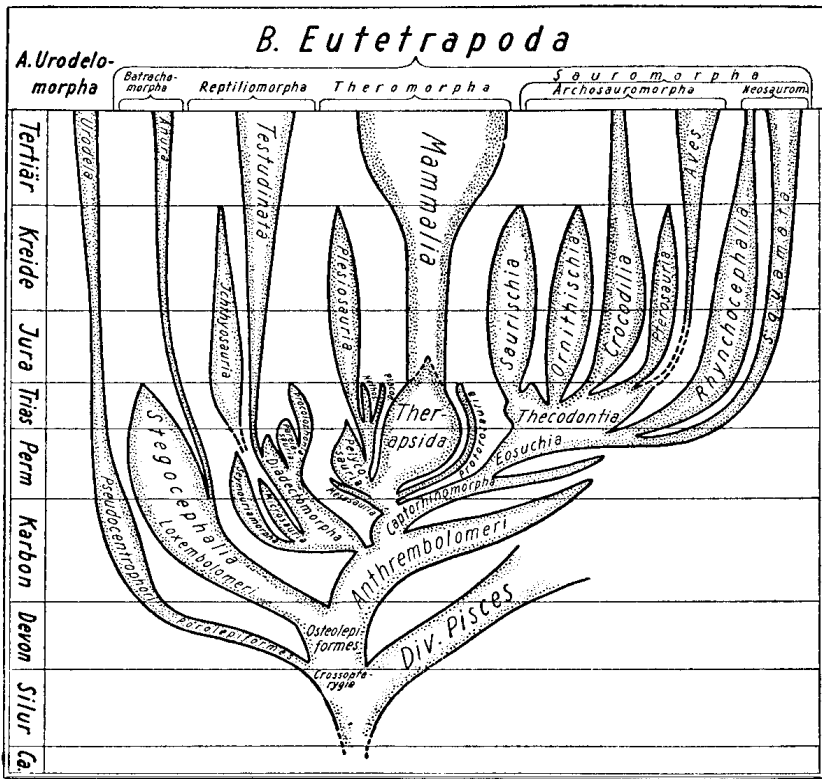
Hierbei handelt es sich um Darstellung von meßbaren Größen, vorzuzeigenden Fundstücken oder wiederholbaren Beobachtungen. Fossilfunde (Versteinerungen oder Abdrücke von bereits lange toten Organismen) sind Fakten, über deren Existenz es nur in den seltensten Fällen Streitigkeiten gibt. Sie sind oft für jedermann in Museen oder Instituten zugänglich. Bei gefundenen Meßwerten muß immer auch die Methode berücksichtigt werden, mit der die Daten gewonnen wurden, da jede Methode ihre spezifischen Fehlerquellen hat. Bei der Altersbestimmung der Erde wird dies besonders deutlich, da hier mit verschiedenen Methoden unterschiedliche Daten gewonnen wurden; in der Größenordnung ergaben jedoch nahezu alle Methoden ein Erdalter von etwa viereinhalb Milliarden Jahren.

Eine große Entdeckung der Anatomen und Morphologen war die Feststellung, daß Organismen ganz verschiedener Lebensweise oft aus gleichen, bzw. ähnlichen Bauplänen bestehen. So zeigen z. B. Maulwurf, Fledermaus, Wal, Pferd und Mensch einen gemeinsamen Bauplan in Skelett, Nervensystem, Blutgefäßsystem usw. Dies hat zur Entstehung einer Systematik geführt, in der die Organismen nach Maßgabe solcher Ähnlichkeiten zusammengefaßt wurden. Bei der Erstellung solcher Systeme wurde auch bald beobachtet, daß es kompliziertere und einfachere Organisationstypen gab. C. V. LINNÉ hat als erster 1753 den Versuch unternommen, ein System der

Lebewesen zu erstellen. LINNÉ selbst sprach noch von der „Konstanz der Arten“. Erst später, mit J. B. LAMARCK und CH. DARWIN, wurden die komplizierteren und die einfacheren Baupläne nicht als getrennte Gruppen betrachtet, sondern als durch eine Entwicklung miteinander verbunden angesehen. Dieser Schritt gehört bereits zum zweiten Themenkreis.

2.2 Die Deutung als Prozeß

Schon mit der Entstehung der Systematik wurden Stammbäume entwickelt. Die Evolutionstheorie interpretierte später die Verbindungen innerhalb solcher Stammbäume nicht nur mit einer Zunahme an Kompliziertheit im Bauplan, sondern auch mit einer Entwicklung, nach der der höhere Bauplan aus dem einfacheren entstanden sein soll (Abb. 2). Stammbäume sind demnach eine Darstellung der jeweiligen Phylogenese (Abstammung der Art). Beim Vergleich



Entworfen von Prof. Friedrich Frhr. v. Huene.

Abb.2: Beispiel eines Stammbaums (aus HEIM)

der Ähnlichkeiten von Bauplänen tritt jedoch eine Schwierigkeit auf: Hohe Ähnlichkeit in einem Merkmal muß nicht unbedingt „nah verwandt“ bedeuten.

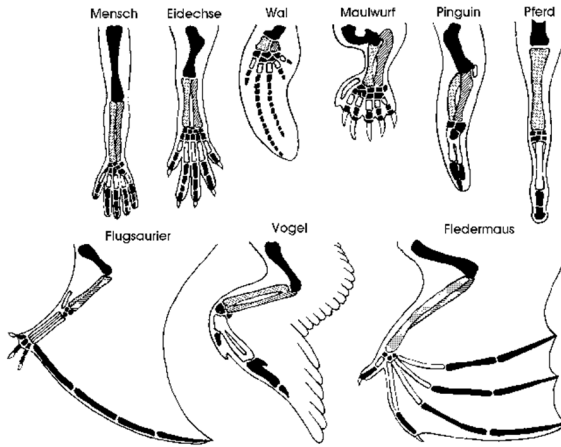


Abb. 3: Beispiel für homologe Strukturen:: Vordergliedmaßen von Wirbeltieren. Oberarm-, Handwurzel und Fingerknochen schwarz, Elle und Speiche punktiert und schraffiert, Mittelhandknochen weiß (aus NACHTIGALL).

Man unterscheidet zwischen Homologen und Analogen: Homologe Strukturen müssen bei Organismen, die aus anderen Gründen als „nah verwandt“ bezeichnet werden, nicht ähnlich sein; so entsprechen zum Beispiel die Vordergliedmaßen von verschiedenen Wirbeltieren dem gleichen

Organisationstypus, ohne in Aussehen und Funktion ähnlich zu sein (Abb. 3).

Homologe Organe und Strukturen haben eine gemeinsame phylogenetische Herkunft, das heißt, der Grundbauplan für homologe Strukturen ist bereits vor der Verzweigung im Stammbaum vorhanden. Analoge dagegen sind Organe und Strukturen, die ähnlich aussehen, wie zum Beispiel die Grabfüße von Maulwurf und Maulwurfsgrille (Abb. 4), und (oder) ähnliche Funktionen ausführen, wie die Lunge der Wirbeltiere und das Tracheensystem der Insekten.

Grundsätzlich kann man zunächst bei nur einem beobachteten Merkmal verschiedener Organismen nicht entscheiden, ob es sich um eine homologe oder analoge Struktur handelt. Dies wird erst möglich durch die Untersuchungen der Embryonalentwicklung und die Bestimmung durch die Zuordnung des Verwandtschaftsgrades der Organismen nach anderen Merkmalen in das natürliche System. Daß Organismen mit vielen Homologen gemeinsame Vorfahren hatten und auf Grund dessen

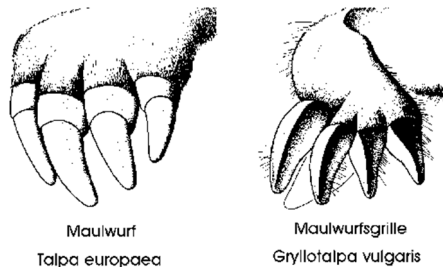


Abb. 4: Analoge Strukturen: Grabfüße von Maulwurf und Maulwurfsgrille (aus NACHTIGALL).

diese vielen Homologe besitzen, ist eine Interpretation, die einen monophyletischen Prozeß voraussetzt (viele Formen stammen von einem Vorfahren ab), der sich in der Geschichte des Lebens abgespielt hat, und durch den es zum „natürlichen“ System gekommen ist (Abb. 5).

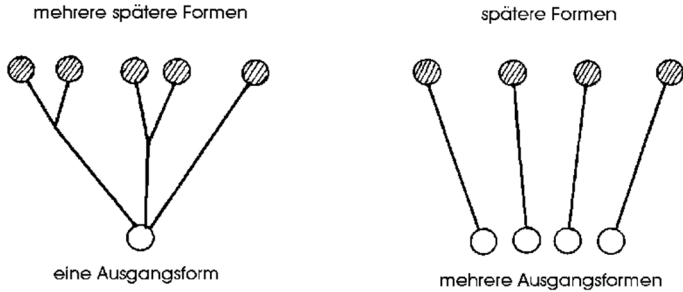


Abb. 5: Graphische Darstellung von Monophylogese und Polyphylogese

Analoge sind Adaptionen (Anpassungen) verschiedener Organismen aus unterschiedlichen Gruppen des Systems an gleiche Umweltbedingungen, so z. B. die langgestreckten Formen, die das Sandlückensystem besiedeln (Abb. 6). Diese Adaptionen sind zeitlich nach der Verzweigung der Organismen im Stammbaum aufgetreten. Analoge Ähnlichkeiten sind demnach nicht von gemeinsamen phylogenetischen Vorfahren übernommen, sondern in der Evolution später erworbene Eigenschaften.

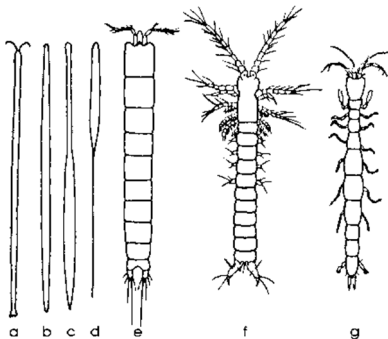


Abb. 6: Langgestreckte Formen, die das Sandlückensystem besiedeln; Beispiele für konvergent entstandene Lebensformtypen.

- a) *Protodrilus* (Archiannelide)
 - b) *Coelogyropora* (Turbellar)
 - c) *Trachelocerca* (Ciliat)
 - d) *Urodasys* (Gastrotrich)
 - e) *Pararenosetella* (Copepode)
 - f) *Derocheilocaris* (Mystacocarida)
 - g) *Microcerberus* (Isopoden)
- (aus REMANE/STORCH/WELSCH)

Für die Deutung der Entstehung des Lebens als Prozeß ist als neue Dimension die Zeit notwendig; die Evolution braucht große Zeiträume. Dokumente der Vergangenheit finden wir zwar in Fossilfunden, aber auch sie sind letztlich nur Dokumente von einem ganz bestimmten, eng begrenzten Zeitpunkt. Die zusammenhängende Verbindung der Fossilfunde aus ver-

schiedenen Zeiten bis hin zur heutigen, wie sie in einer beliebigen Stammbaumdarstellung symbolisch deutlich wird, bleibt Interpretation (siehe auch *Paläontologische Gesichtspunkte*, S. 125). Weil der Prozeß als ganzer nicht reproduzierbar ist, ist er auch naturwissenschaftlich nicht direkt beweisbar (wie z. B. das physikalische Gesetz der Anziehung von Massen), gezeigt werden kann allein die Möglichkeit eines solchen Prozesses durch Beweisführung in einzelnen Teilbereichen.

2.3 Mechanismen der Evolution

Eine wenn auch noch so kurze Darstellung der Evolutionstheorie wäre ungenügend, wenn sie nicht auf die wesentlichen Mechanismen der Evolution eingehen würde. Durch die Entdeckung der letzten dreißig Jahre auf dem Gebiet der Genetik ist es uns möglich geworden, einige Phänomene der Vererbung auf der molekularen Ebene zu erfassen. Natürlich kann an dieser Stelle keine Lehrbuch-Zusammenfassung stattfinden. Weil dies aber für das Verstehen zum Beispiel der Mutationen notwendig ist, wird das „zentrale Dogma“ der Genetik (vereinfacht) in Abb. 7 dargestellt.

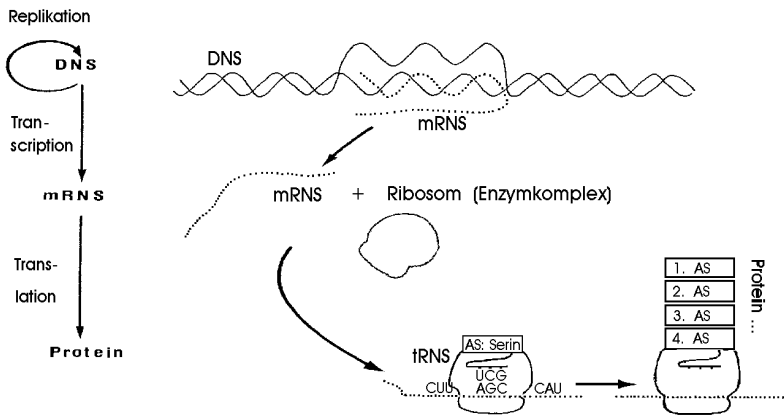


Abb. 7: Das „zentrale Dogma“ der Genetik: Information fließt von der DNS (Desoxyribonucleinsäure) zur mRNS (messenger-Ribonucleinsäure). Gene sind relativ kurze Segmente auf dem langen DNS-Molekül einer Zelle. Das DNS-Molekül komprimiert einen linearen Code, der aus vier verschiedenen Basen besteht: A (Adenin), C (Cytosin), G (Guanin) und T (Thymin). Der Code wird in zwei Schritten übersetzt: zuerst wird die Sequenz der Basen von einem Strang der doppelsträngigen DNS auf einen komplementären Strang von mRNS „transkribiert“. Danach wird die mRNS mit Hilfe von komplementären tRNS-Molekülen und Ribosomen (Enzymkomplexen) in ein Protein „translatiert“, wobei die einzelnen Aminosäuren (AS) nacheinander an die wachsende Proteinkette angefügt werden. Jede der 20 Aminosäuren, die in Proteinen gefunden werden, wird durch ein Codon bestimmt, das aus 3 Basen besteht. (Ein einführendes Lehrbuch ist z. B. WATSON, J. D.: *Molecular Biology of the Gene*. Menlo Park, Ca.: Benjamin 1976).

Mutation bedeutet nun, daß durch äußere Einflüsse (Strahlung, Chemikalien usw.), oder auch spontan, eine Veränderung des genetischen Codes stattfindet. Durch eine Veränderung von nur einer Base (Punktmutation) auf der DNS oder mRNA kann es zu einer Änderung der Aminosäuresequenz im Protein kommen (Abb. 8).

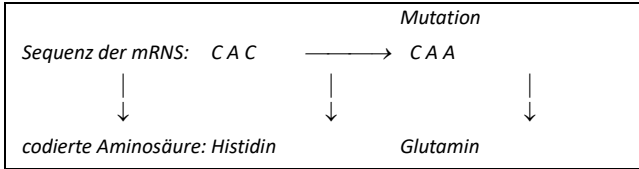


Abb 8: Punktmutation auf der mRNA, die zu einer Veränderung der codierten Aminosäure führt.

Wegfall oder *Hinzufügen* einer Base oder ganzer DNS-Stücke sind andere Mutationstypen. Mit Mutation läßt sich erklären, daß in einem Organismus mit diploidem Chromosomensatz (der einfache Chromosomensatz liegt in jeder Zelle zweimal vor) an dem gleichen Ort der entsprechenden Chromosomen unterschiedliche genetische Information vorhanden sein kann.

Durch Methoden wie die Elektrophorese, bei der Proteine nach ihrer unterschiedlichen elektrischen Ladung getrennt werden, kann man in vielen Fällen die „unterschiedlichen“ Proteine, die sich manchmal in nur einer Aminosäure unterscheiden, trennen (Abb. 9).

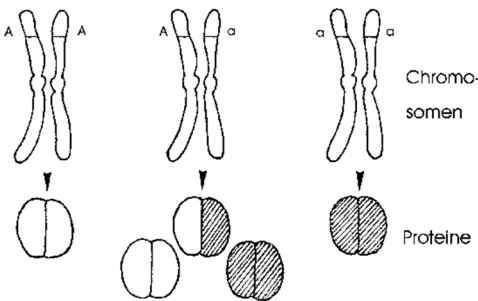


Abb. 9: Die Gene der homozygoten Organismen AA und aa führen zu den jeweiligen Proteinen. Die Gene des heterozygoten Organismus Aa liefern drei verschiedene Proteine.

Durch *Rekombination* (Vermischung des Erbgutes bei Reifeteilungen vor der Fortpflanzung) kommt es zu zusätzlichen Veränderungen des Erbguts, so daß letztlich in einer Population von Organismen eine mehr oder weniger große Variation des Erbguts vorhanden ist.

Hier nun setzt die *Selektion* als weiterer Evolutionsmechanismus an. Sie wählt aus der Variation des Erbguts dasjenige heraus, was am

besten an die jeweiligen Umweltbedingungen angepaßt ist (Abb. 10).

Individuen mit günstigeren Genkombinationen vermehren sich schneller; Individuen mit ungünstigeren Genkombinationen haben eine geringere Überlebenschance und sterben aus. Ohne Kenntnis der genetischen Grund-

lagen hatte DARWIN die Hypothese des *survival of the fittest* aufgestellt, was Selektion letztlich ja auch bewirkt.

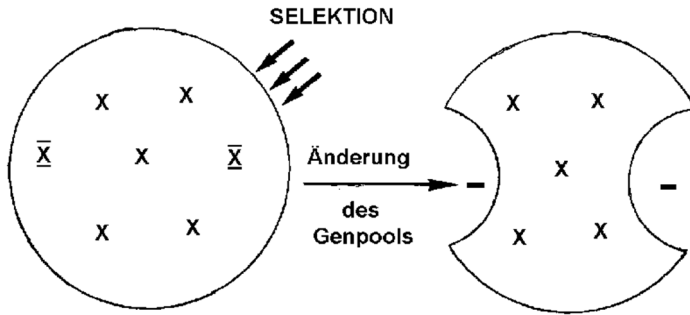


Abb. 10: Schematische Darstellung der Wirkung von Selektion auf den Genpool einer Population. X = Genkombinationen, die durch Mutation, Rekombination usw. entstanden sind. Individuen mit ungünstiger Genkombination \bar{X} haben eine geringere Überlebenschance.

Ein weiterer Grundvorgang der Evolution ist die *Artbildung*. Nach der Evolutionstheorie haben sich die heute bestehenden Arten aus einfacheren Vorformen entwickelt. Bei einer monophyletischen Abstammung muß es zur Aufsplitterung von Arten gekommen sein. Eine biologische Spezies besteht aus faktisch oder potentiell sich kreuzenden Populationen, die von anderen reproduktiv isoliert sind (Artdefinition). Demnach ist für die Entstehung zweier Arten aus einer Art eine *Isolation* notwendig, die verhindert, daß zwei sich trennende Arten wieder zu einer zusammenschmelzen. Beginnen kann die Artbildung zum Beispiel mit einer *geographischen Separation* (Insel, Vereisung), so daß nur ein Teil der gesamten Population und somit auch nur ein Teil des ursprünglichen Genpools das genetische Erbgut für die Folgegenerationen liefert.

Dauert die Separation lange genug an, so daß sich die beiden Teilpopulationen mit ihrem Erbgut unterschiedlich entwickelt haben (hauptsächlich durch Mutation und Selektion) und unterschiedliche Isolationsmechanismen (jahreszeitlich unterschiedliche Fortpflanzungszeiten, unterschiedliches Werbeverhalten, usw.) entstanden sind, dann wird es bei einer späteren Überlappung der Lebensräume der beiden Arten nicht zu einer Bastardierung kommen. Wenn keine genetische Mischung der getrennten Teilpopulationen stattfindet, sind es zwei Arten, wie das zum Beispiel für Sommergoldhähnchen und Wintergoldhähnchen gilt. Sie haben sich aus Teilpopulationen gebildet, die sich während der Eiszeit getrennt entwickelt haben.

Daß sich durch Mutation und Selektion Arten geringfügig ändern können, wird wohl von niemandem in Zweifel gezogen; ungelöst bleibt aber die Frage, ob die bekannten Evolutionsmechanismen ausreichen, um auch die Entstehung grundsätzlich neuer Strukturen zu erklären. Vom Einzeller zum Menschen ist es nun einmal ein „langer Weg“, auf dem viel grundsätzlich Neues entstanden sein müßte. Mutation und Selektion greifen immer an einem bereits vorhandenen Genpool an, sie verändern bereits Vorhandenes und erklären so eine „Mikroevolution“. Separations- und Isolationsmechanismen, die oben nur kurz erwähnt sind, erscheinen als Erklärung für eine Artbildung ausreichend, aber für eine Makroevolution, die auch eine echte Höherentwicklung beinhalten muß, reichen sie eigentlich nicht aus. Ob man Erklärungen für eine Mikroevolution ohne weiteres auf eine Makroevolution extrapolieren kann, bleibt offen. Vielleicht kennen wir auch noch nicht alle Evolutionsmechanismen oder die vorhandenen zu wenig, um eine Makroevolution, wenn es sie gegeben hat, zufriedenstellend zu erklären.

Ob die Evolutionstheorie als naturwissenschaftliches Modell für die Entstehung des Lebens, wie wir es augenblicklich auf unserer Erde vorfinden, auch in Zukunft ausreichen wird, ob sie, wie in der Vergangenheit oft geschehen, mehr oder weniger stark modifiziert werden muß, oder ob sie ganz verworfen werden wird, hängt von vielen neuen Funden und Ergebnissen ab, wie sie zum Beispiel in der Paläontologie und Genetik erwartet werden können.

Literaturverzeichnis

- AYALA, F. J. (1978): The Mechanisms of Evolution. *Scientific American* 239 (3), 48-61
- DARWIN, C. (1859): Die Entstehung der Arten. Stuttgart: Kröner
- EIGEN, M. (1971): Molecular self-organization and the early stages of evolution. *Quart. Rev. of Biophy.* 4 (2 & 3), 149-212
- HEIM, K. (1952): Weltschöpfung und Weltende. ND Wuppertal: Aussaat 1974
- MAYR, E. (1978): Evolution. *Scientific American* 239 (3), 39-47
- NACHTIGALL (1972): Biologische Forschung. Heidelberg: Quelle & Meyer
- NEUMANN, D. (1978): Vorlesungsmitschrift *Ökologie*. Universität Köln
- REMANE / STORCH / WELSCH (1973): Evolution. München: dtv

1.3 Zum Verhältnis zwischen christlichem Glauben und Evolutionstheorie

Helmut Wiedmann

Christliche Grundpositionen zur Problematik von Schöpfung und Evolution

1. Ablehnung der Evolutionstheorie	31
2. Positive, aber nicht unkritische Haltung zur Evolutionstheorie	34
3. Bejahte Evolutionstheorie	37
Literaturverzeichnis	38

1. Ablehnung der Evolutionstheorie

Wer sich in unserem deutschsprachigen Raum mit der Frage von Schöpfung und Evolution beschäftigt, wird wohl in aller Regel vielfältigen Versuchen begegnen, den biblischen Schöpfungsbericht möglichst geschickt gegenüber der Naturwissenschaft zu verteidigen. Der Eindruck wird nicht ausbleiben, als kämpften die Theologen auf wankendem Boden, und nur ein interpretatorischer *salto mortale* lasse sie wieder einigermaßen sicheres Terrain gewinnen und diejenigen, die dem Schöpfungsbericht durch ein weitgehend wörtliches Bibelverständnis Aktualität abzugewinnen versuchen, seien eine kleine Gruppe von „Biblizisten“, die vom theologischen Wissenschaftsbetrieb in keiner Weise ernst genommen würden.

Den solcherart Voreingenommenen wird es dann überraschen, daß im nord-amerikanischen Raum Bewegungen entstanden sind, die den Spieß gleichsam umdrehen, von der Verteidigung biblischer Aussagen zum Angriff übergehen und den Schöpfungsbericht zu einer radikalen Anfrage an die Naturwissenschaft werden lassen. Zwei ihrer Zentren liegen in Kalifornien: das *Institute for Creation Research* als Teil des *Christian Heritage College* in San Diego mit dem Leiter H. MORRIS – und in San Bernadino das Hauptquartier von *Campus Crusade for Christ* mit dem Präsidenten B. BRIGHT. Zwar wird das Gedankengut dieser Strömungen auch bei uns besonders von evangelikalen christlichen Gruppierungen aufgenommen – der Büchermarkt entsprechender Verlage zeigt dies deutlich an –, doch sind sie noch

lange nicht allgemein bekannt, geschweige denn in der Theologie respektiert worden (WATSON 1977).

Als erstes Beispiel einer christlichen „Grundposition“ zur Schöpfungs- und Evolutionsfrage seien diese Bewegungen nun kurz vorgestellt. Sie bezeichnen sich mit dem Namen *Kreationismus*, als Gegenpol gleichsam zum *Evolutionismus* – zwei Begriffe, die nach kreationistischer Sicht den Gegensatz zwischen Schöpfung und Evolution signalisieren sollen.

Ausgangspunkt der Kreationisten ist die Überzeugung, daß die Bibel als Gottes geoffenbarte Wahrheit nicht nur eine Erkenntnisquelle neben anderen ist, sondern daß sie jeglicher Art von Erkenntnis vorangeht. Bibelkenntnis ist die Voraussetzung aller wahren Erkenntnis, und die Aussagen der Bibel stellen den „Möglichkeitsrahmen“ aller anderen, auch der naturwissenschaftlichen Aussagen, dar.

Wir wissen heute, daß keine Wissenschaft eine voraussetzungsfreie Wissenschaft sein kann: Philosophische, ideologische, vorwissenschaftliche Vorstellungen fließen in sie ein und bilden in mancherlei Weise ihre Grundvoraussetzungen (Prämissen). Nach kreationistischem Verständnis kann die letztgültige Prämisse nur das geoffenbarte Wort Gottes sein, an der dann jede Wissenschaft zu messen sei. Es gibt genügend geschichtliche Beispiele dafür, daß Theorien, die auf falschen Voraussetzungen beruhten (z. B. dem absoluten Raum in der Physik), falsche Ergebnisse zeitigten und dann verändert werden mußten. Nun kennen wir aber nach der Überzeugung der Kreationisten die wahren Voraussetzungen jeder Wissenschaft, nämlich die Bibel, und wissen daher: Ergebnisse, Aussagen oder Theorien, die der Bibel widersprechen, können keine Tatsachen darstellen; sie bilden allenfalls deren fehlerbehaftete Interpretationen, wenn sie nicht gar gänzlich unzulässige Spekulationen sind. Sie sind daher von Grund auf zu revidieren. – Dieser Sichtweise gilt der biblische Schöpfungsbericht als wissenschaftliche, historische Wahrheit; er stellt die Schöpfung so dar, wie sie sich tatsächlich ereignet hat. Die Naturwissenschaft ist demzufolge keineswegs autonom, sondern ihre Aussagen sind innerhalb des gesetzten Möglichkeitsrahmens zu treffen – sie ist somit Schöpfungswissenschaft (*creation research*).

Das Beispiel einer falschen Voraussetzung *par excellence* ist den Kreationisten die Vorstellung, daß sich die Natur von ihren einfachsten Bausteinen bis hin zum Menschen entwickelt habe, und zwar entwickelt allein nach naturwissenschaftlicher Eigengesetzlichkeit ohne Steuerung durch übernatürliche Kräfte. Dies ist der Grundgedanke der Evolutionstheorie und wahrlich eine Herausforderung angesichts der offensichtlichen, ungeheuren Komplexität heutiger Lebenserscheinungen! Da er jedoch nach dem Bibelverständnis der Kreationisten außerhalb des von Gott gesetzten Möglich-

keitsrahmens liegt, müsse er zwangsläufig falsch sein und Spekulationen in Gestalt von (letztlich atheistischen) Evolutionstheorien hervorbringen, die sich alsbald als reine Phantasieprodukte erweisen müßten. Dem kreatio-nistischen Forscher erweisen sich die Aussagen („Fakten“) der Evolutions-theorie als Unsinn, als Fehlinterpretierung von Befunden oder schlichtweg als Erfindungen, wenn er sie einer gründlichen Überprüfung unterzieht. Die Tatsache, daß es den Menschen oder auch nur Leben überhaupt gibt, läßt sich für ihn mit einem Entwicklungsprinzip nicht erklären. Hier stellt sich die Frage, ob denn nicht auch die Position des Kreationismus eine Ver-teidigungsposition sei: es werden ja naturwissenschaftlich-philosophische und theologische Überzeugungen gegenüber der wörtlichen Deutung des Schöpfungsberichtes abgewehrt. Um zum Angriff überzugehen, müsse zu-mindest versucht werden, alternative Aussagen mit naturwissenschaftlicher Bedeutsamkeit zu entwickeln.

Dies zu tun, ist nun in der Tat das ausdrückliche Anliegen des Kreatio-nismus. Er will Naturwissenschaft betreiben, aufbauend auf den von Gott geoffenbarten, wahren Grundvoraussetzungen, in erster Linie also dem Schöpfungsbericht; hinzu kommen andere biblische Aussagen über die Natur. Dies ist ihm dann die einzig angemessene Naturwissenschaft, und das solcherart entstehende Modell einer „Schöpfungstheorie“ führt zu Aussagen von hoher wissenschaftlicher Brisanz. Zum einen wird die Evolu-tionstheorie als „weltanschauliches Allerklärungsprinzip“ entlarvt (BECK 1979), das bereits alle Bereiche, nicht nur der Biologie und Physik, sondern auch der Psychologie und Pädagogik durchdrungen habe, und zwar in einer derart unreflektierten Weise, daß der Evolutionstheorie der Charakter einer Ideologie nicht mehr abgesprochen werden könne. Dieser Vorgang der Ideologisierung lasse sich einzelwissenschaftlich überzeugend nachweisen. Zum anderen ließen sich alle vorliegenden Daten der Kosmologie, Paläontologie, Biologie, Archäologie und so weiter einfacher und besser als mit einer Evolutionstheorie dadurch erklären, daß man ein Geschaffensein der Welt nach dem Wortlaut der Bibel voraussetze. Die Daten sprächen in weitaus größerem Maße für die Schöpfungstheorie – ein ausreichender Grund dafür, die Evolutionstheorie als wissenschaftliches Erklärungsmodell zu verwerfen.

Das Wort *Schöpfung* bedeutet dabei durchaus die „spezielle Schöpfung aller Dinge in sechs natürlichen Tagen“. „Alle lebenden Wesen wurden durch die Tat eines Schöpfers hervorgebracht“ im Gegensatz zu einer sich entwickelnden Welt. Die Schöpfung war mit dieser Tat vollendet (1. Mose 2,2), und alle etwa zu beobachtenden Entwicklungen spielten sich lediglich als Variationen in vorgegebenem Rahmen ab. „Die Alternative [der Schöpfungstheorie] besagt kurz, daß organisches Leben in einer Ur-sprungsperiode der Erde nach der biblischen Geschichtsschau etwa vor

zehntausend bis sechstausend Jahren in sich durch die Zeit durchhaltenden, bleibenden Grundformen geschaffen wurde. Anknüpfend an den bekannten Vorläufer von DARWIN, CHARLES LYELL, glauben die „Kreationisten“, daß sich alle folgenden Veränderungen innerhalb der genetischen Grenzen der Art abspielen, innerhalb der Artgrenze, wie sie der Schöpfer gesetzt hat.“ (BECK U. A. 1980). Die Vorstellung von Gott dem Schöpfer wird konsequent bis in einzelwissenschaftliche Aussagen hinein ernstgenommen.

Der Kreationismus versteht sich also als Gegenbewegung zur gängigen Zeitströmung einer Evolutions-Ideologie, die in der Wissenschaft kaum mehr hinterfragt wird (Ausnahmen: z. B. GUTMANN/BONIK 1981, ILLIES 1981). Er ist jedoch nicht etwa als Anachronismus einzuordnen, sondern kann sich wachsenden Zustromes erfreuen; viele hochqualifizierte Wissenschaftler sind Kreationisten, und in den beiden erwähnten Zentren wird intensive Forschung betrieben. Die einschlägigen Fachdiskussionen werden auf Universitätsniveau geführt. Dabei ist die kreationistische Forschung nicht isoliert zu sehen, vielmehr ist sie einbezogen in ein ganzheitliches Menschenbild, geprägt von der durchweg wörtlichen Deutung der Bibel. In der *Campus-Crusade*-Bewegung wird der Gedanke einer christlichen Universität erwogen; im *Regent College* in Vancouver (Kanada) wird die Vermittlung eines „christlichen Lebensstiles“ unter Einbeziehung verschiedenster, auch wissenschaftlicher Fragestellungen versucht. Es ist das weitgesteckte Ziel der kreationistischen Bewegung, ein umfassendes Programm in Lehre und Ausbildung, in einer christlichen Erziehung zu verwirklichen, das auch entfernter liegende Bereiche wie Kultur und Ethik miteinbezieht.

2. Positive, aber nicht unkritische Haltung zur Evolutionstheorie

Das Spektrum christlicher Positionen zur Problematik von Schöpfung und Evolution ist mit vielfältigen Schattierungen versehen: da sind die Kreationisten, die ein unbefangenes wörtliches Bibelverständnis mit einer gründlichen Evolutionskritik verbinden; keinesfalls hat aber ein wörtliches Bibelverständnis zwangsläufig eine Ablehnung der Evolutionstheorie zur Konsequenz, wie zum Beispiel CLAEYS (1979) zeigt. Da sind die „Harmonisierungsversuche“, die in der Auslegung des Schöpfungsberichtes die Schöpfungstage etwa gewissen Evolutionsetappen zuordnen und so zu zeigen versuchen, daß die Bibel die Erkenntnisse der Naturwissenschaften schon längst vorweggenommen hat. Da sind schließlich die Vertreter einer positiven, aber nicht unkritischen Haltung zur Evolutionstheorie, deren Position nun im zweiten Abschnitt vorgestellt werden soll, bis hin zu einer vorbehaltlosen Bejahung der Evolution (s. Abschn. 3, S. 37).

Dem Kreationismus könnte man vielleicht ein „perfektionistisches“ Schriftverständnis zuordnen. Demgegenüber betont zum Beispiel der Alttesta-

mentler v. RAD (1972) einen anderen exegetischen Ansatz: Als erstes ist wichtig, daß der Schöpfungsbericht unlösbar eingebunden ist in die großen Zusammenhänge der Heils- und Erwählungsgeschichte, der Geschichte des gelebten Vertrauens zu Gott. An dem im Glauben stehenden Israel offenbart sich Gottes Handeln; es wird ihm rückblickend der Weg aufgezeigt, „den Gott mit der Welt gegangen ist, bis es zur Berufung Abrahams und der Bildung der Gemeinde kam“. Ein Verstehen der Schöpfungstexte kann von der je eigenen Vertrauensbeziehung zu Gott nicht abgetrennt werden; eine Auslegung verfehlt daher den eigentlichen Sinn, wenn sie die Schöpfungsberichte in erster Linie als eine historische Erklärung der Weltentstehung deutet.

Für die eigentliche Auslegung ist im weiteren die biblische Aussage „das Wort ward Fleisch“ zu bedenken (A. KÖBERLE). Nicht das ist Kennzeichen des Wortes, daß es vom Heiligen Geist verbal diktierte Texte seien, die den göttlichen Offenbarungscharakter augenscheinlich und eindeutig ausweisen würden. Vielmehr hat Gott „Knechtsgestalt“ angenommen; er hat sich herabgelassen (... ward Fleisch) und sein Wort hineingegeben „in die zeitbedingten Vorstellungsräume der damaligen Zeit“. „Indem Gott sein Wort sündigen, irrenden Menschen anvertraut, nimmt er es auf sich, daß dieses Wort auch verkürzten Überlieferungen und Deutungen preisgegeben wird“. Die Bibel (und der Schöpfungsbericht) ist kein „Schauwunder“, um ihre Kraft zu erfahren, ist es das Entscheidende, „ob uns die Schrift zum Heil aus der Sündennot wird“. In der Erfahrung des Heils erweist sich die Bibel wahrhaft als Gottes Wort. *Omnia divina, omnia humana* – „nur wenn wir beides beieinander lassen, haben wir die rechte biblische Einstellung“ (KÖBERLE 1980).

Eine angemessene Deutung der Schöpfungstexte kann also nicht beim bloßen Wortlaut, beim Buchstabenglauben stehen bleiben. Sie fragt weiter und deckt theologische, geschichtliche und sprachliche Zusammenhänge auf. In besonderem Maße ist es notwendig, dem Ausdrucksreichtum und den Bedeutungsnuancen der hebräischen Sprache Rechnung zu tragen (siehe MARTIN BUBER!) und so das genuin jüdische Verständnis der Schöpfung zu entdecken. Dies führt zu neuen, tieferen Einsichten gerade auch für die Beziehung zwischen Schöpfung und Evolution.

Freilich werden damit die Fragen erst aufgeworfen. Welche Relevanz hat die Evolutionstheorie für das Schöpfungsverständnis? Sie kann zunächst als naturwissenschaftliche Theorie akzeptiert werden, die die vorliegenden Daten einigermaßen befriedigend erklären kann. Auch wenn sie in ihrer jetzigen Form zur Erklärung der Welt- und Lebensentstehung noch unzureichend ist – für viele Daten lassen sich auch andere Erklärungen finden –, so können wir doch auf ein zukünftiges, tieferes Verständnis der ge-

samten Entwicklungsprozesse hoffen. Die Grundtatsache, daß eine lückenlose eigengesetzliche Entwicklung stattgefunden hat, und die Abstammung des Menschen von tierischen Vorformen gilt den Vertretern dieser Betrachtungsweise als gesichert.

Vom biblischen Denken her läßt sich der Entwicklungsgedanke durchaus nachvollziehen, wie wir bei dem Naturwissenschaftler J. MEURERS (1962; 1970) und dem Theologen H. THIELICKE (1963) sehen. *Erschaffen* und *entwickelt* müssen keinesfalls gegensätzliche Begriffe sein, wie das Beispiel der Ontogenese zeigt, wenn wir etwa sagen, ein neugeborenes Kind sei „von Gott geschaffen“ (vgl. Hiob 10,8). An diesem Beispiel ist augenscheinlich, wie sehr die beiden Begriffe Verschiedenes aussagen und sich doch auf Gleiches beziehen: selbstverständlich hat das Kind im Mutterleib eine Entwicklung durchlaufen, aber ebenso hat sich hier das Wunder der Schöpfung ereignet (vgl. Ps 139,14). Das besagt doch, daß die naturwissenschaftlichen Erklärungen zwar richtig sein mögen, wenn sie eine Evolution auch des Menschen besagen, da *Entwicklung* mit *Schöpfung* verträglich ist¹ –, daß ihre Aussagekraft indes begrenzt ist und sich auf das Beantworten naturwissenschaftlicher Fragestellungen beschränkt. Das schließt nicht aus, daß wir immer genauere Kenntnisse von den Evolutionsmechanismen, physikalischen Ursachen und biologisch-kybernetischen Gestaltbildungsprozessen erwerben werden. Aber ein letztes Verständnis vom Wesen und Werden des Menschen ist nur möglich, wenn wir Gott, den Schöpfer Himmels und der Erde, kennen. Nur im Lichte Gottes kann deutlich werden, was es heißt, sein Ebenbild zu sein (JENTSCH 1977; KATTMANN 1972; MEURERS 1962; 1970; THIELICKE 1963). In den biblischen Texten ist zuallererst die Grundbefindlichkeit des Menschen vor Gott aufgezeigt und nicht ein einmaliges historisches Ereignis.

Die Evolutionstheorie wird also bei dieser Position als naturwissenschaftliches Modell bejaht. Freilich geht damit nicht ihre Glorifizierung als ein philosophisches Allerklärungsprinzip einher. Skurrile Blüten wie „Zwischenstufe Leben“ von BRESCH überschreiten eindeutig den Kompetenzrahmen der Evolutionstheorie; von den meisten Theologen wird ihnen daher auch größte Skepsis entgegengebracht. Eine starke Betonung erfahren hingegen Fragen der Schöpfungsverantwortlichkeit: gerade die Beziehungen *Welt – Umwelt* erhalten eine ganz neue Dimension, beleuchtet man sie von biblischer Seite. Denn in der Gestaltung der Umwelt hat der Mensch seine Verantwortung für Gottes Werke wahrzunehmen (AICHELIN 1978).

¹ Die Unterschiede zwischen Phylognese und Ontogenese sind in diesem Zusammenhang ohne Belang.

3. Bejahte Evolutionstheorie

Die Befürworter der dritten, hier als Beispiel dargestellten christlichen Grundposition sehen in den biblischen Aussagen den Entwicklungsgedanken bereits angelegt. Gott selber ist Ursprung, Antrieb und Ziel der gesamten Weltentwicklung. Viele dieser Gedanken gehen auf TEILHARD DE CHARDIN zurück und sind auf eine großartige, allumfassende Geschichtsschau gerichtet. Während sich für die erste Position die Weltgeschichte eher abwärts zum Jüngsten Gericht hin entwickelt und für die zweite der Bereich der Zukunft grundsätzlich offen bleibt für Gottes Handeln, wird nun eine stete Höherentwicklung vorausgesetzt. Sie umfaßt den ganzen Kosmos: Anorganisches und Organisches, Tier und Mensch nehmen am Fortschritt teil.

Innerhalb des Katholizismus hat K. RAHNER dieser evolutiven Weltsicht eine theologische Fundierung gegeben (RAHNER 1960; O'DONOVAN 1979; vgl. auch *Wissenschaft und Glaube* 1977). Die Welt wird als Materie begriffen, die sich zum Geist hin entwickelt. Freilich ist diese Entwicklung kein Automatismus. Eher könnte man von einer Offenheit der Welt und des Menschen für Gott reden, die zur Vollendung führt und zur Gemeinschaft mit Gott, die er allein bewirken kann. „Wahre Vollendung kann nur in der persönlichen freien Geschichte von Menschen, die die reife letzte Endgültigkeit des Lebens vor und mit Gott erlangen, überhaupt stattfinden.“ (O'DONOVAN 1979). Vollendung des Menschen, der Menschheit und der Welt ist zugleich Hoffnung, Aufgabe und Geschenk Gottes.

Nur in diesen Kategorien ist die naturwissenschaftliche Evolution zu verstehen. Gott hat keine rein materielle Welt geschaffen; die Materie ist um des Geistes willen da, sie bildet gleichsam des Geistes „eingefrorene“ Möglichkeiten. Die Entwicklung der materiellen Welt zum Geist hin schließt dann die Fragen der Weltentstehung und der Abfolge der Evolutionsstapen mit ein; dieses „Mehrwerden“ der unbelebten und der belebten Materie geschieht aus der Kraft des „absoluten Seins“. Der Mensch schließlich ist nicht nur höchstes Glied der Evolution, er darf sich vielmehr als deren eigentlicher Sinn und Erfüllung entdecken; er ist die „Selbsttranszendenz“ der anderen, tiefer stehenden Wirklichkeiten. Diese tiefer stehenden Wirklichkeiten (d. h. die Natur ohne den Menschen) haben für sich keine Möglichkeit, über sich hinauszuwachsen, sie sind „eingegrenzt“. Nur im Menschen ist die Begrenztheit der niederen Wirklichkeiten aufgehoben, denn Gott schenkt es ihm, sich seiner selbst bewußt zu werden und die Vollendung (s. o.) zu erlangen. Letztlich ist dies Gnade; denn allein die „Selbstmitteilung“ Gottes in der geschichtlichen Inkarnation, in Christus, ist der wahre Anfang aller Vollendung.

Es gibt also gemäß der Position RAHNERs keine Evolution „für sich“. Alle Entwicklung ist Teil von Gottes Geschichte mit der Welt, alle evolutiven Prozesse sind dieser Geschichte untergeordnet. Zwar ist die Evolutionstheorie richtig. Sie beschreibt aber nur das, was wir mit naturwissenschaftlichen Methoden erkennen können. Sie beschreibt, wie sich die immer schon vorausgesetzte offensichtliche Wirklichkeit entwickelt hat. Mit *Schöpfung* ist aber unendlich viel mehr ausgedrückt: sie hat die Wirklichkeit nicht zur Voraussetzung, sondern sie setzt schlechthin Wirklichkeit. Die Schöpfung ist Gottes Grundlegung der Welt.

Literaturverzeichnis

- AICHELIN, H.: Die naturwissenschaftlich-technische Welt und die Theologie. (EZW-Information 75.) Stuttgart: EZW 1978
- BECK, H. W.: Biologie und Weltanschauung. Neuhausen-Stuttgart 1979
- BECK, H. W. / HÖRNICKE, H. / SCHNEIDER, H.: Die Debatte um Bibel und Wissenschaft in Amerika. Neuhausen-Stuttgart 1980
- CLAEYS, K.: Die Bibel bestätigt das Weltbild der Naturwissenschaft. Stein a. Rh.: Christiana 1979
- GUTMANN, W. F. / BONIK, K.: Kritische Evolutionstheorie. Hildesheim 1981
- ILLIES, J.: Gallenbitteres Ärgernis. Natur H. 6/1981, 42-47
- JENTSCH, W., u. a. (Hrsg.): Evangelischer Erwachsenenkatechismus (VELKD). Gütersloh ³1977. S. 160-200
- KATTMANN, U.: Biologie und Religion. Calw 1972
- KÖBERLE, A.: Karl Heims Schriftverständnis. Evangelium und Wissenschaft (Karl-Heim-Gesellschaft) Nr. 1, 1980, 2-6
- MEURERS, J.: Die Frage nach Gott und die Naturwissenschaft. Salzburg 1962
- MEURERS, J.: Ende oder Vollendung des Kosmos in der Sicht moderner Naturwissenschaft. In: Gehring, H. (Hrsg.): Evolution und Eschatologie. Karlsruhe 1970, 11-23
- O'DONOVAN, L. J.: Der Dialog mit dem Darwinismus. Über Karl Rahners Einschätzung der evolutiven Wirklichkeit. In: VORGRIMLER, H. (Hrsg.): Wagnis Theologie. FS K. Rahner. Freiburg 1979, 215-229
- RAD, G. v.: Das erste Buch Mose, Genesis. (ATD 2-4). Göttingen ⁹1972
- RAHNER, K.: Theologische Anthropologie und moderne Entwicklungslehre. In: Die evolutive Deutung der menschlichen Leiblichkeit. (NuTh 3). Freiburg 1960, 180-210
- THIELICKE, H.: Wie die Welt begann. Der Mensch in der Urgeschichte der Bibel. Stuttgart 1963
- WATSON, D. C. C.: Die große Gehirnwäsche. Schöpfung oder Evolution? Wetzlar 1977
- Wissenschaft und Glaube. Konsultation in Mexico City 1975. (epd-Dokumentation 4-5/77). Frankfurt/M 1977

Teil 2

Naturwissenschaftliche

Teilaspekte

der Evolutionstheorie

2.1 Biochemische Gesichtspunkte

Harald O. Borbe

Biochemische Rekonstruktion der Entstehung des Lebens

1. Hypothetischer Zustand der Urerde	41
2. Ergebnisse von Simulationsexperimenten	43
3. Die Wahrscheinlichkeit der Entstehung funktionsfähiger Proteine	48
4. Verwandtschaft zwischen Proteinen unterschiedlicher Spezies	48
Literaturverzeichnis	50

1. Hypothetischer Zustand der Urerde

Im folgenden sollen einige biochemische Voraussetzungen aufgezeigt werden, die heute als mögliche Grundlagen einer biochemischen Evolution angesehen werden. Die aufgeführten Punkte erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, und dem interessierten Leser sei zum vertiefenden Studium das Buch von R. W. KAPLAN *Ursprung des Lebens* empfohlen. Außerdem sollte Grundlage jeder Diskussion zu diesem Themenkreis sein, daß die hier vorgestellten Befunde im Labor erarbeitet wurden und daß es nicht ohne weiteres möglich ist zu sagen, ob die dort gewählten Bedingungen mit denen der Urerde identisch sind. Hier liegt eine der großen offenen Fragen, da es eben keine eindeutigen biochemischen Fossilien gibt, die Aufschlüsse über den Zustand der Urerde geben könnten. Aus den in Simulationsexperimenten gewählten Bedingungen ließe sich der Zustand der Urerde folgendermaßen charakterisieren:

- wäßriges Medium bzw. im Wechsel feucht-trocken,
- basisches Milieu durch Vorhandensein von freiem Ammoniak,
- reduzierende Atmosphäre; Fehlen von freiem Sauerstoff, große Mengen der Hydride CH_4 , NH_3 und H_2O (diese Voraussetzung ist deshalb von besonderer Bedeutung, da freier Sauerstoff die entstehenden Makromoleküle sofort wieder aufoxidiert hätte),
- mittlere Temperatur von etwa 150 Grad Celsius,
- Tag- und Nachtrhythmus mit nächtlicher Abkühlung.

Die für den Aufbau höherer organischer Verbindungen notwendige Energie entstammte wohl in der Hauptsache der Sonnenstrahlung, insbesondere deren UV-Anteilen (vgl. Tab. 1).

Gesamtstrahlung der Sonne	260 000	cal/cm ² /a
davon UV über 2 500 Å	570	
über 2 000 Å	85	
über 1 500 Å	4	
elektrische Entladung	4	
radioaktive Strahlung der Erde bis 1 km Tiefe	3	
vulkanische Wärme	unter 1	
Meteoritenaufprall	unter 1	
kosmische Strahlung	unter 1	

Tab. 1: Energiequellen für abiotische Synthesen auf der Früherde – heutige Werte (nach PONNAMPERUNA / KLEIN 1970)

Die in Tabelle 1 angegebenen Werte entsprechen heutigen Verhältnissen; es ist unklar, ob auf der Früherde die Werte höher anzusetzen sind. Da keine Ozonschicht wie heute existierte, drang wahrscheinlich auch das kurzwelligere UV-Licht zur Erdoberfläche vor. Der Energiegehalt seiner Quanten vermag Hauptvalenzen der absorbierenden Moleküle zu sprengen und so die Bildung neuer Moleküle bewirken. Die weiter oben angeführten primären Gase der Urluft (CH_4 , NH_3 und H_2O) absorbieren stark unter einer Wellenlänge von 1 500 Å. Die dadurch entstehenden Moleküle, zum Beispiel Cyanwasserstoff und Formaldehyd reagieren miteinander weiter zu komplexeren Molekülen. Allerdings werden daraus entstehende größere Moleküle vom UV-Licht auch wieder abgebaut (Photolyse). Deshalb besteht die Forderung, daß diese Moleküle durch – auf der Früherde in großer Zahl ablaufende – Gewitter in schützende Gewässer geschwemmt wurden und somit der photolytischen Spaltung entgingen.

Die synthetisierende Wirkung des UV-Lichtes ist auf untere Luftschichten beschränkt, und eine Anreicherung der gebildeten Moleküle erfolgte in Gewässern.

Unter dieser Voraussetzung ließe sich die Früherde als ein sehr effektives chemisches Labor verstehen, in dem vielfältige organische Verbindungen abiotisch (d. h. nicht von Lebewesen) in großen Mengen synthetisiert wurden (s. Tab. 2).

Unter den in Simulationsexperimenten gewählten Bedingungen, die im folgenden kurz angeführt werden sollen, sind die für die Lebensentstehung nötigen Mono- und Polymere, nämlich Aminosäuren, Proteine, Nucleinbasen, Zucker, Nucleinsäuren, Lipide und so weiter als sicher zu erwarten, und zwar zum Teil in größeren Mengen.

Zusammenfassend läßt sich folgende Hypothese formulieren: Die primären Synthesen liefen in der Uratmosphäre ab. Die Produkte sammelten sich zur „Ursuppe“ in den Gewässern. Da sie dort keinem Abbau – gleich welcher Art – unterlagen, reicherten sie sich zu Konzentrationen an, die auf einige Prozent geschätzt werden, jedoch lokal möglicherweise erheblich höher zu

veranschlagen sind (z. B. Pfützen). Es ist anzunehmen, daß auch die für organische Verbindungen so wichtigen Phosphate in ausreichender Menge vorlagen (vulkanischen Ursprungs).

Ameisensäure	233	$\times 10^{-5}$ mol	γ -Hydroxybuttersäure	5	$\times 10^{-5}$ mol
Glycin	63		γ -Aminobuttersäure'	5	
Glycolsäure	56		Sarcosin	5	
Alanin	34		Bernsteinsäure	4	
Milchsäure	31		Harnstoff	2	
Essigsäure	15		N-Methyl-Harnstoff	1,5	
β -Alanin	15		N-Methyl-Alanin	1	
Propionsäure	13		Asparaginsäure	0,4	
Iminodiacetat	5,5		Glutaminsäure	0,6	

Tab. 2: Ausbeuten an identifizierten Kohlenstoffverbindungen in einem Simulationsexperiment. Elektrische Entladungen in einem Gasgemisch aus CH_4 , NH_3 , H_2O und H_2 ($5,9 \times 10^2$ mol C als CH_4). (Nach MILLER / HOROWITZ 1966)

Eine Anzahl von Forschern untersuchte experimentell, welche Verbindungen entstehen können, wenn Energien, wie sie auf der Früherde vermutet werden, auf Gasmischungen und Lösungen einwirken, wie sie als „Uratmosphäre“ und „Ursuppe“ angenommen werden (Simulationsexperimente).

2. Ergebnisse von Simulationsexperimenten

Der folgende kurze Überblick soll die hauptsächlichen Ergebnisse bisheriger Simulationsversuche aufzeigen. Diese Experimente zeigen, daß unter bestimmten Bedingungen abiotische Synthesen für eine Reihe wichtiger organischer Verbindungen ablaufen können.

Aminosäuren

Alle in lebenden Organismen vorkommenden Proteine sind in der Regel aus zwanzig verschiedenen Aminosäuren aufgebaut, die in Tabelle 3 zusammengefaßt sind. Zusätzlich sind die in Simulationsexperimenten sicher nachgewiesenen Aminosäuren angegeben.

Unter variierten Bedingungen konnten bis heute die in Tabelle 3 aufgeführten vierzehn Aminosäuren chromatographisch sicher identifiziert werden. Weitere wurden weniger sicher identifiziert. Bemerkenswert erscheint die Tatsache, daß sich unter diesen vierzehn Aminosäuren auch die mit einem Benzolring (Phe, Tyr) finden. Damit zeigen diese Simulationsexperimente, daß unter den gegebenen Bedingungen die Grundbausteine der Proteine spontan entstehen können.

Aminosäure	Symbol	in Simulationsexperimenten identifizierte Aminosäuren
Alanin	Ala	Alanin
Arginin	Arg	-
Asparagin	Asn	Asparagin
Asparaginsäure	Asp	Asparaginsäure
Cystein	Cys	Cystein
Glutamin	Gln	-
Glutaminsäure	Glu	Glutaminsäure
Glycin	Gly	Glycin
Histidin	His	-
Isoleucin	Ile	Isoleucin
Leucin	Leu	Leucin
Lysin	Lys	Lysin
Methionin	Met	-
Phenylalanin	Phe	Phenylalanin
Prolin	Pro	-
Serin	Ser	Serin
Threonin	Thr	Threonin
Tryptophan	Trp	-
Tyrosin	Tyr	Tyrosin
Valin	Val	Valin

Tab. 3: Die 20 wichtigsten Aminosäuren und die in Simulationsexperimenten sicher nachgewiesenen Aminosäuren.

Nucleinbasen

Die Nucleinbasen (Adenin, Guanin, Cytosin, Thymin und Uracil) sind wichtige Grundstrukturen der Nucleinsäuren, und deshalb ist die Frage nach ihrer möglichen abiotischen Kondensation von großer Bedeutung, da man darin die Anfänge einer genetischen Evolution sehen könnte. Die Ausbeute an diesen Molekülen war in entsprechenden Simulationsexperimenten geringer als die der Aminosäuren, aber die Experimente zeigten eindeutig, daß unter geeigneten Bedingungen auch die Nucleinbasen abiotisch entstehen können. Das Purinderivat Adenin wurde erstmals von PONNAMPERUMA ET AL. (1963) identifiziert. Pyrimidine wurden in Urgas-Experimenten bisher noch nicht gefunden; wenn jedoch Cyanacetylen und Harnstoff, Produkte solcher Experimente, in verdünnter wäßriger Lösung einen Tag gekocht werden, entsteht Cytosin mit fünfprozentiger Ausbeute. Läßt man die Lösung bei Zimmertemperatur eine Woche stehen, so beträgt die Ausbeute ein Prozent. Ebenfalls durch Erhitzung wurde aus Harnstoff und Acrylonitril die Nucleinbase Uracil erhalten.

Zucker

Weitere wichtige Bestandteile belebter Materie sind die verschiedenen Zuckermoleküle, die als Ribose und Desoxyribose ebenfalls Bausteine der

Nucleinsäuren sind. Ausgangsstoff für gelungene Zuckersynthesen ist das Urgasprodukt Formaldehyd. Durch UV-Bestrahlung wäßriger Lösungen erhielt man Hexosen und Pentosen, unter denen auch die Ribose und die Desoxyribose identifiziert wurden.

Nucleoside

Durch glycosidische Bindung der Nucleinbasen an Zucker (Ribose bzw. Desoxyribose) entstehen die Nucleoside. Abiotische Kopplung von Nucleinbasen an Zucker ist bisher nur unbefriedigend gelungen. UV-Bestrahlung einer Lösung von Adenin, Ribose oder Desoxyribose ergab zwar Kopplungsprodukte mit guten Erträgen, jedoch waren die Bindungen zwischen beiden Molekülen anders als in biotischen Nucleosiden. Durch Aufbau der Nucleinbase direkt am Zucker konnten aus Cyanacetylen und Zuckermolekülen Nucleoside synthetisiert werden.

Nucleotide

Unter Nucleotiden versteht man die Phosphorsäureester der Nucleoside, die als Mononucleotide (ATP) eine wichtige Rolle als Energielieferanten in belebten Organismen inne haben und als Polynucleotide die Nucleinsäuren bilden. Auch hier wurde die Möglichkeit einer abiotischen Entstehung nachgewiesen. In diesem Zusammenhang erscheint es besonders wichtig, daß das Adenosintriphsopat (ATP) nachgewiesen wurde, das als die universelle „Energiewährung“ aller biochemischen Prozesse gilt.

Lipide

Lipide, als Hauptbestandteile biologischer Membranen, bilden im wäßrigen Milieu in geeigneten Konzentrationen Tröpfchen, die somit die Möglichkeit einer Trennung in ein inneres und ein äußeres Milieu eröffnen, was als eine der Grundvoraussetzungen für die Entstehung von Vorstufen einzelliger Organismen angenommen werden muß. Durch Entladungen oder ionisierende Strahlen konnten in CH₄-haltigem Gas die verschiedensten Kohlenwasserstoffe, zum Teil mit großen Kettenlängen, entstehen. Diese Strahlen bewirken auch die direkte Addition von CO₂ an ein Alkan, wodurch Fettsäuren entstehen. Über eine Veresterung dieser Fettsäuren mit Glycerin zu Fetten liegen noch keine Ergebnisse vor.

Porphyrine

Diese aus vier Pyrrolringen bestehenden Moleküle sind Bestandteile der Chlorophylle und Hämenzyme (Hämoglobin). Sie wurden in geringen Mengen unter den Produkten von Entladungen in Urgas nachgewiesen.

Letztlich erhebt sich die Frage nach der Entstehung von Biopolymeren wie Proteinen und Nucleinsäuren. Beide entstehen durch Verkettung ihrer Bausteine unter Austritt von H_2O . In wässrigen Lösungen liegt das Gleichgewicht der Reaktion weit auf seiten der Spaltung, so daß energiereiche Kondensationsagentien gefordert werden müssen, die das H_2O aufnehmen. Heutige Organismen verwenden dazu ATP, ein wasserbeständiges anhydritisches Triphosphat (s. o.), das abiotisch entstehen kann. Eine andere denkbare Möglichkeit wäre trockene Hitze, die wohl an einigen Stellen der Früh-erde ebenfalls zur Verfügung gestanden haben dürfte.

Proteine

Durch Erhitzen trockener Mischungen von Aminosäuren (AS) einige Stunden lang auf 150 bis 200 Grad Celsius erhielten FOX ET AL. (1970) eine dunkle Masse, die sich im Wasser löst und die zum großen Teil aus Poly-aminosäuren von 10 bis 20 Gliedern besteht. Das Produkt enthält Peptidbindungen und wird auch durch Proteasen abgebaut. Bei Anwesenheit von Polyphosphat entstehen schon bei siebzig Grad Celsius Ketten mit bis zu etwa einhundert Gliedern. Lava fördert ebenfalls die Polymerisierung. Bringt man diese abiotischen Proteine – man nennt sie Proteinoide – in wässriges Medium, so bilden sich beim Abkühlen spontan winzige Kügelchen, sogenannte Mikrosphären, die einen Schutz vor Hydrolyse der Peptidbindung bieten. Abiotisch entstandene Aminosäuresequenzen sind nicht gänzlich „zufällig“. Es scheinen bestimmte Affinitäten einer Aminosäuresorte zu einer anderen zu bestehen. In heutigen, biotisch entstandenen Proteinen zeichnen sich ähnliche Präferenzen der Bindung einzelner Aminosäuren untereinander ab.

Nucleinsäuren

Die Untersuchungen zur abiotischen Entstehung der Polynucleotide sind noch nicht so weit fortgeschritten. Es zeichnen sich jedoch auch hier Möglichkeiten einer abiotischen Entstehung ab. Die Replikation der Nucleinsäuren wird heute durch ein Enzym, die Replikase, vermittelt, und es stellt sich die Frage, ob auch eine abiotische Replikation möglich erscheint. Diese Frage läßt sich bejahen, da durch die Temperaturschwankungen infolge des Tag-Nacht-Wechsels eine „Urreplikation“ ausgelöst werden könnte. Durch die Tageswärme würden die Doppelstränge infolge „Aufschmelzens“ der Wasserstoffbrücken zwischen den Basen in Einzelstränge getrennt werden. In der Nacht würden dann Mononucleotide (s. o.) die Einzelstränge zu neuen Doppelsträngen ergänzen. Die Schmelztemperaturen für Nucleinsäuredoppelstränge liegen etwas über siebzig Grad Celsius, können jedoch durch Wahl eines geeigneten Ionenmilieus erniedrigt werden. Diese Hypothese wurde bisher noch nicht durch Laborver-

suche bestätigt. Gewisse experimentelle Aussagen von ORGEL (1969) weisen jedoch darauf hin, daß eine „Urreplikation“ nach dem beschriebenen Mechanismus abgelaufen sein könnte.

Stereoisomerie der Polymerbausteine

In den heute lebenden Organismen finden sich ausschließlich die L-Typen der Aminosäuren und die D-Typen der Zucker. Da die abiotische Entstehung dieser Moleküle jedoch Racemate hervorbringt, die beide Formen beinhalten, sind bestimmte Auswahlkriterien zu fordern, die dieses Phänomen erklären. Die Enzyme, die in den heutigen Organismen aktiv sind, können nur mit der jeweils spezifischen Form reagieren und treffen somit die Auswahl, welche Form im Organismus eingebaut wird. Diese Auswahl könnte in den Urgewässern zum Beispiel durch Kristallisation getroffen worden sein. Viele hintereinandergeschaltete, schwach auswählende Vorgänge können schließlich zu einer starken Anreicherung geführt haben. Da viele Mineralien, zum Beispiel Quarz, optisch aktiv sind, könnten Kristallflächen bevorzugt das eine Stereoisomer einer Aminosäure anlagern und auskristallisieren. Experimente mit gesättigten Lösungen von Kupferkomplexen der D- und L-Asparaginsäure an Woll- und Baumwollfäden ergaben D-Asparaginsäure-reiche Kristalle. Quarzpulver und Sand ergaben L-Asparaginsäure-reiche Kristalle, wobei überrascht, daß die Sandkörner aus D- und L-Quarz gemischt waren und trotzdem eine Präferenz für das eine Stereoisomer der Asparaginsäure bestand. Eine andere Möglichkeit der Auswahl ist in der Tatsache zu sehen, daß durch monatelanges Bestrahlen von Mischungen aus D- und L-Tyrosin mit Elektronenstrahlen die D-Isomere stärker zerstört werden als die L-Isomere. Auch das räumliche Zusammenpassen von monomeren Bausteinen kann die Wahl nur einer „Bausteinsorte“ begünstigen. Bei der Polymerisierung von Aminosäuren wurde gezeigt, daß sich nur L-Alanin an eine Poly-L-Alanin-Kette anhängen ließ, obwohl eine Mischung aus beiden Isomeren vorgegeben war.

Soweit nun die Beschreibung von Versuchsergebnissen, die eine abiotische Entstehung biochemischer Strukturen denkbar erscheinen läßt. Zum besseren Verständnis der in diesem Abschnitt vielfach verwendeten *termini technici* sei dem interessierten Leser ein biochemisches Lehrbuch empfohlen. Weiterhin erscheint es in diesem Zusammenhang interessant zu diskutieren, mit welcher Wahrscheinlichkeit funktionsfähige Proteine mit Enzymcharakter entstehen können.

3. Die Wahrscheinlichkeit der Entstehung funktionsfähiger Proteine

Betrachtet man ein Enzym mit hundert Aminosäurebausteinen und fordert, daß alle hundert Positionen mit je einer bestimmten Aminosäure besetzt sind, so beträgt die Wahrscheinlichkeit für eine zufällige Entstehung dieser Sequenz aus zwanzig Aminosäuren $(1/20)^{100} = 10^{-130}$. Dieses oft angeführte Beispiel zeigt, daß unter den geforderten Bedingungen mehr Atome notwendig sind, als im gesamten Weltall vorhanden sind. Die vergleichende Sequenzanalyse hat jedoch gezeigt, daß für die Funktionsfähigkeit eines Enzyms mehrere unterschiedliche Sequenzen möglich sind und nur an bestimmten Stellen – zum Beispiel im aktiven Zentrum – eine ganz bestimmte Sequenz gefordert werden muß. Für das oben angeführte Beispiel könnte man demzufolge die Forderung aufstellen, daß zehn Aminosäuren einen bestimmten Platz innerhalb der Sequenz einnehmen müssen, um die geforderte Funktion zu gewährleisten, während die anderen neunzig Positionen beliebig besetzt sein können. Daraus folgt eine erhebliche Steigerung der Wahrscheinlichkeit, nach der das geforderte funktionstüchtige Enzym entstehen könnte. Dieses Beispiel zeigt die Schwierigkeiten statistischer Betrachtungen in diesem Zusammenhang, da die grundlegenden Parameter, die zur Entstehung bestimmter Sequenzen führen, nicht bekannt sind und die Voraussetzung einer totalen Zufälligkeit fragwürdig ist (siehe Abschn. 2: Aminosäuren, S. 43).

4. Verwandtschaft zwischen Proteinen unterschiedlicher Spezies

Proteine bauen als Strukturbildner den Zellkörper auf und zeigen dabei unter Umständen auch recht robuste Eigenschaften, wie zum Beispiel die verschiedenen Stützsubstanzen. So bestehen Haare, Nägel und Klauen aus Eiweißmolekülen. Ihre wichtigste Funktion haben Proteine jedoch als Biokatalysatoren (Enzyme). Chemisch sind die Proteine Polyaminosäuren. Sie sind durch Besonderheiten der auf eine jeweils charakteristische Weise im Raum gefalteten Seitenketten gekennzeichnet. Diese Seitenketten können unterschiedliche Ladung besitzen, die dem entsprechenden Protein hydrophobe oder hydrophile Eigenschaften verleihen. Durch Interaktion verschiedener Ladungsgruppen innerhalb des Proteins kommt es zur Ausbildung der Tertiärstruktur, der Lage des Proteins im Raum. Proteine sind also dreidimensionale Gebilde, die durch die Anordnung ihrer Aminosäuren eine definierte Form und ein spezifisches Reaktionsvermögen erhalten. Wenn nun die spezifische Funktion eines Enzyms von seiner dreidimensionalen Struktur her bestimmt wird, muß man fragen, ob verschiedene Aminosäuresequenzen die gleiche räumliche Anordnung bedingen können und, wenn ja, ob auch dann noch die volle Funktionsfähigkeit gewährleistet

ist (s. oben Abschn. 3). Untersuchungen homologer Proteine aus verschiedenen Organismen haben gezeigt, daß man diese Frage bejahen muß. Weiterhin zeigten diese Untersuchungen homologer Proteine in verschiedenen Spezies, daß die Sequenz der reaktiven Zentren erstaunlich konstant blieb. So zeigten Sequenzanalysen des Cytochrom C, eines Enzyms der Atmungskette, daß die Aminosäuren, die die Verbindung zur Hämgruppe gewährleisten, bei so unterschiedlichen Organismen wie Pferd, Thunfisch, Hefe und Weizen identisch sind. Andere, für die Funktion nicht essentielle Bereiche des Proteins zeigen dagegen eine erhebliche Variabilität. Bei Organismen, die als nahe verwandt gelten (z. B. Schaf, Schwein und Rind) ist das gesamte Molekül identisch. Nimmt man die Größe der Änderung innerhalb der Sequenz als Maß für den Verwandtschaftsgrad verschiedener Spezies, kann man einen Stammbaum aufstellen. Setzt man voraus, daß nahe verwandte Arten (z. B. Fuchs und Hund) einen gemeinsamen Vorfahren haben, so kann per Computeranalyse auf die mögliche Struktur des Cytochrommoleküls dieses Vorfahren geschlossen werden. Dieses Molekül markiert damit den Verzweigungspunkt dieser beiden Arten, bezogen auf Cytochrom. Aus der Zahl der Änderungen, die von diesem Punkt bis heute festzustellen sind, kann man auf eine zeitliche Abfolge schließen. Für eine Änderung wird die Zeit $t = a$ benötigt. Die Variablen x und y markieren die Anzahl der Veränderungen. Demnach ist vom Verzweigungspunkt V aus die Zeit $t = xa$ für den Organismus I und die Zeit $t = ya$ für den Organismus II verstrichen. Unter der Voraussetzung, daß im betrachteten Zeitraum a die Änderungen für alle Organismen gleich sind, läßt sich bestimmen, welcher Verzweigungspunkt weiter zurückliegt. Bäckerhefe und Brotschimmel unterscheiden sich in vierzig Aminosäuren des Cytochrom-C-Moleküls. Der Verzweigungspunkt liegt also bei $t = 40a$. Die Hefe *Candida* unterscheidet sich von der Bäckerhefe in fünfundzwanzig Aminosäuren, das heißt, dieser Verzweigungspunkt liegt bei $t = 25a$. Das bedeutet, daß die Bäckerhefe mit der Hefe *Candida* näher verwandt ist als mit dem Brotschimmel. Diese Berechnung stellt ein stark vereinfachtes Modell der bei Computeranalysen angewendeten Methode dar. Bei Computeranalysen wird nämlich außer dem einfachen Auswechseln einzelner Aminosäuren die Anzahl der Mutationsschritte berücksichtigt, die notwendig waren, um die Aminosäuren auszuwechseln. Mittels umfangreicher Berechnungen erstellte DAYHOFF (1969) einen Stammbaum der heutigen Lebewesen, die er aus der Unterschiedlichkeit der Aminosäuresequenzen ihres Cytochrom C ableitete. Durch die relativ große zeitliche Länge der Einheit für Cytochrom C ließen sich Aussagen machen, welche noch die Trennung von Tier- und Pflanzenreich umfassen. Andere Proteine (Hämoglobin, Ferredoxin, verschiedene Proteasen, Insulin usw.) wurden herangezogen, um einen Stammbaum der Säugetiere (SÖDERQUIST ET AL. 1971) aufzustellen. Diese Stammbäume stim-

men in der Größenordnung mit den mit gänzlich anderen Methoden aufgestellten Stammbäumen der Paläontologie überein.

Es scheint deshalb heute durchaus möglich zu sein, über die Sequenzen von Proteinen definitive Aussagen über eine mögliche Evolution des Lebens machen zu können.

Abschließend bleibt zu bemerken, daß die hier vorgestellten Ergebnisse von hypothetischen Voraussetzungen (Zustand der Urerde u. ä.) ausgehen, jedoch auf dieser Basis eine relativ schlüssige Theorie liefern.

Literaturverzeichnis

- DAYHOFF, M. O.: Atlas of Protein Sequence and Structure. Vol. 4. Nat. Biomed. Res. Found., Silver Spring, Md. 1969
- DAYHOFF, M. O.: Evolution of proteins. In: R. BUVET / C. PONNAMPERUMA (Hg.): Proceedings of the third international conference on the origin of life. North Holland, Amsterdam 1971
- FOX, S. W. / WINDSOR, C. R.: Synthesis of aminoacids by the heating of form-aldehyde and ammonia. Science 170 (1970), 984-985
- GREEN, D. E. / GOLDBERGER, F.: Molekulare Prozesse des Lebens. Springer 1971
- KAPLAN, R. W.: Der Ursprung des Lebens. (dtv WR 4106). 1972
- KARLSON, P.: Kurzes Lehrbuch der Biochemie. Thieme 1974
- KAUDEWITZ, F.: Molekular- und Mikrobengenetik. Springer 1973
- LEHNINGER, A. L.: Biochemie. Weinheim: Verlag Chemie 1975
- MILLER, S. L. / HOROWITZ, N. H.: The origin of life. In: Biology and the exploration of Mars d. NAS-NRL. Wash. D.C. Publ. 1296 (1966), 41-69
- ORGEL, L. E.: Evolution of the genetic apparatus, J. molec. Biol. 38 (1969), 381 bis 393
- PONNAMPERUMA, C. / LEMMON, R. M. U. A.: Formation of adenine by electron irradiation of methane, ammonia, and water. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, Washington D. C. 49 (1963), (5) 737-740
- PONNAMPERUMA, C. / MACK, R.: Nucleotide synthesis under possible primitive earth conditions. Science 148 (1965), 1221
- PONNAMPERUMA, C. / KLEIN, H. P.: The coming search for life on Mars. Quant. Rev. Biol. 45 (1970), 235-258
- SÖDERQUIST, TH. U. A.: Fibrinogen structure and evolution. Die Naturwissenschaften 58 (1971), (1) 16-23

Peter Rüst

Spezielle und allgemeine Evolutionstheorie Fakten und Spekulation

A. Einleitung	51
B. Die Entstehung des Lebens	53
1. Chemische Evolution	53
2. Spontane Replikation	59
3. Entstehung funktionaler Information in einer RNS-Welt	62
4. Verpackung des Individuums	64
5. Code-Übersetzung	67
6. Genom-Erweiterung und -Umbau	71
C. Die Entstehung der Lebensvielfalt	73
7. Biologische Evolution	73
8. Die Fossiliendokumentation	75
9. Molekularbiologische Evolution	78
10. Makroevolution	81
11. Überlappende Gene	83
12. Neue Gene und adaptive Mutationen	85
13. Biologische Entstehung funktionaler Information	88
D. Philosophische Schlussbetrachtungen	92
Literaturhinweise	96

A. Einleitung

In popularisierenden Veröffentlichungen wird immer wieder der faktische Charakter der Evolution unterstrichen. Es wird zwar eingestanden, dass viele Einzelheiten noch nicht geklärt seien, aber grundsätzliche Zweifel daran, dass eine Evolution stattgefunden habe, werden als längst überholt abgetan. Nur aus völliger Ignoranz könne jemand die Tatsache der Evolution heute noch infragestellen. Wer alles ohne einen Schöpfer erklären will, ist natürlich auf die ausschließlich zufällige, spontane Entstehung des Lebens und aller Lebewesen angewiesen. Allzu oft ist einem solchen Atheisten dabei die eigentlich religiöse, nicht wissenschaftliche Grundvoraussetzung, von der er ausgeht, nicht einmal bewusst, während er Andersdenkenden religiösen Obskurantismus vorwirft. Natürlich kann er nicht an der Evolu-

tion zweifeln. Schöpfungsgläubige jedoch haben die Freiheit, die Evidenz für oder gegen die Evolution sachlich und unvoreingenommen abzuwägen. Allerdings gibt es auch unter ihnen solche, die aufgrund einer vorgefassten Meinung darüber, was Schöpfung bedeute, wissenschaftliche Evidenz ignorieren oder allzu einseitig gewichten.

Deshalb soll hier (abgesehen von den philosophischen Schlussbetrachtungen) ausschließlich wissenschaftlich vorgegangen werden, unter sorgfältigem Ausschluss jeglicher metaphysischer Argumentation. Der Gedanke, wir existierten offensichtlich, also müsse das Leben irgendwie entstanden sein – wobei das „irgendwie“ auf eine ausschließlich materialistische Weise verstanden wird –, überschreitet aber ebenso die Grenzen der naturwissenschaftlichen Selbstbeschränkung; es soll daher auch darauf nicht eingetreten werden. Wenn die Evolutionstheorie eine wissenschaftliche Deutung des Lebens darstellt, muss dies innerhalb der Grenzen naturwissenschaftlicher Argumentation plausibel gemacht werden können. Metaphysische Aussagen andererseits dürfen keine wissenschaftliche Autorität für sich in Anspruch nehmen.

Der Begriff „Evolution“ wird auf vielerlei verschiedene Postulate angewandt. Die Entstehung des nicht biologischen Teils des Universums bezeichnet man als „kosmische“ Evolution, die Entstehung des Lebens als „chemische“ oder (mit fließendem Übergang) als „biochemische“ Evolution, die Entstehung aller biologischen Arten einschließlich des Menschen aus einer einzigen Urzelle als „biologische“ oder, auf der molekularen Ebene des Erbgutes, als „molekularbiologische“ Evolution, die Entwicklung der menschlichen Kultur als „kulturelle“ Evolution, und aufklärerische Philosophen erfanden sogar eine „religiöse“ Evolution. Es wird oft unterstellt, dies alles seien Aspekte desselben universalen Prinzips der Evolution auf verschiedenen Ebenen, doch dies ist metaphysische Spekulation. Innerhalb der biologischen Evolution könnte zwischen der speziellen und der allgemeinen Evolutionstheorie unterschieden werden, wobei die erstere die genetisch und molekularbiologisch erforschbaren Mechanismen der Evolution beschreibt, während die letztere aufgrund der Systematik der lebenden und fossilen Arten einen alles umfassenden Lebens- oder Abstammungsbaum errichtet. Die in der speziellen Theorie beschriebenen kleinen oder mikroevolutiven Veränderungen werden dabei auf makroevolutive Übergänge zwischen verschiedenen Arten, Gattungen, Familien usw. bis hinauf zu den höchsten taxonomischen Ebenen (hierarchischen Ebenen der systematischen, beschreibenden Biologie) der Stämme und Reiche extrapoliert.

Mikroevolution ist in gewissen Fällen direkt beobachtbar, Makroevolution jedoch konnte noch nie als direkte Beobachtung aufgezeigt werden. Wenn man annimmt, dass makroevolutive Veränderungen aus sehr vielen Einzel-

schritten aufgebaut sein müssen, ist dies verständlich, aber ein Nachweis der „Tatsache“ der Evolution wird damit enorm erschwert. Bloße Extrapolation um Größenordnungen ist aus wissenschaftlicher Sicht Unsinn. Als ein einmaliger Ablauf in der seit 4.5 Milliarden Jahren andauernden Geschichte der Erde ist die Makroevolution, die den Stammbaum des Lebens definiert, natürlich nicht wiederholbar und damit nicht experimentell erforschbar. Man kann also bestenfalls im Sinne der Geschichtsforschung oder einer gerichtlichen Untersuchung einen Indizien- oder Zeugenbeweis suchen. Um der Frage nach eventuell möglichen oder denkbaren Evolutionswegen nachzugehen, kann man zudem Modellexperimente und Computersimulationen anstellen. Wir werden also die Evolutionstheorie als eine zufriedenstellende wissenschaftliche Erklärung des Lebens akzeptieren, wenn einerseits Indizien in genügender Zahl dafür vorliegen, dass eine Evolution vermutlich einer geschichtlichen Realität entspricht, und wenn andererseits gezeigt werden kann, dass die dafür benötigten Übergänge aufgrund realistischer Modellexperimente und -berechnungen möglich oder gar plausibel erscheinen.

Es soll nun im folgenden gezeigt werden, dass die allgemeine Evolutionstheorie vorläufig auf der Ebene der (oft metaphysischen oder sogar pseudo-wissenschaftlichen) Spekulation stehenbleibt – wie der Titel dieser Arbeit ausdrücken soll. Die Frage drängt sich somit auf, ob Mikroevolution (die wirklich einer Tatsache entspricht) überhaupt etwas mit Evolution zu tun hat, oder ob sie nicht eher einen Mechanismus der flexiblen Anpassung der biologischen Arten an wechselnde Umweltbedingungen darstellt. Die Hypothesen der spontanen Lebensentstehung sind noch spekulativer als die Makroevolution. Für die hauptsächlichsten der dabei aufgeworfenen Probleme ist vorläufig keine Lösung in Sicht.

B. Die Entstehung des Lebens

1. Chemische Evolution

Das erste Problem ist die Uratmosphäre der Erde. Wegen der hohen Oxydationsempfindlichkeit biochemischer Moleküle wurde zunächst eine sauerstofffreie, stark reduzierende, hauptsächlich aus Wasserstoff (H_2), Wasser (OH_2), Ammoniak (NH_3) und Methan (CH_4) bestehende Atmosphäre postuliert. Ultraviolettstrahlen und Blitze könnten darin nach Modellversuchen Cyanverbindungen (z. B. HCN), Formaldehyd (H_2CO) und viele andere einfache Moleküle erzeugt haben, bis hin zu gewissen Aminosäuren ($H_2N - CH(R) - COOH$, wo R für diverse Reste steht), wobei die auch benötigten basischen Aminosäuren (mit zusätzlichen Amino- oder Iminogruppen am Rest) in diesen Experimenten noch nie entdeckt wurden. Man stellte sich vor, dass so ganze Ozeane einer relativ konzentrierten

„Ursuppe“ dieser und komplexerer organischer Moleküle entstanden seien. Diese Hypothese dominiert zwar noch popularisierende Schriften, wurde aber seit etwa 30 Jahren zunehmend infrage gestellt und gilt als überholt. Als Hauptbestandteile der Uratmosphäre sieht man heute außer Wasser Kohlendioxyd (CO_2) und Stickstoff (N_2) an, neben kleineren Mengen an Kohlenmonoxyd (CO), sowie Sauerstoff (O_2), welcher durch Wasserzersetzung schon sehr früh auftreten musste. Da die Erdkruste auch große Mengen an reduzierenden, O_2 bindenden Mineralien enthielt, ist es aber bis heute nicht klar, wie hoch die freie O_2 -Konzentration der Uratmosphäre war. Während die einen glauben, bis zu einem Viertel der heutigen Konzentration könnte bereits in der präbiotischen (Vor-Lebens-) Atmosphäre verblieben sein, schreiben andere solche Mengen erst dem Auftreten photosynthetischer Organismen vor vielleicht 2 Milliarden Jahren zu. Auf jeden Fall aber ist die Idee einer allgemeinen Ursuppe nicht haltbar, da in einer CO_2/N_2 -Atmosphäre um mehrere Zehnerpotenzen geringere Mengen an organischen Substanzen entstehen.

Berechnungen von Reaktionsgleichgewichten und dynamischen Bildungs-/Zersetzungssystemen zeigen zudem, dass die „Ursuppe“ sogar unter der Voraussetzung einer idealen reduzierenden Atmosphäre um viele Größenordnungen zu verdünnt gewesen wäre, um irgendwelcher biochemischen Evolution als Ausgangsmaterial dienen zu können. Man ist daher gezwungen, für die benötigten Moleküle eine von den allgemeinen Gewässern abgetrennte Anreicherungsphase zu fordern, in der sie einerseits vor den Einwirkungen, die sie bildeten (Ultraviolettstrahlung usw.), und vor Sauerstoff geschützt wären, andererseits viel höhere Konzentrationen erreichen könnten, aber trotzdem auch frei beweglich und reaktiv blieben – also äußerst spezielle Anforderungen. Zudem sind die wichtigsten Ausgangsstoffe für weiterführende Synthesen, wie Cyanverbindungen, Aldehyde ($\text{R} - \text{CHO}$) und Zucker (z. B. Ribose $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$) instabil, insbesondere unter den Bedingungen, die für ihre Bildung nötig sind, und in Gegenwart von Aminosäuren. Ob die neueste These, das Leben könnte in Ritzen heißer vulkanischer Gesteine unter dem Meeresboden entstanden sein, weiterführt, lässt sich noch nicht abschätzen.

Um zu den Makromolekülen zu gelangen, die für eine Lebensentstehung unumgänglich sind, müssen wasserabspaltende Kondensationsreaktionen vor sich gehen können. In diesen werden kleine Bausteine (Monomere) zu großen Molekülen (Polymeren) zusammengebaut. Besonders wichtig sind dabei die aus ähnlichen Bausteinen zusammengehängten Kettenmoleküle, die aufgrund einer spezifischen Reihenfolge ihrer Bausteine symbolische Information speichern können. Eine solche Kondensation ist nur unter der Einwirkung chemischer Energieträger möglich, d. h. von Molekülen, die energiereiche Pyrophosphatbindungen enthalten ($-\text{O}-\text{P}\text{O}_2^- - \text{O}-\text{P}\text{O}_2^- - \text{O}-$).

Biologische Systeme verwenden dafür heute allgemein Adenosintriphosphat (ATP), ein Kondensationsprodukt aus Adenin ($C_5H_5N_5$, einer der 5 üblichen Nukleotidbasen), Ribose und drei Phosphorsäureresten ($-O-PO_2^- - OH$). Es ist aber bis heute nicht ersichtlich, wie ATP in Abwesenheit biologischer Systeme entstehen könnte, insbesondere in den benötigten Mengen. Eine einfachere energiereiche Verbindung wäre Polyphosphorsäure ($HO-PO_2^- - O-PO_2^- \dots OH$), die zu ihrer Bildung aber auch recht spezielle Bedingungen braucht.

Abb. 1: Die üblichen Nukleotidbasen – die zueinander komplementären in Basenpaarung durch Wasserstoffbrücken, wie sie bei der Bildung doppelsträngiger Nucleinsäuren auftritt (bei R ist die Ribose oder Desoxyribose gebunden):

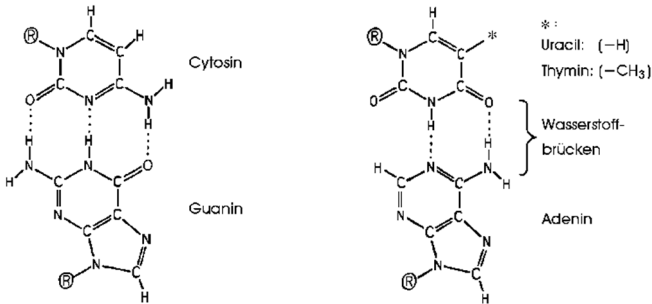
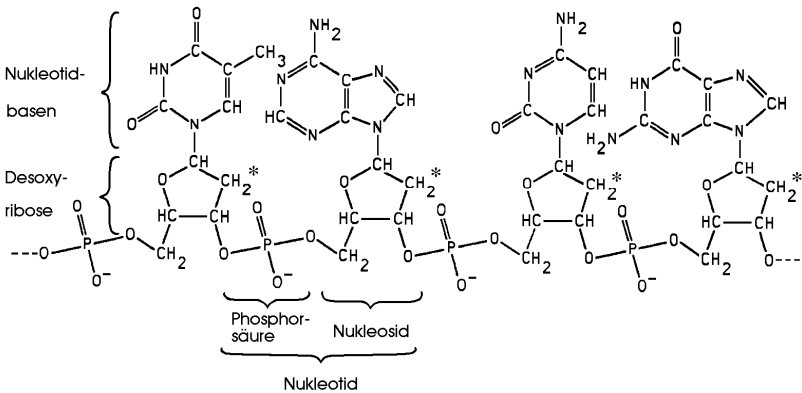


Abb. 2: Ein Stück einsträngige Desoxyribonucleinsäure (DNS); Sequenz: (5'-)TACG(-3')

Ribonucleinsäure hat bei * eine OH-Gruppe, sowie Uracil statt Thymin



Besondere Verhältnisse herrschen beispielsweise in den hydrothermalen Schloten auf dem Meeresgrund. Entlang der mittelozeanischen Rücken, z. B.

im Atlantik, quillt flüssiges Gestein auf und bildet laufend neue ozeanische Kruste, die langsam nach Osten und Westen weggestoßen und schließlich unter die Kontinente geschoben wird. In Bruchspalten versickertes Meerwasser wird entlang dieser Bildungszone vom heißen Gestein erhitzt und quillt, angereichert mit vulkanischen Komponenten wie dem reduzierenden Schwefelwasserstoff (H_2S), in den Schloten auf. In diesem heißen, sauren, reduzierenden Medium sind chemische Reaktionen denkbar, die schließlich zu interessanten Kondensationsprodukten führen könnten. Aber vorläufig sind Spekulationen über solche Reaktionswege noch nicht durch Beobachtungen an hydrothermalen Schloten erhärtet. Zudem umfassen diese Bereiche bei weitem nicht die Ozeane, sondern nur recht beschränkte Volumen.

Einen ersten Ansatz zu solchen Szenarien formulierte DE DUVE mit seiner „Thioester-Welt“. Er nahm an, dass H_2S zu Thiolen (R-SH) führte, welche mit Carbonsäuren (R'-COOH) Thioester (R-S-CO-R') bildeten. Dies sind energiereiche Verbindungen, die andere Synthesereaktionen ermöglichen. WÄCHTERSCHÄUSER entwickelte eine weiter gehende, detaillierte Theorie der Entstehung biochemischer Systeme unter den heißen, sauren, reduzierenden (O_2 -freien) und unter hohem Druck stehenden Bedingungen hydrothermaler Schlotte. Die Energiequelle für diese Vorgänge war die Bildung von Pyrit (FeS_2) und H_2 aus H_2S und zweiwertigen Eisenionen (Fe_2^+). In ähnlichen Reaktionen wird CO_2 zu organischen Stoffen reduziert. Dabei entstehen negativ geladene Substanzen, die auf der positiv geladenen Oberfläche der gleichzeitig entstehenden Pyritkristalle gebunden bleiben, aber entlang dieser Oberfläche diffundieren und weiter reagieren können. Damit wären gleichzeitig eine Energiequelle für reduzierende Kondensationsreaktionen, erhöhte Konzentrationen der Reagenzien und chemische Stabilisierung gewisser wichtiger biochemischer Stoffe theoretisch gegeben. Leider fehlen aber bestätigende Experimente bis heute noch.

Es waren folgende Kondensationsreaktionen nötig: Bildung von Nukleosiden aus Nukleotidbasen und Zuckern, Bildung von Nukleotiden aus Nukleosiden und Phosphorsäure, Bildung von Nukleosidtriphosphaten (z. B. ATP) aus Nukleotiden und zwei weiteren Molekülen Phosphorsäure, Bildung von Polynukleotiden (Nukleinsäuren) aus verschiedenen Nukleosidtriphosphaten unter Abspaltung von Pyrophosphat, Bildung von Polypeptiden (Proteinen oder Eiweißen) aus verschiedenen Aminosäuren. Alle diese Reaktionen können zwar in Modellexperimenten durchgeführt werden, aber nur unter so speziellen Bedingungen, dass deren spontanes Auftreten irgendwo auf der Urerde fraglich erscheint. Vor allem würden irgendwelche Verunreinigungen oder Nebenreaktionen in mehrstufigen Synthesen praktisch immer zu unbrauchbaren Produkten führen – was in den Modellexperimenten meist unberücksichtigt blieb. Bereits die monomeren

Nukleotide stellen nach Ansicht der Fachleute nicht plausible „präbiotische“ Moleküle dar. Heute sucht man deshalb nach einfacheren Vorläufern als Zwischenstufen – bisher ohne Erfolg.

Nicht einmal die Gegenwart aller für Kondensationsreaktionen nötigen Bausteine in genügend hohen Konzentrationen an derselben Stelle auf der Urerde darf also als gewährleistet angesehen werden. So wird erst recht die Verbindung der richtigen Bausteine in der korrekten Anordnung zu einem schwerwiegenden Problem, und zwar schon für die Bildung von einfachen Nukleotiden. Da Vererbung von Eigenschaften die fundamentalste, unabdingbare Voraussetzung für Leben darstellt, müssen Nukleinsäuren repliziert werden können. Für den Beginn einer Nukleinsäurereplikation muss zunächst ein doppelstrangiges Oligonukleotid (kurzkettige Nukleinsäure) rein zufällig entstehen. Aus Stabilitätsgründen muss es je nach Zusammensetzung mindestens 5–10 Nukleotidpaare lang sein. Dies wäre schon mit einer idealen Ursuppe ein praktisch unlösbares Problem und wird unter realen Urerdebedingungen vollends zu einem Rätsel.

Es wäre nämlich dazu nötig, dass ausschließlich „richtige“ Nukleosidtriphosphate zusammenkamen – in Abwesenheit jeglicher anderer reaktiver Moleküle. Es gibt aber sehr viele andere Zucker, Aldehyde und ähnlich reagierende Moleküle, die unter Bedingungen, unter denen Ribose entstehen könnte, ebenso vorhanden wären. Die Nukleosidtriphosphate der Ribonukleinsäuren (RNS) bestehen aus einer der Nukleotidbasen Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C) und Uracil (U), dem „richtigen“ Zucker Ribose und Phosphorsäure. Bei den Desoxyribonukleinsäuren (DNS) ersetzt Thymin (T) das Uracil und 2'-Desoxyribose die Ribose. Für die Ur-Nukleinsäuren wird meist RNS postuliert, da die Molekularbiologie der DNS noch viel komplexer ist als diejenige der RNS. Die Ribose muss an der richtigen Stelle und in der richtigen räumlichen Form (als β -Glykosid) an die Base gekoppelt und an der richtigen ihrer drei frei gebliebenen HO-Gruppen dreifach phosphoryliert werden. Alle 5–10 Nukleotide jedes der beiden Stränge müssen in der richtigen Weise aneinander gekoppelt sein, nämlich jeweils vom dritten C-Atom der Ribose des ersten Nukleotids über einen einzigen Phosphorsäurerest zum fünften C-Atom der Ribose des nächsten Nukleotids (3'-5'-Bindung). Die beiden Stränge müssen ferner komplementär sein, wenn sie in antiparalleler Richtung aneinander liegen (die 5'-3'-Richtung des einen Stranges weist in der 3'-5'-Richtung des andern). Komplementarität bedeutet, dass jedes A mit einem U im andern Strang gepaart ist und jedes G mit einem C: so sind z. B. die Sequenzen (5'-)CUUGAC(-3') und (5'-)GUCAAG(-3') komplementär. Die Paarung zwischen A und U geschieht über zwei, zwischen G und C über drei schwache elektrostatische Bindungen zwischen H- und N- oder O-Atomen („Wasserstoffbrücken“). Eine obere Grenze der Wahrscheinlichkeit, dass alle diese Anforderungen zu-

fällig erfüllt werden, lässt sich abschätzen. Sie ist um viele Größenordnungen zu klein, wenn eine einigermaßen realistische Menge an Nicht-Nukleotid-Bestandteilen anwesend ist, sogar in einer konzentrierten Uruppe vom Ausmaß des Weltozeans.

Als Vorläufer von Nukleinsäuren nimmt WÄCHTERSCHÄUSER „Tribonukleinsäuren“ (TNS) an. Mit der Phosphatgruppe (PO_3^{2-}) an Pyrit gebundene Phosphotriose $\text{PO}_3^{2-}\text{-OCH}_2\text{-CHOH-CHO}$ („Tribose“, in Analogie zur Ribose) könnte sich durch Reaktion zwischen der Aldehydgruppe ($-\text{CHO}$) und der OH-Gruppe des mittleren C-Atoms der nächsten Phosphotriose zu Polyhemiacetalketten ($-\text{O}-(\text{PO}_3^{2-}\text{-OCH}_2\text{-})\text{CH-CHOH-}$)_n verbinden, welche der „oberen Hälfte“ des Polyribosesequenz-Rückgrats der RNS chemisch analog ist. Die am Aldehyd-C-Atom neu entstandene OH-Gruppe wäre wie bei RNS für eine Kopplung an eine Nukleotidbase frei. Die an der Pyritoberfläche haftende einsträngige TNS könnte dann später durch Paarung mit komplementären Ribonukleotiden oder Desoxyribonukleotiden zu TNS:RNS- oder TNS:DNS-Hybriden und dann zu freier RNS oder DNS führen. Ein Wegdiffundieren von Nukleotiden, RNS und DNS würde durch eine vorher entstandene, den Pyritkristall umhüllende Membran aus Carbonsäuren und deren Abkömmlingen verhindert.

Eine biochemische Reaktion wird heute praktisch immer durch ein dafür spezifisches Enzym katalysiert, d. h. erleichtert oder gar ermöglicht, ein Protein genau festgelegter Sequenz. Seit katalytische Aktivitäten bei gewissen RNS-Sequenzen entdeckt wurden, ist das Interesse an der Suche nach Möglichkeiten einer spontanen Entstehung proteinartiger Substanzen stark zurückgegangen. Trotzdem soll diese Problematik noch kurz erwähnt werden. Wenn trockene Aminosäuregemische erhitzt werden, entstehen unter Wasserabspaltung gemischte Kondensate. Diese werden Proteinoide genannt, da in ihnen die Aminosäuren auf gleiche Weise gekoppelt sind wie in den Proteinen. Allerdings sind natürlich die Aminosäuresequenzen nicht spezifisch wie bei den biologischen Proteinen, sondern es entstehen Gemische zahlloser verschiedener Polypeptide, die aber aufgrund der verschiedenen chemischen Eigenschaften der Aminosäuren auch gewisse systematische Abweichungen von rein zufälligen Sequenzen aufweisen. Wie manche anderen chemischen Verbindungen – auch anorganische Stoffe – zeigen auch Proteinoide gewisse Spuren katalytischer Aktivität. Die Proteinoide als Vorläufer der Enzyme zu bezeichnen ist aber verfehlt, da die Proteinoide als nicht codierte Sequenzen natürlich nicht vererbt werden können. Sie können auch nicht evolvieren, da hierzu mindestens ein autokatalytischer Zyklus notwendig wäre, eine zyklische Reaktionskette, in welcher ein Reaktionsprodukt seine eigene Bildung beschleunigt.

Werden Proteinoide in wässrige Lösungen gebracht, so können sich etwa bakteriengroße Bläschen aus einer halbdurchlässigen Proteinoidhaut bilden,

sogenannte Mikrosphären. Diese können unter gewissen Bedingungen unter Anlagerung zusätzlichen Materials wachsen und sich eventuell in zwei Tochterbläschen teilen. Wegen der Abwesenheit jeglichen genetischen Materials haben aber diese „Mikrosphären“ mit lebenden Zellen oder eventuellen Vorläufern davon genauso wenig zu tun wie Proteinoide mit Enzymen. Falls sie aber auf der Urerde gelegentlich entstanden sein sollten, müssten vielleicht manche vermuteten fossilen Mikroorganismen auf sie zurückgeführt werden. Auch andere, völlig unphysiologische Substanzen können gelegentlich zur Bildung derartiger Bläschen Anlass geben. Mikrofossilien sind daher sicher mit Vorsicht zu interpretieren.

2. Spontane Replikation

Führende Fachleute halten RNS für zu komplex, als dass sie spontan entstehen und die ersten selbstreplizierenden (sich selbst vermehrenden) Systeme hätte bilden können. Man kennt aber bisher auch keine plausiblen und geeigneten einfacheren Polymere. Nehmen wir aber nun trotzdem einmal an, es seien Polymere wie RNS-Stücke mit komplementären Bereichen, sowie ihre Bausteine und allerlei andere brauchbare organische Stoffe in genügender Menge laufend entstanden und in eine Anreicherungsphase nachgeliefert worden. Konnte nun eine biochemische Evolution einsetzen?

Voraussetzung für eine Art darwinscher Evolution ist (1) eine reproduzierbare spontane Replikation informationshaltiger Makromoleküle, z. B. RNS, (2) eine gewisse, nicht zu große Mutationshäufigkeit, d. h. Bildung von Varianten („Mutanten“) durch Replikationsfehler, (3) eine verschiedene Tauglichkeit oder „Überlebensfähigkeit“ verschiedener Varianten in einer gegebenen Umwelt, (4) das gelegentliche Auftreten von tauglicheren Varianten, also von funktionaler Information, und (5) das reproduzierbare räumliche Zusammenbleiben aller Bestandteile eines Systems in einem „Individuum“. Eine Weiterentwicklung bedingt ferner (6) eine allmähliche Verlängerung des „Genoms“, also der Summe der replizierenden Polymeren eines Systems, und (7) eine ständige Erhöhung seines Informationsgehalts. Einzig die Postulate (2), (3) und eventuell (6) bereiten kaum Schwierigkeiten.

Für die Pyritwelt wird angenommen, eine Bindung organischer Moleküle an die Pyritoberfläche ermögliche im Vergleich zu einer offenen wässrigen Lösung sehr viel mehr verschiedene Reaktionen in einer unmittelbaren Mikroumgebung, so dass die Wahrscheinlichkeit spontaner Entstehung autokatalytischer Reaktionsketten stark erhöht sei. Autokatalyse bedeutet die Katalyse einer Reaktion durch das Produkt dieser Reaktion selbst oder eines seiner Nachfolgerprodukte in einer Reaktionskette. Dies führt dazu, dass auch eine Reaktionskette "am Leben erhalten" werden kann, die sonst wegen zu schlechter Reaktionsausbeuten zum Erliegen käme. Daher könnte

eine Autokatalyse die Entstehung eines Stoffwechsels, eines Netzes von selbständig ablaufenden Reaktionsketten bewirken – sogar vor dem Auftreten von echten biochemischen Katalysatoren (Ribozymen und Enzymen), welche ihr Substrat während der Reaktion spezifisch binden. Auf der Annahme der zufälligen Entstehung eines solchen Stoffwechselnetzes und dem Glauben, dass dadurch mit der Zeit spontan Ribozyme und Enzyme entstanden, basieren DE DUVES und WÄCHTERSHÄUSERS Lebensentstehungstheorien. Das spontane Auftreten solcher autokatalytischer Stoffwechsel-Vorläufer ist aber bis heute völlig spekulativ, ganz zu schweigen von Ribozymen und Enzymen.

Evolution bedingt mindestens, dass das bisher Erreichte nicht wieder verloren geht. Das System oder Individuum muss also in aufeinanderfolgenden Generationen jedesmal reproduziert werden können. Die Information für die ganze Struktur und für deren Aufbau muss daher im System selbst enthalten sein. Irgendwelche Moleküle enthalten aufgrund ihrer Struktur Information, nämlich die Angaben, die mindestens nötig sind, damit ein Chemiker sie eventuell aus ihren Bestandteilen aufbauen kann. Aber nur Kettenmoleküle können auf eine einfache Art Information an ein neu entstehendes Molekül weitergeben, nämlich indem die Reihenfolge ihrer Bausteine in der Kette Schritt für Schritt in die Reihenfolge der Bausteine des neuen Kettenmoleküls übertragen wird. So kann nicht nur Strukturinformation, sondern sogar symbolische, beliebig verwendbare Information weitergegeben werden. Für eine molekulare Replikation ist dazu ferner nötig, dass das neu synthetisierte Molekül entweder mit dem bisherigen identisch oder dazu komplementär ist. Wenn es nämlich komplementär ist (wie ein fotografisches Negativ zum richtigen Bild oder ein Siegeleindruck zum Siegel komplementär ist), kann durch Wiederholung des Prozesses nun ein mit dem Original identisches Molekül entstehen. Polypeptide können zwar symbolische Information empfangen, sofern, wie in den lebenden Zellen, ein biologisches Übersetzungssystem vorhanden ist. Sie können aber nicht repliziert werden, da sie die Information nicht weitergeben können.

Daher kommen nur Polynukleotide als primäre Informationsträger infrage. Die Information ist dabei in Form der Nukleotidsequenz gespeichert, genau wie eine menschliche Schrift Information in einer Buchstabensequenz speichert. Je länger die Sequenz ist, umso mehr Information kann sie natürlich enthalten. Nicht jede Sequenz enthält aber Information, so ist z. B. die Sequenz „anpflanzen“ im Zusammenhang der deutschen Sprache verständlich, während die gleich lange Sequenz „sqiaahlfp“ sinn- und funktionslos ist. Eine bestimmte Kettenlänge ergibt also nur eine obere Grenze für den möglichen Informationsgehalt. Ob eine bestimmte Sequenz aber überhaupt eine semantische oder Sinn-Information enthält, und wenn ja, welche, ergibt sich aus den Regeln der verwendeten Sprache oder – im Fall von biologi-

schen Makromolekülen – aus der direkten oder indirekten biochemischen Wirkung oder Funktion dieser Moleküle im vorgegebenen Organismus oder replizierenden System.

Keine chemische oder biochemische Reaktion verläuft aber perfekt, da alle Moleküle thermisch bedingten Zufallsbewegungen unterworfen sind. Daher werden auch bei einer Replikation gelegentlich Fehler auftreten. Ein replizierendes System (z. B. RNS-basiert) wird entsprechend dem Grad seiner Funktionstüchtigkeit mehr oder weniger Replikationsfehler, und damit Mutanten produzieren, d. h. leicht abgeänderte Tochtersysteme. Wenn diese Produkte nun „schlechter“ sind als die ursprüngliche RNS, werden sie mit größerer Wahrscheinlichkeit zerstört werden, wenn sie „besser“ sind, werden sie eher eine Chance haben, zu überleben und sich zu vermehren. Es werden immer mehr schlechte als gute Mutanten produziert, da es in jedem Zusammenhang immer viel mehr sinnlose als sinnvolle Sequenzen gibt. Wenn nun die ursprüngliche RNS und die eventuellen guten Mutanten nicht beträchtlich besser sind als die schlechten, kann es sein, dass pro Generation mehr schlechte Mutanten produziert (und durch die natürliche Auswahl eliminiert) werden als gute. In diesem Fall zerfließt die in der RNS enthaltene nützliche Information langsam aber sicher, und die Art „stirbt aus“. Da bei einer gegebenen Replikationsgenauigkeit pro Generation im Mittel ein bestimmter Anteil der Nukleotide einer RNS verändert wird, hängt der Anteil fehlerhafter Tochtermoleküle von der Länge der RNS ab. Die Häufigkeit der Replikationsfehler bestimmt also die maximal mögliche Länge eines informationstragenden Makromoleküls.

Heute kann Virus-RNS im Innern eines Wirtsbakteriums durch das dafür spezifische Enzym, eine RNS-Replikase (oder RNS-Polymerase), mit nicht mehr als einem Fehler auf etwa 10 000 Nukleotide repliziert werden. Infolgedessen kann das Genom (das gesamte Erbmaterial) eines RNS-Virus einige tausend Nukleotide enthalten, ohne dass seine Information im Laufe der Generationen verloren geht. Bevor aber die Replikation spezifisch katalysiert war, konnte ihre Genauigkeit wegen der beschränkten Stärke der Basenpaarbindung (A..U, G..C) nicht höher als 90–99 % sein, und die Länge einer replizierenden RNS damit höchstens 10–100 Nukleotide. Diese Schätzung M. EIGENS beruht aber noch auf zwei unrealistischen Vorgaben.

Einmal wurde die gemessene Bindungsstärke zwischen bereits vorhandenen, genau komplementären Polynukleotiden zugrundegelegt. Die experimentelle, nichtenzymatische Kondensation von natürlichen Nukleosidverbindungen an einem vorhandenen Polynukleotid beliebiger Sequenz in wässriger Lösung hingegen, die eine realistischere Schätzung ergäbe, ist bisher noch nicht gelungen. Sodann wurde das Vorteilsverhältnis einer korrekt funktionierenden Bakterienviren-RNS gegenüber ihren Mutanten zu

etwa 3–4 bestimmt. Der daraus gezogene Schluss, es könnten also Mutanten entstehen, die viermal besser seien als die bisherige Sequenz, ist aber unzulässig. Er setzt ja voraus, was eigentlich zu zeigen wäre, nämlich dass die heutige RNS des Wildtyps (natürliche, funktionale Form) durch eine progressive Evolution aus Sequenzen einer schlechteren Qualität wie derjenigen der Mutanten entstanden sei, was eine bloße Annahme darstellt. Es kann höchstens geschlossen werden, es könnten viermal schlechtere Mutanten entstehen. Dies ist natürlich völlig uninteressant. Wenn aber die Fehlerhäufigkeit eher 10 als 1 % und das Vorteilsverhältnis neuer Mutanten eher 1.1 als 3–4 beträgt (was immer noch optimistisch, aber mit den gegenwärtigen Kenntnissen doch etwas besser verträglich wäre), erreicht man nach EIGENS Formel nur noch eine maximale „Kettenlänge“ von einem einzigen Nukleotid!

3. Entstehung funktionaler Information in einer RNS-Welt

RNS-Replikation ist nur unter der katalytischen Einwirkung spezifischer Enzyme bekannt, also von Proteinen, die aus Nukleinsäuren, wo ihre strukturelle Information gespeichert ist, übersetzt werden. Eine solche Enzymaktivität kann für die ersten replizierenden Systeme nicht in Anspruch genommen werden, denn dies würde ein RNS-Protein-Übersetzungssystem bedingen, welches viel zu komplex ist, als dass es durch ein einziges RNS-Paar von höchstens 100 Nukleotiden Länge codiert werden könnte.

Vor einigen Jahren wurden gewisse RNS-Moleküle entdeckt, die ähnlich den altbekannten Protein-Enzymen bestimmte katalytische Wirkungen ausüben. Man nennt sie Ribozyme („Ribonukleinsäuren-Enzyme“). Die Spekulation über mögliche Mechanismen der Lebensentstehung erhielt dadurch einen enormen Auftrieb. Leben bedingt einerseits Selbstreplikation und andererseits vererbte Katalyse. Replikation und Vererbung brauchen Nukleinsäuren. Wenn aber für Katalyse Protein-Enzyme nötig sind, muss jede Lebensentstehungs-Hypothese an der alten Rätselfrage scheitern, ob das Huhn oder das Ei zuerst kam. Wenn die Replikation der Nukleinsäuren Proteine braucht, Proteine aber nur durch Übersetzung aus Nukleinsäuren entstehen und die Information dafür nur in Nukleinsäuren evolvieren und vererbt werden kann: was kam zuerst, die Nukleinsäuren oder die Proteine? Wenn es aber andererseits Ribozyme gibt, könnte dann nicht RNS allein alle Funktionen ausüben, die ein primitives Leben braucht – Replikation, Vererbung und Katalyse? Wenn ein System mit Übersetzung hoffnungslos zu kompliziert ist, erweckt doch die „einfache“ RNS-Replikation mit Hilfe von Ribozymen Hoffnungen. Hätte das Leben nicht als eine „RNS-Welt“ entstehen können?

Die katalytischen Fähigkeiten bisher gefundener Ribozyme sind, verglichen mit den beeindruckenden Fähigkeiten der Enzyme, eher bescheiden, be-

schränken sich auf wenige Arten von Reaktionen und benötigen keine chemischen Energieträger. Mit einer Ausnahme geht es dabei immer um die Reaktion einer HO-Gruppe mit einem Phosphatrest, wie bei der Hydrolyse (Spaltung unter Wasseranlagerung) einer RNS oder der Übertragung eines Nukleotids oder RNS-Stücks von einem RNS-Rest auf einen anderen. Die einzige, aber interessante Ausnahme betrifft die Übertragung einer aktivierten Aminosäure auf einen Polypeptidrest anlässlich der Übersetzung (vgl. Abschnitt 5). Man vermutet, dass diese Reaktion, welche sich allerdings chemisch nicht stark von einer Phosphatübertragung unterscheidet, von einer RNS des Ribosoms katalysiert wird. Eine Modellreaktion für diese Übertragung, die Hydrolyse der Bindung zwischen der Aminosäure Formylmethionin und ihrer tRNS, wird durch ein künstliches Ribozym um einen Faktor von 5–15 beschleunigt. Die katalytischen Faktoren für gewisse RNS-Spaltungen durch ihre natürlichen Ribozyme sind aber um gut 6 Zehnerpotenzen, für gewisse Protein-Enzyme um 12 oder mehr Zehnerpotenzen höher.

Die natürlichen Ribozyme sind mindestens einige hundert Nukleotide lang. Für eine experimentelle Ribozym-Reaktion, die sequenzspezifische Spaltung einer RNS, wurde die minimale Anforderung an das Ribozym ermittelt. Es sind 10 spezifische Nukleotidbasen im Ribozym nötig, dazu ein etwas variierbares Stück von mindestens 4 Nukleotidresten und zwei zum Substrat (der zu spaltenden RNS) komplementäre Sequenzen von mindestens 4 Nukleotiden beidseits der Spaltstelle, wobei ein Nukleotidpaar unmittelbar neben der Spaltstelle spezifisch besetzt sein muss. Für die Hydrolyse einer bestimmten RNS ergibt dies eine RNS von mindestens 22 Nukleotiden Länge, von denen 18 spezifisch sein müssen. Es gibt knapp 70 Milliarden verschiedene Kombinationen von 18 Nukleotiden, aber diese eine aktive RNS ist immer noch leichter zu finden als eine spezifische Enzymaktivität. Doch auch dies gilt natürlich frühestens für den Fall, dass eine zuverlässige Entstehung replizierbarer RNS bereits funktioniert – ohne Verunreinigung durch Nicht-RNS-Bestandteile.

Die Spaltung eines bestimmten Oligonukleotids, GAAA, zwischen G und A ist sogar allein mit Hilfe des zu AAA komplementären Trinukleotids UUU in Gegenwart von Mangan- oder Cadmiumionen möglich, wobei aber der AAA/UUU-Komplex einfach das Metallion so festhält, dass dieses die Hydrolyse der GA-Bindung katalysiert. Dies als eine „Ribozym“-Reaktion zu bezeichnen, erinnert sehr an die „Enzymaktivitäten“ der Proteinoide und ist für die Lebensentstehung wohl kaum besser brauchbar.

Von den für ein evolvierendes RNS-System bis zum Auftreten der ersten Ansätze von Protein-Enzymen benötigten Ribozym-Aktivitäten ist eine RNS-Hydrolyse sicher bei weitem die einfachste. Bereits die RNS-Replikase-

Reaktion, welche als allererste benötigt wurde, ist sehr viel anspruchsvoller. Damit die Evolution einer Funktion einsetzen kann, muss sie in einem bestimmten minimalen Ausmaß bereits vorhanden sein, da sonst die natürliche Selektion nicht angreifen kann. Diese erste Minimalaktivität muss also rein zufällig entstanden sein. Ob dafür die höchstens 100 Nukleotide, auf welche eine spontan replizierende RNS nach EIGEN beschränkt war, überhaupt genügte, ist angesichts der Komplexität der bekannten viralen RNS-Replikasen höchst fraglich. Diese Längenbeschränkung selbstreplizierender RNS-Paare könnte erst wegfallen, wenn eine genügend genaue Replikase-Aktivität verfügbar wäre. Doch vorläufig ist überhaupt kein Ansatz eines RNS-Replikase-Ribozyms bekannt.

Man hat versucht, durch Computersimulationen zu zeigen, dass irgendwelche beliebige Funktion einer solchen replizierenden Sequenz entstehen könne, falls die betrachtete Funktion irgendeinen Vorteil für das System bringt. Dabei wurde angenommen, dass jedem einzelnen zufällig „richtigen“ Nukleotid ein selektiver Vorteil zukomme – eine biochemisch absurde Annahme. Alle relevanten Befunde der Molekularbiologie zeigen eine gegenseitige funktionale Abhängigkeit der einzelnen Nukleotide einer Nucleinsäure oder der einzelnen Aminosäuren eines Proteins, sowie – was noch viel schwerwiegender ist – eine große gegenseitige Abhängigkeit der verschiedenen Funktionen eines Systems. Die zufällige Übereinstimmung einzelner Symbole einer evolvierenden Sequenz mit einer vorgegebenen (!) Sequenz ist daher völlig bedeutungslos.

Bei Versuchen mit einer vorgegebenen natürlichen RNS-Replikase und Nucleosidtriphosphaten konnten auch ohne Zugabe einer zu replizierenden RNS (der Matrize) nach einer Anlaufperiode Polynukleotide nachgewiesen werden, die anschließend beschleunigt repliziert wurden. Man folgerte daraus, dass Information (nämlich die gefundenen RNS-Sequenzen) aus nichts entstehen könne. Doch wurde später gezeigt, dass dabei unentdeckte Spuren von RNS als Matrize wirkten.

Im 13. Abschnitt (unten S.88) wird die Frage der spontanen Entstehung von Information in biologischen Systemen noch etwas ausführlicher behandelt.

Man verfügt somit bis heute noch über keinerlei Hinweise darauf, wie biochemisch funktionale Information spontan entstehen könnte. Die Idee der RNS-Welt hilft hier nicht weiter, da diese bereits funktionierende Ribozyme voraussetzt.

4. *Verpackung des Individuums*

Falls es die „RNS-Welt“ je gegeben hat, hätte ein Individuum zunächst aus einem, später mehreren RNS-Molekülen bestanden. Eine genügende Menge der richtigen Nukleotide musste aber als Bausteine zur Verfügung stehen,

wobei die „falschen“ in genügendem Ausmaß ausgeschlossen werden mussten. Es bestehen bisher noch keinerlei Vorstellungen darüber, wie diese Anforderungen an einen minimalen „Metabolismus“ mit einer nackten RNS in einem offenen System, oder sogar in einem komplexeren RNS-System ohne Proteine überhaupt realisierbar wären.

Falls ein RNS-Replikase-Ribozym existiert, stellt sich die Frage, ob eine RNS die eigene Replikation katalysieren könnte. Ein zu replizierendes RNS-Stück muss offen, einsträngig, „denaturiert“ sein. Die Replikase dagegen wird erst in einer spezifisch gefalteten Struktur mit diversen doppelsträngigen Stücken aktiv sein können, denn auch Ribozyme wirken wie Enzyme aufgrund einer spezifischen räumlichen Struktur. Die beiden Stränge eines komplementären Paares müssen sich vor der Replikation mindestens teilweise trennen, könnten sich daher eventuell ganz verlieren. Diese Gefahr bestünde nicht bei einer zu sich selbst komplementären RNS, deren beide Hälften sich zu einer weitgehend doppelsträngigen „Haarnadel“ zusammenlagern können. Da aber eine doppelsträngige Nukleinsäure in eine Helix zusammengewunden ist, muss sie sich während der Replikation entwinden, also drehen. Die volle, kontinuierliche Replikation eines Ribozyms durch sich selbst ist daher nicht möglich. Die Replikase kann also höchstens ein anderes Molekül replizieren, mit dem sie nur an der Replikationsstelle in Kontakt tritt. Eine zu sich selbst komplementäre RNS muss ausgeschlossen werden, da die Bildung einer Haarnadel wahrscheinlich auch die Replikation des einen Moleküls durch ein anderes verhindern würde.

Jeder RNS-Strang, der repliziert werden soll, muss am einen Ende eine Replikase-Erkennungssequenz enthalten. Dies gilt für beide Stränge eines komplementären Paares. Da sie antiparallel sind, müssen beide auch die zur Erkennungssequenz komplementären Enden besitzen, wenn sie zueinander komplementär sein sollen; jeder Teil könnte sich daher auch zu einem Ring schließen. Die komplementären Enden dürfen nicht länger sein als nötig für die Erkennung durch die Replikase-Sequenz, und die Replikase-Aktivität kann nur in einem der beiden komplementären Stränge vorkommen, denn sonst wäre die RNS wieder größtenteils zu sich selbst komplementär und würde sich vorzugsweise zur inaktiven Haarnadel zusammendrehen. Der Replikase-Strang muss beide Arten von Strängen zum Replizieren finden können. Diese dürfen sich daher nicht voneinander entfernen, sollten also in einem kleinen Volumen eingeschlossen oder eventuell an einer unlöslichen Mineralienoberfläche adsorbiert bleiben.

Da die Replikase einerseits Komplementärstränge, also Nicht-Replikase-Moleküle, andererseits auch andere Replikase-Moleküle replizieren muss, um wieder Komplementärstränge zu erhalten, besteht die Gefahr des Parasitismus: am besten repliziert werden nicht die besten Replikasen, sondern

die Moleküle mit den besten Replikase-Erkennungssequenzen und möglichst kurzen Restsequenzen. Die Komplementärstränge werden also durch Mutationen vorzugsweise kürzer, werden also bei ihrer eigenen Replikation sicher schlechtere Replikasen erzeugen. Dies könnte im Laufe einer Evolution zum Zusammenbruch des Gesamtsystems führen. Ein experimentelles zellfreies System, dem in jeder „Generation“ wieder natürliche Virus-RNS-Polymerase und Nukleosidtriphosphate beigelegt werden, zeigt diesen fortschreitenden Informationsverlust deutlich. Ein Urerde-System könnte diesem Effekt nur durch Verpackung aller beteiligten Moleküle in ein abgeschlossenes System (Membranbläschen o. ä.) entgehen, denn dann wirkt die natürliche Selektion auf das Gesamtsystem, nicht mehr auf die einzelnen Moleküle.

Ist es denkbar, dass ein verpacktes System aus lauter identischen RNS-Paaren bestehen könnte? Wieviele Kopien dieses Genoms müsste ein Individuum mindestens enthalten? Im Extremfall, wenn alle Funktionen streng sequentiell ablaufen könnten, würden möglicherweise zwei Moleküle genügen, ein als Ribozym wirkendes (für verschiedene Funktionen an verschiedenen Orten seiner Sequenz) und ein Substrat. Ein solches Modell wäre allzu optimistisch. Die Anforderung der Individualverpackung und der sich daraus ergebenden Notwendigkeit einer reproduzierbaren Systemteilung führt zu wesentlich höheren Genom-Multiplizitäten. Sobald ein System verpackt ist, also ab zwei Molekülen, ist aber die Beibehaltung sämtlicher Funktionen in jedem Molekül nicht mehr gewährleistet, da eine Kombination verkürzter Mutanten schneller replizierbar ist. Die natürliche Selektion wirkt nur auf das Gesamtsystem, nicht auf die Teile. Das Genom wird sich daher in diverse Replikone (Replikations-Einheiten) aufteilen, so dass die als getrennte Moleküle benötigten Funktionen je in einem eigenen Replikon enthalten sind.

Eine Verpackung des Systems ist also nötig, um seinen Zerfall durch Diffusion zu verhindern und damit eine Evolution zu ermöglichen. Diese Hülle kann nicht aus RNS bestehen, sondern muss mindestens Moleküle enthalten, die wie Fettsäuren oder Proteine teils fettlöslich und teils wasserlöslich sind. Wie eine halbdurchlässige Membran muss sie Monomere (Nukleotide, Energieträger, eventuell Aminosäuren) passieren lassen, nicht aber die Polymeren (Nukleinsäuren, allfällige Proteine). Die Monomeren müssen sogar aktiv von außen nach innen transportiert werden, wenn ihre Konzentration in der umgebenden Anreicherungsphase nicht genügend hoch ist. Die Hülle muss wachsen und sich so spezifisch teilen können, dass jeweils mindestens die Hälfte der Tochtersysteme vollständig und damit lebensfähig ist. Solange keine spezifische Zellteilungsmechanik vorhanden und das Genom nicht in einen einzigen Ring integriert ist, kann diese Anforderung höchstens erfüllt werden, wenn alle RNS-Paare in mehrfacher Aus-

führung in einer Hülle (in einem „Paket“ oder irgendwie abgeschlossenen Raumelement) vorhanden sind. Die mindestens benötigte Genom-Multiplizität wächst mit der Anzahl der Replikone. Sie verlangsamt jegliche Evolution, da positive Mutationen im allgemeinen zunächst dem Selektionsdruck der äußeren Umwelt nicht ausgesetzt sind und sich daher durch zufällige Konzentrationsschwankungen gegen die gesamte Innenpopulation des Pakets durchsetzen müssen (ähnlich der genetischen Drift neutraler Mutanten in biologischen Populationen), bevor sie überhaupt nützlich werden können.

Eine Umkehr dieser Tendenz zur Genomzersplitterung ist erst mit der „Erfindung“ der Transkription möglich, wenn also die Ribozyme als getrennte Moleküle aus einem Gesamtgenom überschrieben werden können. Zu erwarten ist sie frühestens mit der ortsspezifischen Bindung des Genoms an die Zellmembran, da dann die Kopplung von Replikation und Zellteilung den Vorteil mit sich bringt, dass nur noch eine Genomkopie nötig ist.

5. Code-Übersetzung

Die Anforderungen der Verpackung bedingen möglicherweise bereits eine spezifische Proteinsynthese, aber irgendwann musste auf jeden Fall die Hilfe sequenzspezifischer Proteine in Anspruch genommen werden. Da allfällige spontan entstehende Proteinoide für irgendwelche spezifischen Funktionen unbrauchbar sind und mangels Vererbbarkeit auch nicht evolvieren können, bedeutet dies, dass Proteine in der Nukleinsäure codiert sein und daraus übersetzt werden müssen. Möglicherweise bedingt jeglicher Schritt, der vom bloßen einzigen RNS-Paar wesentlich weiter führt, eine Übersetzung. Aber ist ein solches System überhaupt denkbar, ohne dass man bereits einen wesentlichen Teil der Funktionalität der äußerst komplexen heutigen Zellen postuliert? Die einfachsten selbständig lebensfähigen Organismen, die Bakterien, enthalten ein Genom von einigen Millionen Nukleotidpaaren! Wenn aber einfacheres „Leben“ funktioniert und existiert hat, ist eine Erklärung dafür nötig, weshalb es nicht in irgendeiner ökologischen Nische überlebt hat, denn auch die „primitivsten“ Bakterien zeigen keinerlei Anzeichen dafür, dass sie sich von komplexeren Lebewesen irgendwie konkurrenziert fühlten!

Um die nachfolgende Diskussion spekulativer Urerde-Systeme zu vereinfachen, soll die biologische Proteinsynthese durch Übersetzung von Nukleinsäuren kurz erläutert werden. Direkt verwendbarer Informationsträger ist die Boten-RNS („messenger“, mRNS). Diese wird entweder aus der DNS des Genoms überschrieben (Transkription) oder stellt – bei gewissen Viren – selbst das Genom dar. Die Aminosäuren, welche zum Protein zusammengebaut werden sollen, werden durch ATP und je einen spezifischen Ad-

aptor aktiviert. Der Adaptor besteht aus einer etwa 75 Nukleotide langen RNS, der Transfer-RNS (tRNS), welche mittels Basenpaarbindungen in eine komplexe räumliche Konfiguration gefaltet ist und am einen Ende die Aminosäure und in einer Schlaufe am andern Ende des Moleküls ein für diese Aminosäure spezifisches Nukleotidtriplett enthält. Dieses Triplet, das Anticodon, kann durch Basenpaarung an ein komplementäres Nukleotidtriplett (das Codon) in der mRNA gebunden werden.

Die Proteinsynthese geschieht an den Ribosomen, die schon bei den Bakterien aus drei spezifischen, teils sehr großen RNS-Molekülen (Ribosomen-RNS, rRNS) und etwa 55 verschiedenen, spezifischen Proteinen bestehen. Diese komplexen Gebilde können sich in Nukleotidtriplett-Schritten einer mRNA entlang bewegen und diese „lesen“. Das Ribosom enthält zwei Bindungsstellen für Adaptoren, eine „Donor“- und eine „Akzeptor“-Position. Die erstere bindet die tRNS, welche die bisher synthetisierte Polypeptidkette trägt, die andere die tRNS mit der als nächster anzuhängenden Aminosäure. Das Ribosom sorgt für die richtige räumliche Fixierung der beiden Adaptoren mit ihren Anticodons auf den entsprechenden Codons der mRNA, die sie „ablesen“ müssen, sowie dafür, dass die Synthese jeweils einen Schritt weiter geht.

Bei jedem Syntheseschritt werden (1) zwei energieliefernde Guanosinribosephosphate gespalten (zusätzlich zu den energetischen Pyrophosphatbindungen des ATP, welche die Aktivierung der Aminosäuren verbraucht), (2) der Polypeptidrest von der Donor-tRNS auf die Aminosäure der Akzeptor-tRNS übertragen, (3) die bisherige, nun aminosäurefreie Donor-tRNS freigegeben, (4) die bisherige Akzeptor-tRNS, die nun den verlängerten Polypeptidrest trägt, in eine Donor-tRNS verwandelt, indem sie aus der Akzeptorposition in die Donorposition des Ribosoms verschoben wird, (5) die mRNA um drei Nukleotide weitergeschoben, (6) die mit ihrer Aminosäure beladene tRNS gebunden, deren Anticodon dem nun in der Akzeptorposition liegenden Codon entspricht.

Die Übersetzungsvorschrift ist durch den genetischen Code gegeben, welcher für 61 der $4^3=64$ möglichen Nukleotidtripletts eine der 20 möglichen Aminosäuren angibt, während die übrigen 3, die Stopcodons, den Abbruch der Polypeptidkette zur Folge haben. Damit jedes Anticodon mit der richtigen Aminosäure verbunden wird, ist für jede Art von tRNS ein spezifisches Aminosäure-tRNS-Synthase-Enzym (eine Synthetase) nötig. Da einige der Aminosäuren einander äußerst ähnlich sind, müssen einige dieser Enzyme mit spezifischen Korrekturlesefunktionen versehen sein. Zusätzliche Funktionen besorgen Start und Ende der Übersetzung eines Proteins. Da ein Triplet nicht durch ein „Komma“ vom nächsten getrennt ist, kann eine Polynukleotidsequenz in drei verschiedenen „Leserastern“ abgelesen werden,

je nachdem, bei welchem Nukleotid die Lesung beginnt. Zusätzlich ergäbe eine vom (antiparallelen!) Komplementärstrang überschriebene mRNA nochmals drei Leseraster. Die resultierenden sechs Übersetzungsprodukte haben völlig verschiedene Aminosäuresequenzen. Es werden also spezielle Mechanismen für die richtige Wahl des zu überschreibenden DNS-Strangs und des Start-Nukleotids für das erste Codon auf der mRNA benötigt. Der Bauplan für diese ganze, komplexe Proteinsynthese-Maschinerie ist in Form der Sequenzinstruktionen für die mindestens etwa 200 verschiedenen dafür nötigen RNS- und Proteinmoleküle in vielleicht 200 000 Nukleotidpaaren des Genoms niedergelegt.

EIGEN hat 1971 das „Hyperzyklen“-Modell vorgeschlagen, um den Beginn einer Übersetzung plausibel zu machen, H. KUHN und andere stellten ähnliche Postulate auf. In der früheren Ausgabe dieser PORTA-STUDIE¹ wurde die Unmöglichkeit der Entstehung und Weiterentwicklung von Hyperzyklen dargelegt. Da damals Ribozym-Aktivitäten noch nicht bekannt waren, standen diese Modelle noch unter der zusätzlichen Einschränkung, dass zu Beginn der ersten Übersetzung kein replizierendes RNS-Paar länger als maximal 100 Nukleotidpaare sein konnte. In einer RNS-Welt bestünde diese grundsätzliche Einschränkung nicht mehr, und das Hyperzyklen-Modell wäre damit überholt – sofern eine genügend genau arbeitende Ribozym-Replikase entstehen konnte.

Ein Hyperzyklus (Überzyklus) besteht aus mehreren selbstreplizierenden RNS-Paaren (den einfachen Zyklen) mit ihren individuellen Replikasen und einem Übersetzungsapparat, der diese herstellt. Dabei muss jede Replikase nicht ihr eigenes RNS-Paar (dessen Übersetzungsprodukt sie darstellt) replizieren, sondern vorzugsweise das nächste im Hyperzyklus. Es besteht also eine in einen Kreis geschlossene Abhängigkeit aller Teilzyklen voneinander. Diese funktionale Kopplung zwischen mehreren Replikonen erzwingt eine gemeinsame natürliche Selektion des Gesamtsystems, das damit eine größere Gesamtinformation enthalten könnte, ohne die Replikationsgenauigkeit der einzelnen Replikasen zu erhöhen. Der Übersetzungsapparat besteht aus je einem Strang jedes RNS-Paars, den Adaptoren, welche die Funktion der modernen tRNA-Moleküle ausüben sollen. Im Hyperzyklenmodell wird postuliert, die Funktion der Übersetzung sei einmal durch die primitiven Vorläufer einiger weniger Adaptoren ausgeübt worden – wohl etwas ungenauer, aber doch grundsätzlich funktionell richtig –, und zwar zunächst ohne jegliche Enzymbeihilfe, denn Enzyme und andere spezifische Proteine konnten ja nicht entstehen, bevor es eine Übersetzung gab. Wurden damit, ohne dies auszusprechen, schon vor der Entdeckung der Ribozym-Aktivitäten solche postuliert?

¹ 1. - 3. Aufl., S. 75-78

Aber unabhängig von einer allfälligen hyperzyklischen Organisation des Genoms sind für den Beginn einer spezifischen Verwendung von Aminosäuren in einem Urerde-System Adaptoren („Ur-tRNS“) für jede Aminosäure nötig. Die Informationsspeicherung bedingt die Möglichkeit beliebiger Anordnung der Buchstaben. Eine Übersetzung verlangt daher, dass verschiedene Adaptoren in beliebiger Reihenfolge in Aktion treten können. Gleichzeitig muss die zu übersetzende RNS mindestens im Bereich der momentanen Übersetzungsaktivität einstrangig sein. Die Ribozymaktivitäten für die Aminosäurenaktivierung und für die Bildung der Peptidbindung bedingen, wie bei der Replikase, räumliche Strukturen, die nicht in einer offenen, einstrangigen RNS vorhanden sein können. Die Funktionen der mRNA und der verschiedenen Adaptoren mussten daher von verschiedenen, getrennten Molekülen ausgeübt werden. Im speziellen ist mindestens für jede verwendete Aminosäure ein getrenntes Adaptormolekül nötig. Da die Sequenzinformation jedes Adaptors ebenso reproduzierbar vorhanden sein muss wie diejenige aller andern Strukturen, müssen sie entweder durch eine Transkription des Genoms entstehen oder als multiple Kopien des einen Genoms verfügbar sein, das dann alle Funktionen in verschiedenen Bereichen seiner Sequenz enthalten müsste. Auch in einer RNS-Welt war also vor Beginn einer Übersetzung ein System aus mehreren Komponenten nötig, das deshalb verpackt sein musste.

Eine Übersetzung macht erst dann Sinn, wenn sequenzspezifische, also codierte Polypeptide aus mehr als einer einzigen Aminosäurensorte eine für das System nützliche Funktion ausüben. Dies bedingt mindestens zwei verschiedene Aminosäuren-Adaptoren. Um die Anzahl benötigter Funktionen möglichst gering zu halten, schlug F. H. C. CRICK einen Mechanismus der ribosomenlosen Triplettablenkung unter Einhaltung eines bestimmten Leserasters vor. Wenn nur GNC-Triplets verwendet werden (wobei N für irgendein Nukleotid steht), könnte der gleiche Leseraster durch G und C forciert werden, und das vorangehende C und nachfolgende G könnte die Basenpaarbindung zwischen mRNA und tRNA während der Ablesung genügend stabil machen. G und C wurden gewählt, da diese Basen durch drei Wasserstoffbrücken verbunden werden können und damit eine stärkere Kopplung ergeben als A und U, die nur zwei Wasserstoffbrücken bilden können.

Die GNC-Triplets GGC, GCC, GUC und GAC codieren Glycin (gly), Alanin (ala), Valin (val) und Asparaginsäure (asp). Übrigens bedingen die Unterscheidungen gly/ala, gly/val, ala/val und möglicherweise auch gly/asp und ala/asp bereits Korrekturlesungen, also zusätzliche Funktionen. Für die Übersetzung müssen mindestens folgende Funktionen entstehen: eine Peptidbindungsfunktion, für jede Aminosäure eine tRNA und eine Synthese, sowie mindestens eine Korrekturlesefunktion, also bei zwei Aminosäu-

ren zu Beginn mindestens 6 Funktionen, und zwar gleichzeitig! Sie nützen nur gemeinsam etwas. Solange auch nur eine davon fehlt, können die andern nicht selektioniert werden, und damit nicht evolvieren. Sie würden wieder verlorengehen, selbst wenn sie entstünden. Für vier Aminosäuren sind es bereits mindestens 12 Funktionen. Die Beschränkung auf GNC-Triplets, und ganz besonders eine allfällige Beschränkung auf GGC und GCC, reduziert die Anzahl möglicher Sequenzen und damit die Evolutionschancen enorm, so dass unter solchen Bedingungen höchstens sehr kurze spezifische Oligopeptidsequenzen entstehen könnten. Wie die funktionalen Domänen heutiger Proteine dokumentieren, sind aber für den Aufbau brauchbarer funktionaler Enzymstrukturen Sequenzen von mindestens 50–100 Aminosäuren nötig. Außerdem behindert ein hoher GC-Gehalt einer RNS – gerade wegen der stabileren Basenpaarbindungen – durch molekulinterne Wasserstoffbrücken die nichtenzymatische Replikation.

6. Genom-Erweiterung und -Umbau

Wie müsste man sich die Evolution einfacher Systeme bis zu einem heutigen Einzeller vorstellen? Es geht dabei um ein Wachstum des Genoms um einen Faktor von mehreren 10 000! H. KUHN schätzte, dass eine funktionierende Zelle im Laufe von 400 Millionen Jahren entstehen könnte. Dabei traf er jedoch völlig unrealistische Annahmen: (1) unaufhaltsame Erhöhung der Komplexität eines Genoms, (2) erkennbare Funktion eines Enzyms, bei dem erst 5 von 300 Aminosäurepositionen korrekt besetzt sind, (3) unaufhaltsame Evolution aller Funktionen zu besserer Funktionalität hin, (4) natürliche Selektion aller positiven Mutationen ohne Verzögerung durch Genom-Multiplizität, (5) Zusammenbau einer enzymatischen Funktion aus vielen kleinen Teilfunktionen durch Evolution, (6) Aufbau einer funktionierenden Zelle aus vielen funktionalen Makromolekülen durch Evolution.

Die These, dass jeweils immer das gerade benötigte Enzym evolviere, kann insbesondere aufgrund der recht häufig auftretenden Enzym-Komplexe und anderen funktionalen Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Enzymen nicht als plausibel bezeichnet werden. Die energiereichen Nukleosidtriphosphate wären sicher die als erste versiegende „Nahrungsquelle“ der primitiven Systeme gewesen. Die biologische Synthese von ATP aus seinem nicht energiereichen Vorläufer Adenosindiphosphat verlangt aber zwei Komplexe aus je 7 Enzymen, die richtig in eine geschlossene Membran eingebaut sein müssen!

Selbst ein Autor wie WÄCHTERSCHÄUSER, der ein hypothetisches Schema der Evolution eines umfangreichen Teils des heutigen Zellstoffwechsels aus den einfachsten Pyritwelt-Anfängen entwickelte und mit äußerster Sorgfalt die energetischen Bedingungen für das Ablaufen sehr vieler Reaktionen unter-

suchte, nimmt die zufällige Entstehung von Enzymen als selbstverständlich an, ohne die Frage der Herkunft der darin enthaltenen funktionalen Information auch nur zu stellen.

Zwischen einem Paket mit einigen replizierenden RNS-Stücken und einer Zelle bestehen fundamentale Unterschiede. Das Genom eines Pakets besteht aus vielen Kopien fragmentierter, einsträngiger RNS, dasjenige der einfachsten Zellen aus einem einzigen Ring doppelsträngiger DNS, deren Replikation mit einer spezifischen Regulation der Zellmembransynthese verknüpft ist. Außer der „Erfindung“ der Übersetzung bedingt ein Übergang vom RNS- zum DNS-Genom (1) für jedes Replikon die Elimination aller Kopien bis auf eine, (2) die Integration aller Replikone in ein einziges, in einen Ring geschlossenes Genom, (3) den Ersatz der einsträngigen RNS durch doppelsträngige DNS als Erbmaterial, (4) den Ersatz der RNS-Replikase (im Fall einer hyperzyklischen Organisation vieler Replikasen-Varianten) durch ein DNS-Replikationssystem aus mindestens 30 Proteinen für die asymmetrische, diskontinuierliche DNS-Synthese mit Korrekturlesung, (5) die fehlerfreie Verteilung aller Transkriptions-Kontrollsignale auf den beiden DNS-Strängen, (6) die Entstehung aller Transkriptions- und RNS-Modifikations-Enzyme, welche für die Produktion und korrekte Verwendung aller RNS-Arten (tRNS, rRNS, mRNS und andere) nötig sind, (7) die sequenzspezifische Bindung des Genoms an die Zellmembran und (8) die Entstehung eines mit der DNS-Replikation gekoppelten Zellteilungsmechanismus. Alle diese Übergänge sind voneinander abhängig und ergeben kaum einen selektiven Vorteil, solange nicht alle von ihnen verwirklicht sind. Diese Probleme wurden bisher kaum beachtet. Einzig die Transkription – in diesem Fall zunächst von RNS zu RNS statt von DNS zu RNS – und der allfällige Umbau von Genomregionen, bei denen bisher beide Komplementärstränge überlappend als Informationsträger verwendet worden sind, hätten vorgängig realisiert werden können.

Mit allen Zwischenstufen, die man sich ausdenken könnte, gerät man in funktionale Schwierigkeiten. Eine Kopplung kleiner Replikone zu größeren, wie sie auf dem Weg zum Gesamtgenom-System gefordert werden müssen, erhöht die verlangte Replikationsgenauigkeit sprunghaft. Die gekoppelten Replikone müssten sich zudem gegen alle entsprechenden ungekoppelten Replikon-Kopien im Paket durchsetzen, bevor sie durch natürliche Auswahl getestet werden könnten – und zwar gegen den Selektionsdruck, da ja ein kürzeres Replikon schneller repliziert werden kann.

Die ganze biochemische Evolution hängt also zur Zeit völlig in der Luft, und die bisher vorgeschlagenen Lebensentstehungshypothesen sind unrealistisch. Sie bieten zwar viele interessante Ideen, die helfen mögen, sich an die zu lösenden Probleme heranzutasten, aber keinerlei wissenschaftliche Erklärung für die Entstehung des Lebens.

C. Die Entstehung der Lebensvielfalt

7. Biologische Evolution

Der weitaus größte Teil der sogenannten Evolutionsbeweise beruht auf der Tatsache, dass zwischen verschiedenen Organismen Ähnlichkeiten bestehen. Diese Ähnlichkeiten finden sich auf allen Ebenen, von den Körperformen über die Organ- und Zellstruktur bis zur Biochemie und Molekularbiologie. Sie sind am eindrucklichsten bei den Protein- und Nukleinsäuresequenzen, wo sie am besten mathematisch erfasst werden können. Die Wahrscheinlichkeit einer Unabhängigkeit zwischen den entsprechenden Sequenzen verschiedener Arten lässt sich unter bestimmten Voraussetzungen statistisch auf Signifikanz prüfen. Man findet dann oft, dass es extrem unwahrscheinlich ist, dass diese Makromoleküle voneinander unabhängig sind, und schließt dann daraus, dass die beiden Arten über einen gemeinsamen Vorfahren miteinander verwandt seien. In ähnlicher Weise, nur weniger zwingend, führen Vergleiche im Körper-, Organ- und Zellaufbau heutiger Organismen (auch im Embryonalstadium), wie auch Vergleiche zwischen Fossilien zu entsprechenden Schlüssen.

Aber sind solche Schlüsse wirklich zulässig? Die enorme Menge des Beobachtungsmaterials darf nicht zum Vorwand genommen werden für den Glauben, die Zulässigkeit dieser Beweisführung bedürfe keiner Begründung. Es ist offensichtlich, dass es Ähnlichkeiten gibt, welche für den Aufbau eines Abstammungs- oder Lebensbaumes (eines phylogenetischen Baumes) nicht verwendet werden dürfen. Das Postulat der „konvergenten“ Evolution führt hier zu einem grundsätzlichen Problem. Von konvergenter oder zusammenführender (oder auch paralleler) Evolution spricht man, wenn man glaubt, ein bei verschiedenen Arten sehr ähnliches Merkmal könne trotz der Ähnlichkeit nicht in einem gemeinsamen Vorfahren der beiden Arten entstanden sein, sondern erst, unabhängig voneinander, in den beiden Abstammungslinien. Zur Illustration diene ein simples, aber anschauliches Beispiel. Hai, Lachs, Ichthyosaurus, Pinguin und Delphin haben im Wasser eine sehr ähnliche Stromlinienform, obwohl es sich um einen Knorpelfisch, einen Knochenfisch, ein Reptil, einen Vogel und einen Säuger handelt. Man glaubt, ihre äußeren Formen seien als Anpassung an eine schnell schwimmende Lebensweise, unabhängig voneinander so ähnlich geworden. Ein ähnlicher Selektionsdruck der Umwelt oder – was dasselbe ist – eine ähnliche Anforderung an die Funktionalität wird also für solche „konvergente“ Ähnlichkeiten verantwortlich gemacht.

Man muss daraus folgern, dass Merkmale, die unter einem Selektionsdruck stehen, nicht ohne weiteres für phylogenetische Untersuchungen verwendet werden können. Jedes Merkmal, das seinem Träger (oder seinen direkten

Nachkommen) irgendwelche Vorteile bringt, steht unter Selektionsdruck. Für die Konstruktion eines Lebensbaumes müsste man sich daher allein auf Merkmale stützen, die nachgewiesenermaßen nicht vorteilhaft sind. Doch wie soll bewiesen werden können, dass ein bestimmtes Merkmal nutzlos ist? Und zudem sollten ja alle nutzlosen Merkmale – soweit sie für ihren Aufbau im Körper irgendwelche Stoffwechsel-Energie benötigen – als unnötiger Ballast durch die natürliche Selektion eliminiert werden. Bei den einfachsten Lebewesen, den Bakterien, ist eine auffallende Sparsamkeit in der Verwendung von DNS im Genom festzustellen: fast lückenlos reihen sich die Gene aneinander. Offenbar enthielten ihre Genome nie unnötige DNS, oder sie haben sich irgendwie davon befreit. Angesichts einer scheinbar nutzlosen Struktur ist es daher naheliegender, eine noch unentdeckte Funktion zu vermuten, als anzunehmen, die Struktur sei wirklich nutzlos. Solche Überlegungen sind nun bei Ähnlichkeiten in jedem Fall angebracht, werden aber praktisch nie angestellt. Damit gestaltet sich die stichhaltige Begründung evolutionärer Abstammungsbeziehungen äußerst problematisch, wenn nicht grundsätzlich unmöglich – falls man nicht zum vornherein weiß, dass die verglichenen Arten wirklich von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen. Aber dies möchte man eben nachweisen! Die vielbeschworene „Tatsache“ der Evolution beruht fast ausschließlich auf diesem Zirkelschluss!

Es wird nun argumentiert, der akzeptierte Lebensbaum werde durch so viele übereinstimmende Merkmale bestätigt, dass an dessen Korrektheit nicht gezweifelt werden könne. Aber wie werden Merkmale gezählt? Was ist ein einzelnes Merkmal? Können sie nicht praktisch beliebig weitgehend aufgespalten oder als voneinander abhängig kombiniert werden? Ist der Detaillierungsgrad einer Merkmalsdefinition nicht weitgehend willkürlich? Besteht der Merkmalskomplex „schneller Schwimmer“ wirklich aus weniger „Elementarmerkmalen“ als der Merkmalskomplex „Fisch“? Ist die Begründung dafür, dass er für die Beurteilung der Abstammung weniger wichtig sei, wirklich stichhaltig? Der Lebensbaum der traditionellen Systematik orientiert sich in erster Linie am äußerlichen Körper- und Organ-aufbau und ignoriert die feineren Details der Mikrostruktur und Biochemie, die zu Linnés und Darwins Zeiten noch unbekannt waren, und die nicht immer mit dem Körperaufbau korrelieren. Wie passt es ins übliche Schema, dass Hämoglobin auch bei gewissen Krebsen und Acetylcholin bei Nesseln gefunden wird – oder auch ein wirbeltierähnliches Auge beim Kraken? Die Anzahl der Fälle „konvergenter“ Evolution wächst mit zunehmender biologischer Erkenntnis auffallend schnell.

Dass es im Tierreich eine Reihe von grundsätzlich verschiedenen Bauplantypen gibt, die den Stämmen der Systematik entsprechen, ist offensichtlich. Weniger bekannt ist hingegen, dass man nicht in der Lage ist, eine ent-

sprechende Verknüpfung dieser Stämme sachlich eindeutig zu begründen – wie z. B. G. A. KERKUT, der ihre abstammungsmäßige Verwandtschaft nicht bezweifelt, nachdrücklich betont. Steigt man dann eine taxonomische Stufe tiefer zu den Klassen eines Stammes, so kann man wiederum verschiedene Bauplantypen definieren, die den Klassen entsprechen. Aber je tiefer man in der systematischen oder taxonomischen Hierarchie steigt, umso kleiner werden die Unterschiede, umso willkürlicher wird die Auswahl der Merkmale, die einen Bauplan definieren, und umso häufiger tritt „konvergente Evolution“ auf. Und auf jeder der höheren taxonomischen Ebenen (bis hinunter zu den Familien oder gar Gattungen) ist man mit der Tatsache konfrontiert, dass man normalerweise nicht in der Lage ist, Abstammungsverhältnisse eindeutig zu begründen. Manche Biologen sind dazu übergegangen, nicht mehr von phylogenetischen Beziehungen zu sprechen, sondern von kladistischen. Diese bezeichnen rein beschreibend die hierarchische Gruppierungsstruktur der beobachteten Formen, ohne zunächst allfällige entsprechende Abstammungsbeziehungen zu postulieren. Übrigens geht der „normale“ Lebensbaum ja weitgehend auf Linnés vorevolutionistische Systematik zurück.

In die Systematik biologischer Arten einen Abstammungsbaum hineinzupinterpretieren ist also problematisch, und die Behauptung, die gemeinsame Abstammung aller bekannten Arten sei aufgrund der Systematik offensichtlich, trifft keineswegs die Realität.

8. Die Fossiliendokumentation

Falls Evolution einer geschichtlichen Tatsache entspricht, sollte man erwarten, dass die datierbaren Fossilien für die Konstruktion des „wirklichen“ Abstammungsbaumes zusätzliche Information liefern könnten, denn sie geben nicht nur Aufschluss über eine Vielfalt verschiedener Formen und deren geographische Verteilung, sondern auch über deren zeitliche Beziehung zueinander.

Tatsächlich zeigt der erste, grobe Überblick über die Fossiliendokumentation, dass einfachere Organismen früher auftraten als komplexere. Ob dies unbedingt im Sinne einer Höherentwicklung gedeutet werden muss, steht aber damit noch nicht fest. Viele einfache Lebewesen, z. B. einzellige Organismen, können sehr wohl ohne komplexere, sogenannte „höher entwickelte“ Arten leben, nicht aber die letzteren ohne die einfacheren. Sie brauchen sie als Sauerstoffproduzenten, Nahrungsquelle, interne Symbionten (Arten, die mit andern zum Vorteil beider in enger Verbindung zusammenleben, z. B. wir und unsere Darmbakterien) oder in anderer Weise. Mikroorganismen mussten zuerst Umweltbedingungen erzeugen, unter denen komplexere Arten erst leben konnten. Da nicht die ganze Biosphäre samt

ihrer ganzen geophysikalischen Umwelt in einem einzigen Augenblick erschaffen wurde, kann daher vernünftigerweise eine zeitliche Progression vom Einfachen zum Komplexeren erwartet werden – ganz unabhängig von der Frage, ob die komplexeren Organismen aus einfacheren entstanden seien. Das erste Leben muss auf jeden Fall aus Mikroorganismen bestanden haben.

Bis vor etwa 4 Milliarden Jahren konnten wegen des intensiven Meteoriten-Bombardements keine Organismen überleben, auch wenn sie schon früher aufgetreten sein sollten. In den knapp 3.8 Milliarden Jahre alten Isua-Gesteinen in Grönland hat man mikroskopische, kohlenstoffhaltige Objekte gefunden, die als fossile Mikroorganismen interpretiert worden sind, doch sind diese Einschlüsse möglicherweise nicht biologischen Ursprungs. In präkambrischen Sedimentgesteinen sind viele mikroskopische Strukturen gefunden worden, die auf nichtbiologische Weise entstehen konnten, so dass viele der alten vermuteten Mikrofossilien noch nicht als gesichert gelten können. Die 3.5 Milliarden Jahre alten Stromatolithen (versteinerten mikrobiologischen Ablagerungen speziell geschichteter Struktur) in Südafrika hält man aufgrund ihrer Ähnlichkeit mit heutigen auch für mikrobiologisch erzeugt. Bei 2.7 Milliarden Jahre alten Stromatolithen in Westaustralien glaubt man aufgrund des geochemischen Umfeldes sogar auf Sauerstoff produzierende, also biochemisch komplexere Mikroorganismen schließen zu dürfen. Das Auftreten vermutlicher Cyanobakterien und eventuell sogar makroskopischer Algen vor 2 Milliarden Jahren fällt mit einem wesentlichen Anstieg des Sauerstoffgehalts der Atmosphäre zusammen. Vereinzelt Mikrofossilien, die man als eukaryontische (zellkernhaltige) Einzeller interpretiert, sind ca. 1.0–1.4 Milliarden Jahre alt. Die ersten eindeutigen Fossilien vielzelliger Organismen treten aber erst mit der ediakarischen Fauna vor 580 Millionen Jahren auf. Mit dem Kambrium, ab 545 Millionen Jahren, erscheinen dann in großer Artenvielfalt fossile Organismen mit harten Außenskeletten, die dadurch auch besser erhalten geblieben sind.

Eine 1967 erschienene ausführliche Übersicht der Geologischen Gesellschaft von London über 2700 Gruppen von Fossilien (meist auf der taxonomischen Ebene der Familie) zeigt nun aber keineswegs einen Lebensbaum – oder auch nur Teile eines solchen –, sondern eine Vielzahl voneinander anscheinend unabhängiger Abstammungslinien. Diese bestehen aus allen bekannten Fossilien der betreffenden Familie (oder seltener Gattung), von ihrem frühesten Auftreten bis zu ihrem Verschwinden aus der Fossilienokumentation – oder bis heute –, und erstrecken sich oft über Dutzende oder gelegentlich gar Hunderte von Jahrtausenden. Nur bei 5 % der Abstammungslinien ist angegeben, wo man ihre Vorfahren vermutet. Ein statistischer Test dieser Abstammungsangaben zeigt aber, dass sie entweder weitgehend spekulativ sind oder sich auf taxonomisch zu hoch eingestufte

Übergänge konzentrieren. Dies könnte bei den Ammoniten und Nautiloiden (Gruppen von ausgestorbenen Tintenfischen) der Fall sein: handelt es sich bei diesen Fossilien wirklich um Dutzende von Familien verschiedener Ordnungen oder um verschiedene Formen derselben zwei Familien oder gar Gattungen? Würden die Hunderassen, die offenbar alle derselben Art angehören, vielleicht in eine Reihe verschiedener Gattungen oder gar Familien eingeordnet, wenn man nur aufgrund vereinzelter Fossilien von ihnen wüsste?

Auch bei den Fossilien findet man also keinen Stammbaum, sondern nur eine Vielfalt von Abstammungslinien, die sich oft praktisch unverändert über sehr lange Zeiträume erstrecken. Sie tauchen unvermittelt, ohne irgendwelche erkennbaren Vorläufer auf und verschwinden oft ebenso plötzlich wieder. Auch neuere Zusammenfassungen haben an dieser Sachlage nichts geändert. Die vereinzelt Übergangsformen, welche immer wieder angeführt werden, stellen ein ungenügendes Beweismaterial dar. Der berühmte Urvogel Archäopterix z. B. weist eindeutig vogelartige Merkmale auf, neben anderen, die eher reptilartig sind. Der wesentliche Punkt ist jedoch die Tatsache, dass seine nächsten Verwandten unbekannt sind. Dieser Urvogel ist vorläufig weder mit andern Vögeln noch mit Reptilien durch irgendwelche Übergangsformen verbunden. Von beiden ist er vermutlich durch viele Makroevolutionsschritte getrennt (dieser Begriff wird im Abschnitt 10 definiert werden).

Darwin war der Ansicht, die Evolution gehe durch sehr viele kleine Schritte praktisch kontinuierlich vor sich. Die Erwartung, man werde normalerweise Abstammungsreihen finden, die sich kontinuierlich verändern, jedoch die einzelnen Fossiliengruppen nicht eindeutig gegeneinander abgrenzen können, hat sich nicht bewahrheitet. Das heute äußerst umfangreiche Fossilienmaterial spricht klar dagegen. Die einzige Voraussage des Darwinismus, die einigermaßen überprüft werden kann, der „Gradualismus“, ist damit widerlegt.

In neuerer Zeit hat sich daher ein wesentlich anderes Konzept durchgesetzt, das 1972 vorgeschlagene Modell der „unterbrochenen Gleichgewichte“ (punctuated equilibria). Es besagt, eine Art bleibe normalerweise, abgesehen von unbedeutenden Schwankungen, über lange Zeit konstant oder ändere sich nur wenig. In gewissen Extremsituationen trenne sich aber eine sehr kleine Teilpopulation (vielleicht nur ein Dutzend Individuen) von ihrer Stamm-Art, wandle sich dann sehr schnell in eine wesentlich verschiedene Form um, die sich schließlich als eine neue, wieder stabile Art etablieren könne. Das plötzliche Auftauchen eines großen Artenreichtums neuer Formen zu gewissen Zeiten der Erdgeschichte, wie zu Beginn des Kambriums oder des Tertiärs, beschreibt man als „Radiation“ und denkt dabei an ein

sehr rasches Aufspalten und Ausfächern einer bisherigen Gruppe in viele neue Formen. Dies wäre durch eine Öffnung einer Vielfalt neuer ökologischer Nischen (Lebensräume) ermöglicht worden, z. B. aufgrund des Aussterbens der Saurier am Ende der Kreidezeit. Abgesehen von äußerst seltenen Glücksfällen erwartet man bei diesem Modell der unterbrochenen Gleichgewichte kaum, fossile Übergangsformen zu finden, da die Übergänge in sehr kleinen Populationen und über geologisch sehr kurze Zeiten stattgefunden haben müssten. Unglücklicherweise entzieht sich damit diese Hypothese, die durch die Fossiliendokumentation erzwungen worden ist, praktisch jeglicher Möglichkeit der Prüfung.

Wenn man zum vornherein an eine Evolution glaubt, kann man natürlich versuchen, die Fossiliendokumentation so zu interpretieren. Die Fossilien selbst aber legen, im Gegensatz zu den Erwartungen DARWINS, eine evolutive Interpretation ebensowenig nahe wie die Systematik lebender Formen.

9. Molekularbiologische Evolution

Da eine solide Begründung der Evolution an der Zweideutigkeit aller Ähnlichkeiten scheitert, solange man den Selektionsdruck der Umwelt auf nützliche Funktionen nicht ausschließen kann, möchte man versuchen, die Plausibilität der Evolution anhand möglichst vollständig bekannter Strukturen oder Mechanismen aufzuzeigen, bei denen die Funktionalität von Grund auf verstanden wird und daher der Selektionsdruck beurteilbar sein könnte. Zu diesem Zweck muss man sich der Molekularbiologie zuwenden. Da der Informationsfluss von der DNS, welche den Mutationen unterworfen ist, zu den Proteinen, an denen die natürliche Selektion angreift, heute in den Grundzügen bekannt ist, können gewisse Aspekte der Evolution hier im Prinzip direkt untersucht werden.

Die Tatsache, dass aus der Struktur vieler Makromoleküle ein mit dem akzeptierten Schema ungefähr übereinstimmender Stammbaum abgeleitet werden kann, darf erst dann als bestätigende Evidenz gewertet werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Ähnlichkeiten zwischen diesen Makromolekülen nicht mit den morphologischen (körperlichen) Ähnlichkeiten zwischen den betreffenden Arten zusammenhängen – und die Unterschiede mit den Unterschieden. Der springende Punkt ist auch hier wieder: welche Aspekte der Sequenzähnlichkeiten müssen auf den Selektionsdruck der Umwelt für eine bestimmte Funktion zurückgeführt werden? Entsprechende Funktionen ähnlicher Arten müssen notwendigerweise ähnlicher sein als diejenigen von stärker voneinander verschiedenen Arten. Und welche Sequenzunterschiede sind mit Funktionsunterschieden zwischen zwei verglichenen Arten verbunden? Unabhängig von Abstammungsbeziehungen, allein aufgrund der Funktionsanforderungen, ist beispielsweise zu

erwarten, dass das Hämoglobin des Pferdes demjenigen der Maus ähnlicher ist als demjenigen eines Fisches, der ja unter Wasser atmet. Als unabhängige Indizien könnte man höchstens Vergleiche von Merkmalen zählen, die nachgewiesenermaßen voneinander unabhängig sind. Aber wie soll eine solche Unabhängigkeit in irgendeinem konkreten Fall gezeigt werden können? Genau wie bei den scheinbar nutzlosen Merkmalen muss man auch bei Paaren scheinbar voneinander unabhängiger Merkmale zunächst einmal annehmen, es könnte noch eine Abhängigkeit existieren, die man bisher nicht entdeckt hat.

Damit bleibt aber die ganze Systematik, einschließlich der molekularbiologischen Funktionen, grundsätzlich irrelevant für eine allfällige phylogenetische Verwandtschaft. Sie kann nicht zur Stützung von Abstammungsvermutungen verwendet werden.

Aber gibt es nicht bestimmte Einzelheiten der DNS-Struktur, welche keinem Selektionsdruck unterworfen sind und daher Aufschluss geben könnten über die Evolution? Da die chemischen Eigenschaften einer doppelsträngigen DNS von der Basensequenz praktisch unabhängig sind (abgesehen von geringfügigen Einflüssen wie demjenigen des mittleren Gehalts an GC-Paaren), sollten die DNS-Sequenzen auch keinem direkten Selektionsdruck ausgesetzt sein, obwohl die Proteine, deren Sequenz in dieser DNS codiert ist, unter Selektionsdruck stehen. Da fast alle Aminosäuren mehrere synonyme Codons haben (bis 6), kann dieselbe Aminosäuresequenz durch sehr viele verschiedene Nukleotidsequenzen codiert werden. Zudem wird bei den Eukaryonten ein beachtlicher Anteil der DNS nicht in Proteine übersetzt. Sind diese nicht übersetzten Sequenzen und die Codon-Auswahl für eine gegebene Aminosäure frei vom Druck der Umwelt, so dass sie beliebig evolvieren können, ohne die Funktionen des Organismus zu beeinflussen? Und trifft dies nicht auch für gewisse Aminosäurepositionen in den Proteinen zu, welche offenbar ohne Funktionseinbuße in verschiedenen Organismen verschieden besetzt sein können? Wer hoffen würde, den phylogenetischen Baum auf diese Weise entziffern zu können, müsste sich jedoch vorläufig enttäuschen lassen.

Die Aspekte der DNS-Sequenzen, die man zunächst als funktionslos ansah, sind dies mindestens in sehr vielen Fällen nicht. Zwar ist man erst daran, die Funktionen vieler nicht übersetzter DNS-Sequenzen zu erforschen, aber man kann dennoch bereits manches über strukturelle Merkmale einer DNS aussagen, selbst wenn ihre Funktion noch unbekannt ist. Ein funktionsloses DNS-Stück müsste durch Mutation bald in einen Zustand völlig zufälliger Sequenz übergehen. Zwei von der gleichen Ahnensequenz abstammende Sequenzen müssten in funktionslosen Teilen eine ungehinderte, divergierende Evolution zeigen. Synonyme Codons müssten beliebig austauschbar

sein. Diese Erwartungen können in manchen Fällen statistisch getestet werden, wobei sich normalerweise zeigt, dass die als funktionslos vermuteten Strukturen nicht den Zufallserwartungen entsprechen, also unter einem Selektionsdruck stehen müssen und nicht funktionslos sein können. Dies wurde für viele nicht übersetzte Nukleinsäuresequenzen und bisher immer für die Codonauswahl gefunden.

Die Regeln für die Auswahl alternativer Codons für eine gegebene Aminosäure scheinen einerseits für den mittleren GC-Gehalt des Gens und andererseits für die funktionelle Klasse des Proteins charakteristisch zu sein, weniger für die biologische Art des Organismus. Sie könnten z. B. etwas mit der Zelldifferenzierung und ihrer Regulation im Wachstumsverlauf eines Organismus zu tun haben. Zellen verschiedener Gewebe haben dasselbe Genom, produzieren aber oft sehr unterschiedliche Auswahlen an Proteinen, entsprechend ihrer spezifischen Funktion. Alle nicht gebrauchten Gene werden „abgeschaltet“. Die Produktionsgeschwindigkeiten der benötigten Proteine jedoch könnten zum Teil mittels Codonauswahl und tRNS-Häufigkeiten moduliert werden.

Alternative Aminosäurebesetzungen bei Proteinen gleicher Funktion in verschiedenen Organismen oder in verschiedenen Organen desselben Organismus hängen in vielen Fällen nachgewiesenermaßen mit ihrer leicht unterschiedlichen Aufgabe im unterschiedlichen physiologischen Umfeld zusammen.

Aber sogar gleiche Aminosäurebesetzungen sind noch nicht ohne weiteres ein Beweis für gemeinsame Abstammung. Die Sequenzen einer Reihe von entsprechenden Proteinen von Mensch und Schimpanse sind zu über 99 % identisch. Folgt daraus sofort eine entsprechend nahe Verwandtschaft? Nein, man schloss daraus, dass diese Ähnlichkeit – gerade weil sie so groß ist – nur sehr beschränkt verwendet werden kann für die Beurteilung der Entwicklung aus einem gemeinsamen Vorfahren. Die Unterschiede zwischen den beiden Arten auf der Ebene des Gesamtorganismus sind so beachtlich, dass für die wesentlichen Schritte in ihrer Evolution andere Veränderungen postuliert werden müssen, z. B. regulatorische Mutationen. Solche Mutationen, welche Regulationsmechanismen in komplexen Vorgängen wie Replikation, Enzym- und Hormonsynthese, Zellteilung oder anderem verändern, betreffen einen Bereich, der noch sehr unvollständig erforscht ist. Die Ähnlichkeiten im Bereich der makromolekularen Sequenzen müssen daher normalerweise darauf zurückgeführt werden, dass diese Moleküle in den beiden Arten die gleiche Funktion ausüben und daher unter einem ähnlichen Selektionsdruck stehen.

Makromolekulare Ähnlichkeiten sagen über eine eventuelle gemeinsame Abstammung genauso wenig aus wie äußerliche, morphologische Ähn-

lichkeiten. Es gibt also keinerlei zwingenden Hinweis darauf, dass eine Evolution wirklich stattgefunden hätte – nicht einmal in der Molekularbiologie. Wie steht es aber mit der theoretischen Möglichkeit einer biologischen Evolution?

10. Makroevolution

Ist eine durch Zufallsvorgänge verursachte biologische Evolution denkbar? Welches sind mögliche Mechanismen? Ein plausibler Evolutionsmechanismus ergibt sich durch Mutationen im Genom, welche Veränderungen in Struktur und Funktion des Organismus auf allen Ebenen zur Folge haben können, und die natürliche Selektion der tauglicheren Varianten. Verschiedenes Aussortieren von genetischem Material bei der geschlechtlichen Vermehrung und Übertragung zwischen verschiedenen Arten werden als zusätzliche Evolutionsmechanismen angesehen, sind aber für die Entstehung grundsätzlich neuer Strukturen und Funktionen in der Biosphäre gesamthaft betrachtet wohl von geringerer Bedeutung. Diese Mechanismen sind nicht nur möglich, sondern können auch experimentell nachgewiesen werden. Schwierigkeiten treten aber an zwei vielleicht unerwarteten Orten auf, nämlich beim Ausmaß bleibender Veränderungen und bei der Kombination unabhängiger Mutationen.

Jede Eigenschaft eines Organismus, die durch Mutation verändert werden kann, zeigt nur eine beschränkte Variabilität. Bestimmte Grenzwerte können nicht überschritten werden, ohne die Funktionstüchtigkeit des Organismus zu gefährden. Kleinste und auf der molekularen Ebene sehr einfache Veränderungen können tatsächlich beobachtet werden. Dass große, zusammengesetzte, komplexe Veränderungen nicht beobachtet werden können, erklärt man im allgemeinen dadurch, dass dazu viel zu lange Zeiträume nötig wären, weil sie vielstufig erfolgen müssten, so dass sie nicht einmal in einigen Jahrzehnten oder gar Jahrtausenden beobachtet werden könnten.

Der Mechanismus der Mikroevolution erlaubt eine Schätzung der möglichen Evolutionsgeschwindigkeiten. Diese könnten in der Größenordnung durchaus mit den aus den fossilen Abstammungsreihen geschätzten Veränderungsgeschwindigkeiten übereinstimmen (also innerhalb der „Gleichgewichte“). Eine Extrapolation dieser Evolutionsgeschwindigkeiten auf Übergänge zwischen höheren taxonomischen Ebenen aber führt zu Zeiträumen, die in der bekannten Geschichte mehrzelliger Organismen von knapp 600 Millionen Jahren beim besten Willen nicht unterzubringen sind. Sogar das Erdalter von 4.5 Milliarden Jahren ist um Größenordnungen zu kurz. Also kann die Makroevolution (falls es sie gibt) nicht allein durch Mikroevolution erklärt werden. Die Mikroevolution genügt auch nicht, die aufgrund der kleinen Populationszahlen in der Fossiliendokumentation

nicht sichtbare Bildung grundsätzlich neuer Arten zu erklären, welche man heute ausschließlich für die Gründung neuer Abstammungslinien (die „Unterbrüche“ zwischen den Gleichgewichten), und damit für die Makroevolution verantwortlich macht.

Die Evolutionstheorie nimmt an, dass die mikroevolutiven Veränderungen einer progressiven Evolution entsprechen, d. h. auf längere Sicht eine fortlaufende Verbesserung aller (oder vieler) Funktionen der betreffenden Organismen bewirken. Diese Annahme kann jedoch nicht belegt werden. Allenfalls kann man gelegentlich von progressiver Spezialisierung sprechen, die aber eine Art zunehmend unflexibel macht und damit verarmt und gefährdet.

Es wird postuliert, dass wesentliche funktionale Veränderungen durch Neukombination bereits bestehender Teilmerkmale zustande kommen können. Diese Möglichkeit der spontanen Komplexitätssteigerung in einer Hierarchie von Komplexitätsstufen durch Neukombination von Elementen einer niedrigeren Stufe ist größtenteils spekulativ. Sie braucht hier aber gar nicht untersucht zu werden, da bereits die Entstehung elementarer neuer Funktionen, z. B. kleiner Domänen eines Enzyms, durch Mikroevolution nicht plausibel gemacht werden kann.

Makroevolutionsschritte bedingen nicht nur einzelne Änderungen, sondern eine Kombination einer großen Zahl von koordiniert veränderten Merkmalen. Bakterienzüchtungs-Experimente in großen Fermentern zeigten, dass Verbesserungen viel zu selten auftreten. Der kombinatorische Raum der DNS-Sequenzen ist also viel zu spärlich mit Funktionen belegt. Veränderungen, die spezifische Kombinationen von mehr als einer einzigen Punktmutation bedingen, sind zu unwahrscheinlich, als dass damit gerechnet werden könnte. Eine bestimmte Mutation kommt im Mittel etwa einmal pro 10^9 replizierte Genome vor, die Kombination von zwei bestimmten Mutationen also einmal pro 10^{18} Replikationen, mit einem Fermenter von 1000 Litern vielleicht alle 40 Jahre einmal in einem einzigen Bakterium! Unabhängig voneinander nützen die an sich „richtigen“ Mutationen nichts, solange sie nicht als einzelne einen Vorteil erbringen, sondern nur dann, wenn sie zufällig gleichzeitig im gleichen Bakterium erscheinen. Ebenso zeigten Computersimulationen, dass Veränderungen verschiedener Merkmale unter einem äußeren Selektionsdruck nicht in beliebiger Zahl gleichzeitig vor sich gehen können, sondern normalerweise nur einzeln. Was dabei herauskommt, ist eben wieder vielstufige Mikroevolution mit Selektion auf jeder einzelnen Stufe, aber nie Makroevolution. Andere Mechanismen als diese mikroevolutiven kennt man aber nicht. Man kann somit die Makroevolution vorläufig nicht plausibel machen. Die Wahrscheinlichkeiten für die benötigten Übergänge sind um viele Größenordnungen zu klein.

Dass man von den kleinen Veränderungen der Mikroevolution auf große Veränderungen, also Makroevolution, extrapolieren dürfe, wird allgemein als selbstverständlich angenommen. Allerdings ist es sonst in der Naturwissenschaft durchaus nicht üblich, Beobachtungen über mehrere Größenordnungen hinaus zu extrapolieren. Der Schluss von der Mikro- auf die Makroevolution ist unzulässig, wenn er nicht ausdrücklich begründet werden kann. Solange dies nicht geschehen ist, stellt sich dann aber die Frage, ob Mikroevolution überhaupt etwas mit Evolution zu tun hat, oder ob es sich bei diesen beobachtbaren kleinen Veränderungen nicht einfach um einen Mechanismus zur Erreichung einer gewissen Variabilität und Anpassungsfähigkeit biologischer Arten handelt. Bei Mikroorganismen sind auch biochemische Regulationsvorgänge bekannt, die ohne irgendwelche Mutationen ganz erhebliche Veränderungen bewirken, und Mikroevolution macht sie noch flexibler. Alle lebenden und fossilen Familien, ja oft sogar Gattungen sind so eindeutig voneinander abgegrenzt, so dass man das Modell der „unterbrochenen Gleichgewichte“ aufstellen musste, das alle Übergänge und Vorgänge der Entstehung neuer Gruppen ins Reich der normalerweise nicht überprüfbaren Spekulation verweist.

11. Überlappende Gene

Im Falle überlappender Gene ist eine molekulare Evolution noch viel erstaunlicher. Aufgrund der Ähnlichkeit der Bakterienviren Φ X174 und G4 beispielsweise nimmt man an, sie stammten von einem gemeinsamen Vorfahren ab. Die Genomstruktur und 70 % der 5386 Nukleotide ihrer einsträngigen, ringförmigen DNS sind identisch. Beide codieren die gleichen 11 Proteine, und zwar in derselben, teilweise überlappenden Art. 808 Nukleotide finden in verschiedenen Leserastern überlappend für zwei und 5 weitere Nukleotide gar für drei verschiedene Proteine Verwendung.

Für eine Untersuchung ihrer Evolution kann man die Anzahl Nukleotidunterschiede zwischen den beiden Genomen in den überlappenden und nicht überlappenden Anteilen derselben Gene vergleichen. Die Gene A, C und D haben nicht überlappende Regionen von 1093, 168 und 178 Nukleotiden und mit den Genen B, K und E überlappende Regionen von 448, 89 und 276 Nukleotiden. Da die Genüberlappungen die Evolution der Proteine äußerst stark einschränken müssen, erwartete man, in den überlappenden Regionen praktisch keine Sequenzunterschiede zwischen Φ X174 und G4 zu finden, jedenfalls sehr viel weniger als in den nicht überlappenden Regionen. Diese Voraussage hat sich als falsch erwiesen: 178 Nukleotide (22 %, von 19 bis 26 %) der überlappenden Regionen sind verschieden, gegenüber 466 Nukleotiden (32 %, von 31 bis 37 %) der nicht überlappenden Regionen! Aufgrund der vorgängigen Evolutionsannahme konnten die Entdecker die-

ses Sachverhalts einzig zur Schlussfolgerung gelangen, die Sequenz der Proteine B, K und E (die in ihrer ganzen Länge mit den anderen Genen überlappen) sei mehr oder weniger beliebig, also fast funktionslos. Diese willkürliche Ad-hoc-Hypothese könnte geprüft werden. Im Falle der Proteine A, A* (das A im gleichen Leseraster überlappt) und E wurde seither gezeigt, dass sie keine allzu tiefgreifenden Modifikationen ertragen. A, eine spezifische Endonuklease (DNS-spaltendes Enzym), ist bei der Replikation der Viren-DNS notwendig; A* erhöht die Virenproduktion; E ist für die Auflösung des Wirtsbakteriums nach der Virenvermehrung verantwortlich. Überlappende Gene wurden seither in vielen anderen Fällen gefunden. Besonders bei den Viren sind sie sehr verbreitet.

Welch unerhörte Zumutung der Glaube an eine Evolution überlappender Gene darstellt, kann man sich anhand eines Modells vor Augen führen. Die 4 Nukleotidarten des Genoms können durch Ziffern dargestellt werden, die 20 Aminosäuren durch Buchstaben und der Polypeptidkettenabbruch durch die Leerstelle (mit einem Stopcodon wird die Aminosäuresequenz beendet). Man konstruiere nun einen „genetischen Code“, indem man jedem der 64 Triplets 000, 001, ... 333 einen von 20 Buchstaben oder die Leerstelle zuordnet. Wenn die Verteilung dem biologischen Code entsprechen soll, erhalten 3 Buchstaben je 6 Codons, 5 erhalten 4, einer erhält 3, 9 erhalten 2, 2 erhalten eines und die Leerstelle 3 (Stopcodons; 6–7 Leerstellen-Codons ergäben etwa die für die deutsche Sprache typische mittlere Wortlänge). Um eine „Nukleotidsequenz“ zu konstruieren, die zu einem sinnvollen Satz übersetzt wird, braucht man einfach diesen Satz unter Verwendung irgendwelcher möglicher Codons zurückzuübersetzen. Aber man versuche einmal, eine „Nukleotidsequenz“ von 813 Nukleotiden zu konstruieren, die in zwei verschiedenen Leserastern jeweils sinnvolle Sätze ergibt! Die beiden voneinander völlig verschiedenen Texte werden je 270 oder 271 Buchstaben und Leerstellen enthalten, also etwa 4 Zeilen. Wer es unternimmt, sich an dieser Denksportaufgabe zu messen (selbst mit Computerhilfe), wird danach seine Zweifel daran haben, ob eine Symbolsequenz, deren Konstruktion einem Homo sapiens mit allem Scharfsinn wahrscheinlich nicht gelingt, durch Zufallsevolution entstehen könnte.

Aber dies ist erst der Beginn der Schwierigkeiten! Die gefundene „Nukleotidsequenz“ kopiert man nun und unterwirft beide Kopien, die einem Teil des „genetischen Materials“ zweier Organismen entsprechen, einem Mutationsprozess. Zufällig ausgewählte Nukleotide werden durch zufällig gewählte andere Nukleotide ersetzt, wobei eine Mutation nur dann akzeptiert wird, wenn die in beiden Leserastern übersetzten Texte wieder grammatikalisch korrekt und mindestens so sinnvoll sind wie vor der Mutation. Dieser Prozess wird so lange fortgesetzt, bis sich die beiden „Genomstücke“ durch die Mutationen an 178 Stellen voneinander unterscheiden. Ist die Evolution

überlappender Gene wirklich plausibel? Die einzige Alternative aber ist es, die Ähnlichkeit verschiedener Genome nicht einer gemeinsamen Abstammung, sondern gemeinsamen Funktionen oder Bedürfnissen zuzuschreiben, also einem ähnlichen Selektionsdruck. Über die Abstammung weiß man aber dann nichts, für die Herkunft der biologischen Information bei überlappenden Genen hat man keinerlei Erklärung.

12. *Neue Gene und positive Mutationen*

Ein weiteres, gravierendes Problem mit dem neodarwinschen Evolutionskonzept ist die Frage nach dem möglichen Rohmaterial für eine progressive Evolution: neues Genmaterial und positive Mutationen. Zunächst braucht es frei verfügbares DNS-Material. Für eine zu höheren, komplexeren Organismen fortschreitende Evolution muss immer wieder neue DNS zur Verfügung gestellt werden. Dafür macht man Verdopplungen von DNS-Stücken verantwortlich. Die einfachsten Einzeller sind haploid, enthalten also nur eine einzige Kopie des Genoms. Wenn nun ein nicht verdoppeltes, lebensnotwendiges Gen eines solchen Organismus so mutiert wird, dass es ein unbrauchbares Protein codiert, stirbt die betroffene Zelle, und das defekte Gen verschwindet. Die natürliche Selektion sorgt also dafür, dass die Gene in der Population intakt bleiben. Höhere Organismen sind diploid, mit doppeltem Chromosomensatz, und vermehren sich geschlechtlich. Hier ist der Vorgang etwas komplexer, aber auf längere Sicht ist das Resultat dasselbe. Unter bestimmten Voraussetzungen kann nun ein abnormaler Replikationsvorgang ein Stück des Genoms fälschlicherweise zweimal replizieren, so dass gelegentlich ein oder mehrere Gene in einem Tochter-Genom verdoppelt sind. In einer zweiten Kopie eines Gens können sich aber beliebig viele Mutationen anhäufen, ohne dass dies dem Organismus schaden würde: er braucht ja ein eventuelles Übersetzungsprodukt dieses mutierten Gens gar nicht. Sollte aber ein solches unnötiges Protein plötzlich einmal zufällig eine nützliche Funktion aufweisen, so würde diese nun ebenfalls der natürlichen Selektion unterliegen, und die Evolution wäre um einen Schritt weiter gekommen.

Sind solche vom Selektionsdruck frei gewordenen Genkopien aber wirklich vorhanden? Da große Anteile der eukaryontischen Genome nicht für Proteine codieren und die Gene oft lange Introne enthalten (überschriebene, aber nicht übersetzte Sequenzen zwischen den Exonen, die übersetzt werden), nimmt man heute allgemein an, „freie“ DNS stünde im benötigten großen Ausmaß zur Verfügung. Da aber laufend neue Funktionen solcher DNS-Bereiche entdeckt werden, ist nicht bekannt, ob diese Annahme wirklich zutrifft. Sollte sie sich nicht bestätigen, würde dies die Gelegenheiten für eine eventuelle Evolution neuer Funktionen stark einschränken.

DNS-Sequenzen, die in einem Genom in mehreren Kopien vorkommen, können durch Nukleinsäuren-Hybridisierung (Komplexbildung zwischen Einzelsträngen) nachgewiesen werden, auch wenn sie sich geringfügig voneinander unterscheiden. Sie sind recht häufig. Für die meisten Fälle ist aber wahrscheinlich die Anforderung der freien Verfügbarkeit nicht erfüllt. Unter der Annahme einer gemeinsamen Abstammung ähnlicher Arten müssten solche Sequenzen im Mittel mehr Artunterschiede aufweisen als Gene, die nur in einer einzigen Kopie vorkommen. Da dies bei bestimmten Gruppen von „wiederholten“ Sequenzen nicht der Fall ist, schloss man, auch diese stünden unter Selektionsdruck, übten also eine nützliche Funktion aus. Hier beweist die Ähnlichkeit keine gemeinsame Abstammung.

Gewisse Sequenzen hybridisieren mit bekannten Genen, unterscheiden sich aber von ihnen in kritischen Details. So enthält manchmal die Kopie eines Gens ein Stopcodon mitten in einem Exon, so dass keine volle Übersetzung möglich ist, oder es fehlen die Introne. Man nennt solche genähnlichen Sequenzen Pseudogene. Es gibt aber Pseudogene, welche nachgewiesenermaßen als variable Bausteine für funktionierende Gene dienen, also nicht überflüssig sind.

Bakterien-Genome sind weitgehend frei von Intronen und besitzen auch zwischen den Genen nur wenig „freie“ DNS, so dass sich hier beim heutigen Stand der Kenntnisse das Problem in besonders akuter Form stellt. Die vollständige Nukleotidsequenz des Genoms des „Standard“-Bakteriums *Escherichia coli* wird wohl in wenigen Jahren verfügbar sein, so dass dann diese Frage genauer untersucht werden kann. Es enthält 4.7 Millionen Basenpaare in einem einzigen Ring. Über 1400 Gene sind bereits identifiziert und lokalisiert, ein Drittel des Genoms mit über 1200 Genen sequenziert. Man erwartet, mindestens weitere 2000 Gene zu finden. Ein zusammenhängendes Stück von 91 400 Nukleotidpaaren wurde voll sequenziert; es enthält 92 Gene. Höchstens 2.3 % dieser Sequenz wird möglicherweise nicht benützt. Da jede DNS-Synthese biochemische Energie verbraucht, wäre nach dem Evolutionsmodell zu erwarten, dass überflüssige DNS nicht beibehalten, sondern durch den Selektionsdruck eliminiert würde. Diese Tendenz eines unter Selektionsdruck stehenden Replikons konnte an einem einfachen Modell, der zellfreien Replikation einer Bakterienvirus-RNS durch ihre spezifische Replikase, nachgewiesen werden, indem dabei die replizierte RNS im Laufe der „Generationen“ immer kürzer wurde, da in diesem Fall außer der Replikase-Erkennungssequenz keine der Virus-Funktionen benötigt wird.

Für eine konstruktive Evolution müssen außerdem positive Mutationen auftreten, so dass die Funktion eines Makromoleküls allenfalls schrittweise verbessert werden kann. Eine solche Mutation ist (abgesehen von der Um-

kehr einer vorangegangenen Negativmutation) noch nie nachgewiesen worden. Sind alle heutigen biologischen Systeme durch die lange bereits durchlaufene Evolution optimal an ihre jeweilige Umwelt angepasst, so dass sie nicht mehr verbessert werden können? Auf jeden Fall könnte wieder eine optimierende Evolution einsetzen, wenn sich die Umwelt ändert. Als „positive“ Mutation in diesem Sinne werden meist die Schwarzfärbung des Birkenspanners und die Antibiotikaresistenz von Bakterien genannt. Diese beiden Paradebeispiele sollen kurz beschrieben werden.

Mit der industriellen Luftverschmutzung in England wurden die früher weißen Birkenstämme, auf denen sich der Birkenspanner aufhält, schwarz, und der Birkenspanner vollzog diesen Farbwechsel nach, indem die farblich schlecht angepassten Insekten häufiger von Vögeln entdeckt und gefressen wurden. Später verminderte sich die Luftverschmutzung wieder und Birkenstämme und Birkenspanner wurden wieder heller. Da aber keinerlei Anhaltspunkte dafür bestehen, dass das genetische Potential des Birkenspanners sich überhaupt veränderte und nicht schon vor der Industrierevolution verschiedene Farbtöne erzeugen konnte (u. U. in verschiedenen, kreuzbaren Stämmen), sagen diese Beobachtungen nichts über mögliche Mutationen oder gar Evolution aus, sondern nur etwas über die Selektion verschiedener Varianten, die unbestritten ist.

Als man in der Medizin immer häufiger Antibiotika gegen Krankheitserreger einzusetzen begann, tauchte in Spitälern Resistenz gegen dieses oder jenes Antibiotikum auf – offensichtlich eine für die Bakterien in einer neuen Umwelt vorteilhafte Eigenschaft. Die Erforschung der Resistenzmechanismen zeigte aber, dass es sich dabei um „ausgewachsene“ Enzymsysteme zum Abbau der Antibiotika handelt, die unmöglich in einigen Jahren aus nichts entstehen konnten. Sie werden denn auch durch übertragenes genetisches Material (Plasmide) aus anderen Bakterien „importiert“. Auch hier sind es also bereits bestehende Kapazitäten, die aufgrund veränderter Bedingungen plötzlich selektiert werden. Ein anderer Mechanismus der Resistenz gegen schädigende Einwirkungen besteht darin, dass ein „kompensierender“ Schaden auftritt, d. h. eine andere, nur unter gewissen Bedingungen nachteilige Veränderung des eigenen Organismus, die zur Folge hat, dass der äußere Schadeneinfluss nicht mehr angreifen kann. Hierzu gehören Ribosomenänderungen, welche gewisse Antibiotika „unschädlich“ machen, und wahrscheinlich auch beim Menschen die erhöhte Malariaresistenz von Trägern der Sichelzellanämie in heterozygotem, d. h. genetisch verdecktem Zustand. Es ist offensichtlich, dass von progressiver Evolution keine Rede sein kann, wenn „der Teufel mit dem Beelzebub ausgetrieben“ wird.

Der Grund dafür, dass positive Mutationen auch bei Änderung der Umweltbedingungen offenbar nicht zu entdecken sind, liegt wahrscheinlich an

der komplexen Struktur auch der einfachsten biologischen Funktionen. Eine echte Verbesserung eines Makromoleküls würde die koordinierte Änderung einer ganzen Reihe von Besetzungen einer Sequenz gleichzeitig erfordern. Übergangsstufen jedoch, in denen nur ein Teil dieser Veränderungen realisiert ist, sind schlechter als die Ausgangs- und die Endkonfiguration oder gar nicht lebensfähig. Damit bleibt ein solcher Evolutionsweg für jede beliebige Reihenfolge von Zufallsmutationen ungangbar.

Der einzige Weg, auf dem ein Organismus diese Klippe umfahren könnte, wäre es, eine Serie von Einschnitt-Mutationen in einem überflüssigen Doppel eines Gens, einem Pseudogen, zu durchlaufen, das nachher das ursprüngliche Gen ersetzen könnte. Damit fällt natürlich während des ganzen Übergangs jeglicher Selektionsdruck weg. Mit wachsender Anzahl Schritte nimmt aber die Wahrscheinlichkeit eines spezifischen Übergangs sehr stark ab, so dass Wege, die auch nur drei spezifische Aminosäuren-Ersetzungen verlangen, nicht mehr zugänglich sind, selbst wenn man die gesamte Biomasse der Erde in Form von Bakterien, die kürzeste bakterielle Generationendauer und einige hundert Millionen Jahre für die zufällige Erzeugung dieser spezifischen kombinierten Veränderung in die Rechnung einsetzt. Für die kleinsten Einzelverbesserungen wären viel zu lange Zeiträume nötig. Dasselbe Problem tritt auf den höheren Ebenen der biochemischen Systeme, Zellen, Organe und Organismen natürlich wieder auf, bringt aber dort für die möglichen Evolutionswege wahrscheinlich noch sehr viel radikalere Einschränkungen mit sich, denn die Koordinationsanforderungen sind in einem komplexeren System wesentlich umfangreicher als in einfacheren.

Die progressive Evolution aufgrund der natürlichen Selektion von Zufallsmutanten erweist sich damit als ein Mythos, der vorläufig durch keinerlei Fakten gestützt wird, jedoch transastronomische Unwahrscheinlichkeiten gegen sich hat. Eine normale Deutung des gegenwärtig verfügbaren wissenschaftlichen Tatsachenmaterials müsste also zum Schluss führen, dass spontane Makroevolution wissenschaftlich nicht plausibel und ein allfälliger Beitrag der Mikroevolution zur Evolution völlig spekulativ ist.

13. Biologische Entstehung funktionaler Information

Im Abschnitt 3 wurde untersucht, wie funktionale Information präbiotisch entstehen könnte, also bevor Mikroevolutionsmechanismen existieren. Hier wird die gleiche Frage wiederholt, aber unter der Voraussetzung, dass Evolution funktioniert. Der Informationsgehalt des Genoms der einfachsten nicht parasitären Lebewesen, der Bakterien, entspricht 3000–4000 Genen für Enzyme oder andere Makromoleküle. Dass einfachere parasitäre Systeme bestehen, von den Viren bis zu den Mykoplasmen, ist in diesem Zusammen-

hang irrelevant, da sie autonome Lebewesen als Wirte brauchen. Diese müssen daher spätestens gleichzeitig mit ihnen entstanden sein. Ist die spontane Evolution neuer Funktionen plausibel?

Eines der kleinsten Enzyme ist mit etwa 100 Aminosäuren das Cytochrom c, das als Glied der Atmungskette der Energiegewinnung dient. Eine Analyse des Anteils der Aminosäuren der Cytochrom-c-Sequenz, der in allen bekannten Arten gleich oder chemisch ähnlich und daher vermutlich durch den Selektionsdruck fixiert ist, führte H. P. YOCKEY zu der noch eher zu optimistischen Schätzung, dass höchstens 2 von 10^{65} zufälligen Polypeptidsequenzen einem möglicherweise aktiven Cytochrom c entsprechen würden. Die Spekulation, dass ein „primitiveres“ Cytochrom c weniger anspruchsvoll sein und trotzdem eine „rudimentäre“ Cytochrom-c-Aktivität aufweisen könnte, weist YOCKEY als unglaublich zurück.

Entsprechende Analysen anderer Proteine, z. B. Ribonuklease, führen zum gleichen Resultat, während sogar individuelle Teilfunktionen von Proteinen wie Hämoglobin oder Lysozym mindestens 5 spezifische Aminosäurenbesetzungen bedingen, also über reine Zufallswege auch nicht zugänglich sind.

Natürliche Selektion einer neuen Funktion kann erst dann angreifen, wenn diese in einem gewissen minimalen Ausmaß bereits vorhanden, also rein zufällig, ohne jeglichen Selektionsdruck entstanden ist. Die spontane Entstehung neuer elementarer Funktionen, also echter neuer Information, bleibt vorläufig eine reine Glaubenssache. Sie ist mit den bekannten Evolutionsmechanismen extrem unwahrscheinlich. Wenn dies aber sogar für eine einzelne biologische Funktionalität zutrifft, rückt eine zufällige Evolution der einfachsten Lebensformen mit hunderten oder tausenden von koordinierten Genen in transastronomische Fernen.

Das Problem ist aber noch lange nicht gelöst, wenn einmal die erste lebende Zelle existiert. Die Genome der höheren Tiere und des Menschen könnten 1000 mal mehr Information enthalten als diejenigen der Bakterien. Die weit verbreitete Aussage, dass der Mensch „nur“ etwa 100 000 Gene besitze, basiert auf der fragwürdigen Annahme, dass der größte Teil der DNS bisher unbekannter Funktion wirklich funktionslos sei. Es ist auch kaum denkbar, dass die Koordination der Funktionen in den höheren Organismen nicht enorm viel komplexer wäre als bei den Bakterien. Wenn also aus Bakterien Menschen evolviert sein sollen, müssen nicht nur Tausende, sondern eher Millionen von Makroevolutionsschritten erfolgreich verlaufen sein, deren Erfolgsaussichten zudem wohl meist wesentlich kleiner wären als diejenige der Zufallsentstehung eines Cytochrom c. Die oft beschworene „Tatsache der Evolution“ setzt also einen geradezu wahnwitzigen Wunderglauben voraus.

Mit der Hypothese der spontanen Entstehung funktionaler Information in der Biologie versucht man im Grunde dasselbe, was man im Mittelalter mit der Konstruktion eines Perpetuum mobile versucht hat. Man will aus nichts etwas erhalten. Dass dieser Grundwiderspruch des Neodarwinismus den meisten Biologen und Evolutionstheoretikern nicht bewusst ist, mag verschiedene Gründe haben. Einmal wird die Tatsache, dass die Struktur der Umwelt die Art der natürlichen Selektion prägt, dahingehend ausgelegt, dass Information aus der Umwelt auf die selektierten Organismen übergeht. Dieser Gedanke ist zweifellos korrekt, aber die Bedeutung dieser Informationsübertragung wird um viele Größenordnungen überschätzt. Jedes Selektionsereignis braucht zur Fixierung viele Generationen, trägt aber nur einen Bruchteil eines Bits („binary digit“, entsprechend einem Ja/Nein-Entscheid) an Information bei. Zudem wird die heutige Umwelt eines Organismus maßgeblich durch sehr viele andere Organismen mitgeprägt, welche ihre Information auch irgendwoher erhalten haben müssen. Wenn man die Gesamtheit aller biologischen Organismen und ihrer Produkte gemeinsam in Betracht zieht, erscheint die Behauptung, all diese Information stamme aus der Umwelt, längst nicht mehr so einleuchtend. Es besteht keine logische Notwendigkeit, dass ein Gesamtsystem aller lebenden Organismen sich unbeding zu immer komplexeren Strukturen aufschaukeln müsste.

Ein zweiter Grund dafür, dass allzu leichtfertig an spontane Entstehung von Information geglaubt wird, ist die Verwechslung von Ordnung mit Organisation. Es gibt physikalische Systeme, in denen kleinste Zufallsschwankungen aufgrund eines ständigen Energieflusses spontan zu einer sichtbaren periodischen Ordnung auswachsen. In einem gleichmäßig von unten beheizten, mit Wasser gefüllten Gefäß entstehen z. B. wabenförmige Schlierenmuster. Es ist behauptet worden, dass solche Vorgänge die Entstehung von Ordnung aus Unordnung, und damit von Information aus nichts bewiesen. Mit biologischer Information haben solche periodischen Muster aber genausowenig zu tun wie Kristalle. Ein kristallartiges oder periodisches Muster enthält äußerst wenig Information. Organisation, anstelle von Ordnung, ist ein viel zutreffenderes Modell für biologische Information, setzt aber bei allen Systemen bekannter Herkunft einen Organisator voraus.

Periodische Muster können nur in einem weit vom Gleichgewicht entfernten System entstehen, dem ständig Energie zugeführt wird. In einem abgeschlossenen System kann die Information nicht erhöht werden, höchstens verloren gehen. Wasser kann nur abwärts fließen, was zu einem Niveau-Ausgleich führt, und damit zum Verlust einer allfälligen, durch Niveau-Unterschiede markierten „Information“. Wenn man aber Energie zuführt, kann man Wasser zwischen verschiedenen Gefäßen aufwärts pumpen und Niveau-Unterschiede erzeugen. Die Annahme, zur Erzeugung von biologischer Information genüge eine Energiezufuhr, trifft jedoch nicht zu.

Beim Wasserbehälter-Modell braucht es die von außen kommende Spezifikation der Pumpe und der Leitung, bevor die Energiezufuhr etwas nützt. Die Energiezufuhr produziert keine Information, sie erlaubt höchstens die Ausnützung bereits vorhandener Information. Die periodischen Schlierenmuster oder Kristalle enthalten nicht mehr Information als im physikalisch-chemischen Zustand des Systems vor der Musterbildung bereits vorhanden war.

Mit recht kurzen Computerprogrammen kann man äußerst komplexe Muster erzeugen, wenn der Algorithmus (Rechenablauf) rekursiv ist, d. h. sich selbst aufruft. Je nach dem Auflösungsgrad eines Mandelbrot-Sets („Apfelmännchen“) könnten tausende von Seiten für eine präzise, direkte, also nicht algorithmische Beschreibung nötig sein, obwohl der Erzeugungs-Algorithmus nur einige Zeilen umfasst. Das komplexe Muster enthält eine riesige Menge an Strukturen, aber nur äußerst wenig Information. Die kleine Menge an Information, welche der Algorithmus enthält, ist aber eine unabdingbare Voraussetzung für die Entstehung des komplexen Musters. Die spontane Erzeugung eines funktionierenden Computerprogramms jedoch, und sei es noch so einfach, ist noch nie nachgewiesen worden. Computerviren können sich zwar vermehren, falls ihnen ein Computer (also Energie) zur Verfügung steht, aber ihre Funktionalität (also Information) muss zuerst einmal programmiert worden sein.

Man hat versucht, Information zu messen, indem man wie in der Kommunikationstheorie einfach die Anzahl der vorhandenen Symbole zählt. Eine Kette von 50 Buchstaben kann natürlich viel mehr Information vermitteln als eine solche von 10 Buchstaben. Andererseits enthält eine fünffache Wiederholung einer nur 10 Buchstaben langen Meldung kaum mehr Information als diese selbst, obwohl der gesamte Text wieder 50 Buchstaben zählt. Eine Sequenz von 50 Buchstaben kann aber auch rein zufällig erzeugt werden oder durch alphabetisches Ordnen der Buchstaben. Sie enthält dann überhaupt keine Information. Aber auch eine sinnvolle, auf deutsch geschriebene Meldung aus 50 Buchstaben enthält für einen des Deutschen Unkundigen überhaupt keine Information. Er könnte höchstens eine wesentlich längere Meldung aufgrund einiger Abweichungen von der Gleichverteilung der Buchstaben von einer zufällig generierten Buchstabensequenz unterscheiden, wüsste aber auch dann noch nicht, ob nicht einfach der Zufallszahlengenerator manipuliert war.

Ein sinnvolles Maß für eine Informationsmenge wäre die Länge des kürzestmöglichen Algorithmus, der die vorgegebene Struktur erzeugt. Diese mathematisch an sich befriedigende Definition ist aber für die Simulation biologisch sinnvoller Modelle nicht brauchbar, denn es ist im allgemeinen weder möglich, nachzuweisen, dass ein gegebener Algorithmus der kür-

zestmögliche ist, noch dass eine „Sprache“ existiert, welche die gegebene Information sinnvoll verwenden kann.

Die Länge einer Symbolsequenz (z. B. einer DNS) ist wohl ein Maß für die höchstens darin speicherbare Information, nicht aber für die effektiv darin enthaltene. Wieviel Information darin wirklich gespeichert ist, hängt einerseits von den Regeln der verwendeten „Sprache“ ab, andererseits von der vorgängigen Codierung einer bestimmten, „sinnvollen“ Meldung gemäß diesen Sprachregeln. Im biologischen Zusammenhang ist eine Meldung sinnvoll, wenn sie im betreffenden Organismus „lesbar“ ist und zu einer nützlichen Funktion führt. Das maximale Informationspotential ist durch die Länge des Genoms gegeben, die Menge an Sinninformation hingegen ist nicht direkt ersichtlich, sondern ist bestenfalls aufgrund des biologischen Funktionierens des Organismus rückschließend erkennbar.

Aus diesem Grund ist der darwinsche Slogan vom „Überleben der Tauglichsten“ beim gegenwärtigen Stand der Kenntnisse völlig nutzlos. Er sagt nicht mehr aus als „die Überlebenden überleben“, denn die Tauglichkeit kann nur aufgrund des tatsächlichen Überlebens ermittelt werden, nicht im voraus. Daher ist auch die darwinsche Evolutionstheorie wissenschaftlich nicht brauchbar. Im Bereich der Makroevolution lassen sich ihre Aussagen nicht überprüfen und sind damit wissenschaftlich wertlos. Was auch immer beobachtet wird – im Rahmen der darwinschen Evolutionstheorie kann in jedem Fall eine „Erklärung“ dafür formuliert werden, genauso gut wie für gegenteilige Befunde. Diese Tatsache hat den Wissenschaftsphilosophen K. R. POPPER dazu geführt, die Evolutionstheorie nicht als eine wissenschaftliche Hypothese anzuerkennen, sondern bestenfalls als ein „metaphysisches Forschungsprogramm“. Sie ist gerade deshalb metaphysisch oder pseudowissenschaftlich, nicht aber wissenschaftlich, weil sie grundsätzlich nicht widerlegt oder „falsifiziert“ werden kann. Allerdings muss beigefügt werden, dass Popper später unter dem Druck des biologischen Establishments seine unbequeme Aussage zurückgezogen hat. Aber wieviel dies zu bedeuten hat, bleibt fraglich; auch G. GALILEIS Rückzieher vor der erst kürzlich widerrufenen Verurteilung durch die päpstliche Inquisition bedeutete ja nicht, dass die Erde tatsächlich still stehe.

D. Philosophische Schlussbetrachtungen

In einzelnen neueren Veröffentlichungen sind die grundsätzlichen Unzulänglichkeiten des neodarwinschen Evolutionsmechanismus für die Makroevolution erkannt und klar ausgesprochen worden. Doch bleiben diese Aussagen nach wie vor auf eine Art wissenschaftliches Ghetto beschränkt. Es herrscht eine strenge Zensur, und zwar nicht nur für offensichtlich unwissenschaftliche Beiträge. Kein führender Wissenschaftler oder Redaktor

einer respektablen Zeitschrift will seinen Ruf aufs Spiel setzen, indem er riskiert, des „Kreationismus“ bezichtigt zu werden. Diese Anklage ist sogar schon Kritikern widerfahren, welche weder etwas von Schöpfung erwähnt, noch die „Tatsache“ der Evolution bezweifeln haben! Aufgrund eines sich fälschlicherweise „wissenschaftlich“ nennenden Kreationismus ist das wissenschaftliche Establishment gegenwärtig überempfindlich und manchmal nicht objektiv.

Natürlich gibt es eine Art von „methodischem Atheismus“ in der Wissenschaft, indem sie sich freiwillig (und notgedrungen!) auf rein natürliche Erklärungen beschränkt. T. S. KUHN'S Modell des „Paradigmenwechsels“ postuliert zudem, dass man auch eine mangelhafte Erklärung so lange beibehalte, bis eine bessere gefunden sei. Aber die Aufrichtigkeit verlangt dennoch, die bekannten Mängel eines Paradigmas, hier der vorliegenden neodarwinischen Erklärung, offen zuzugestehen. Und diese Ehrlichkeit fehlt weitgehend, insbesondere in Lehrbüchern, in journalistischen und anderen popularisierenden Veröffentlichungen. Man ist höchstens bereit, einzugehen, dass man noch nicht alle Details erforscht habe, betont aber gleichzeitig, die „Tatsache“ der Evolution könne keinesfalls mehr angezweifelt werden, die neodarwinische Erklärung sei weitgehend erfolgreich, und es sei keine alternative wissenschaftliche Hypothese in Sicht. Die Biologen versuchen, durch Verfeinerungen, Zusatzhypothesen, Berücksichtigung eventuell noch nicht beachteter Einflüsse, Neuformulierungen usw. doch noch einen plausiblen neodarwinischen Makroevolutionsmechanismus zu finden, enden aber jedesmal wieder bei der bloßen natürlichen Selektion zufällig entstandener Mutanten. Mathematiker haben bisher vergeblich auf die Hoffnungslosigkeit dieses Unterfangens hingewiesen. Bezüglich möglicher Mechanismen einer Makroevolution herrscht heute unter den Fachleuten eine perfekte Ratlosigkeit. Es trifft also nicht zu, dass die Evolutionstheorie bis heute die einzige wissenschaftliche Erklärung des Lebens sei: wir haben überhaupt keine!

Muss also die Evolutionstheorie über Bord geworfen werden? Soweit es die Mikroevolution angeht, sicher nicht. Die Mechanismen, welche Genetik und Molekularbiologie erforscht haben, stehen im allgemeinen auf soliden Füßen. Allerdings ist es in diesem Zusammenhang trotz aller Veränderungen eindeutig irreführend, von Evolution zu sprechen. Bezüglich Lebensentstehung und Makroevolution hingegen kann die Frage ohne ein Zurückgreifen auf philosophische, weltanschauliche, religiöse Grundvoraussetzungen überhaupt nicht beantwortet werden.

Die Hauptschwierigkeit mit der Extrapolation von der speziellen auf die allgemeine Evolutionstheorie liegt immer wieder in der Frage nach der Herkunft der nötigen funktionalen Information. Dies ist solange kein

grundsätzliches Problem, als ein Schöpfer vorausgesetzt wird, d. h. eine ewige, über dem Universum stehende, allmächtige Intelligenz, also ein personhafter Gott, der alle benötigte Information irgendwie eingeschleust hat (und fortwährend einschleust). Damit würde Lebensentstehung – allerdings nicht „spontane“ – und Makroevolution mit allen zugehörigen Übergängen denkbar oder gar plausibel. Die Frage, ob ein solcher oder ähnlicher Schöpfungsmechanismus theologisch sinnvoll, d. h. mit der Offenbarung vereinbar wäre, ist zwar schon von vielen – auch solchen, welche die Bibel ohne jegliche Abstriche als göttliche Offenbarung akzeptieren – bejaht worden, aber eine Erörterung dieses Themas würde an dieser Stelle zu weit führen.

Ein solches Einschleusen von Information könnte, als ein übernatürlicher Vorgang, sicher nicht naturwissenschaftlich untersucht werden. Man darf aber auch nicht aus diesem Grunde annehmen, eine eventuelle zukünftige „vollständige“ Erforschung aller natürlichen Zusammenhänge müsste dazu führen, solche göttlichen Eingriffe auszuschließen – einfach, weil es nichts mehr zu „erklären“ gäbe. Neuere Befunde haben uns in eindrücklicher Weise an einige grundsätzliche Grenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnismöglichkeit geführt. Das Unentscheidbarkeitstheorem K. GÖDELS zeigt, dass es nicht einmal in der Mathematik möglich ist, einigermaßen komplexe Systeme voll im Griff zu behalten. Die Unschärferelation W. HEISENBERGS (Unmöglichkeit der gleichzeitigen beliebig genauen Messung von Ort und Impuls eines Teilchens) und die Zufallsschwankungen der Elementarvorgänge bringen grundlegende Unbestimmtheiten in das Verhalten der einzelnen Atome und Moleküle. Dass zudem sogar unter rein deterministischen Voraussetzungen die kleinsten Unterschiede in den Ausgangsbedingungen sich zu makroskopisch bedeutsamen Unterschieden in den Zuständen mathematischer oder physikalischer Systeme auswachsen können, hat die Untersuchung der sogenannten Chaos-Vorgänge gezeigt. Wenn Gott nur schon den Ablauf sämtlicher Elementarvorgänge leiten würde, hätte er ausnahmslos alles Geschehen in seiner Hand, das „erklärbar“ und das unbekannte, ohne dass die Wissenschaft je ein „Eingreifen“ nachweisen könnte.

Da es in der Genetik und Molekularbiologie oft um Vorgänge an einzelnen Molekülen geht, also Elementarvorgänge, ist man gezwungen, Wahrscheinlichkeitsmodelle aufzustellen. Wenn man im naturwissenschaftlichen Zusammenhang von Wahrscheinlichkeit oder Zufall spricht, will man nur sagen, man habe keine Möglichkeit, das Eintreffen eines bestimmten Elementarvorgangs zu erklären oder seine Bedingtheit auch nur zu untersuchen. Die Aussage aber, es stehe „nichts“ hinter diesem Elementarvorgang oder hinter diesem „Zufall“, ist keine naturwissenschaftliche, sondern eine atheistische, also religiöse Behauptung. Die wissenschaftliche Bezeichnung eines

Ereignisses als zufällig und die religiöse Aussage eines göttlichen Eingreifens sind komplementäre Aussagen über die gleiche Realität, die sich in keinerlei Weise widersprechen. Ob die religiöse Aussage der Realität entspricht, kann die Wissenschaft gar nicht untersuchen.

Aber auch jeglicher göttliche Eingriff auf der makroskopischen Ebene wäre als etwas Einmaliges nur der geschichtlichen oder gerichtlichen Methodik der Untersuchung von Indizienbeweisen und Zeugenaussagen zugänglich, nicht aber naturwissenschaftlichem Experimentieren und Modellieren, die auf Wiederholbarkeit angewiesen sind.

Ein mögliches göttliches Eingreifen beinhaltet keinesfalls die Idee eines „Lückenbüßer-Gottes“, dessen Kompetenzbereich mit wachsender wissenschaftlicher Erkenntnis abnehmen würde. Wenn Universum und Leben das Werk eines Schöpfers sind, geht es nicht an, dessen Einwirkungsmöglichkeiten auf die ursprüngliche Setzung der Naturgesetze, die grundsätzlich nicht nachweisbare Steuerung von Elementarvorgängen im ultramikroskopischen Bereich und auf „Wunder“ zu beschränken. Auch das durch Naturgesetze beschriebene Geschehen ist völlig unter der Kontrolle des biblischen Gottes: die „Naturgesetze“ stellen eigentlich nichts anderes dar als eine wissenschaftliche Beschreibung von Gottes normalem Handeln. Sie bezeugen seine Treue, nicht seine Abwesenheit.

Wie aber will ein Atheist die Herkunft der für das Leben nötigen funktionalen Information erklären – oder auch nur die Möglichkeit einer spontanen Entstehung solcher Information plausibel machen? Eine wissenschaftliche Stützung der Behauptung, der Glaube an eine spontane Lebensentstehung und Makroevolution sei vernünftig, ist jedenfalls vorläufig noch bei weitem nicht in Sicht – trotz aller Bemühungen hervorragender Wissenschaftler. Ist etwa die Unverfrorenheit, mit welcher manche Wissenschaftler – und insbesondere auch Wissenschaftsjournalisten – die sogenannte „Tatsache“ der Evolution propagieren, letztlich ein philosophisch-religiös bedingter Kurzschlussmechanismus, ein lautes Übertönen der existentiellen Verzweiflung ihres eigenen Herzens? Jedenfalls führen sie nicht nur sich selbst irre, sondern die ganze Öffentlichkeit, einschließlich der Fachleute anderer Disziplinen, die sich auf ihre Behauptungen abstützen.

Die einzige wissenschaftlich saubere Haltung, die nicht in unzulässiger Weise autoritative Fachkompetenz mit meist unterschwelligem religiösen Grundvoraussetzungen mischt, ist heute der Verzicht auf globale Erklärungsversuche des Lebens. Der Neodarwinismus ist bis auf weiteres ein völliges Fiasko. Wir haben einfach vorläufig keine Ahnung, wie das Leben und die Vielfalt der Lebensformen zustande gekommen sind. Die Evolutionstheorie mag denen, die es wünschen, weiterhin als metaphysisches Forschungsprogramm dienen. Aber sie sollen sie unzweideutig als solches de-

klarieren und auf jegliche weltanschaulich-religiöse Demagogie im Namen der Wissenschaft verzichten! Das atheistisch-darwinistische Glaubensbekenntnis hat auf der wissenschaftlichen Ebene keinerlei Vorrang vor anderen Schöpfungsphilosophien. Seine Erklärungskraft ist nicht größer, sondern beschränkter als diejenige von theistischen Thesen.

Literaturhinweise

Die Referenzen sind unter dem hauptsächlich betroffenen Abschnitt eingereiht, haben aber oft auch mit anderen Abschnitten zu tun. Innerhalb der Abschnitte sind sie nach Jahr und Veröffentlichung geordnet, nicht thematisch. Es wird hier aus Platzgründen nur eine Auswahl relevanter neuerer Arbeiten zitiert. Die Referenzen der früheren Ausgabe dieser Porta-Studie werden nicht wiederholt.

Diese Arbeit wurde 1992 zur Hauptsache abgeschlossen. Verzögerungen der Veröffentlichung ergaben aber die Möglichkeit, 1996 noch geringfügige punktuelle Ergänzungen anzubringen, die aber nur sehr wenig der neueren Literatur abdecken.

1. Chemische Evolution

- CANUTO, V.M., LEVINE, J.S., AUGUSTSSON, T.R., IMHOFF, C.L. & GIAMPAPA, M.S. (1983). *Nature* 305, 281: „The young Sun and the atmosphere and photochemistry of the early Earth.“
- SCHWARTZ, A.W. (1983). *Naturwiss.* 70, 373: „Chemical Evolution: The First Stages.“
- THAXTON, C.B., BRADLEY, W.L. & OLSEN, R.L. (1984). „The Mystery of Life's Origin: Reassessing Current Theories“ (Philosophical Library, New York, NY).
- COGLEY, J.G. & HENDERSON-SELLERS, A. (1984). *Rev. Geophys. Space Phys.* 22, 131: „The Origin and Earliest State of the Earth's Hydrosphere.“
- NISBET, E.G. (1985). *J. Mol. Evol.* 21, 289: „The Geological Setting of the Earliest Life Forms.“
- MILLER, S.L. (1987). *Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol.* 52, 17: „Which Organic Compounds Could Have Occurred on the Prebiotic Earth?“
- FERRIS, J.P. (1987). *Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol.* 52, 29: „Prebiotic Synthesis: Problems and Challenges.“
- STRIBLING, R. & MILLER, S.L. (1987). *Origins Life* 17, 261: „Energy yields for hydrogen cyanide and formaldehyde syntheses: the HCN and amino acid concentrations in the primitive ocean.“
- FOX, S.W. & KHOURY, A.K. (1988). *BioEssays* 9, 209: „The New Evolutionary Paradigm.“
- WÄCHTERSCHÄUSER, G. (1988). *Microbiol. Rev.* 52, 452: „Before Enzymes and Templates: Theory of Surface Metabolism.“

- SHAPIRO, R. (1988). *Origins Life Evol. Biosph.* 18, 71: „Prebiotic ribose synthesis: a critical analysis.“
- KOK, R.A., TAYLOR, J.A. & BRADLEY, W.L. (1988). *Origins Life Evol. Biosph.* 18, 135: „A statistical examination of self-ordering of amino acids in proteins.“
- WÄCHTERSCHÄUSER, G. (1988): In: *System. Appl. Microbiol.* 10, 207: „Pyrite Formation, the First Energy Source for Life: a Hypothesis.“
- MÜLLER, D., PITTSCH, S., KITAKA, A., WAGNER, E., WINTNER, C.E. & ESCHENMOSER, A. (1990). *Helv. Chim. Acta* 73, 1410: „Aldomerisierung von Glycolaldehyd-phosphat zu racemischen Hexose-2,4,6-triphosphaten und (in Gegenwart von Formaldehyd) racemischen Pentose-2,4-diphosphaten: *rac*-Allose-2,4,6-triphosphat und *rac*-Ribose-2,4-diphosphat sind die Reaktionshauptprodukte.“
- HOLLAND, H.D. (1990). *Nature* 347, 17: „Atmospheric evolution: Origins of breathable air.“
- HIROSE, Y., OHMURO, K., SAIGOH, M., NAKAYAMA, T. & YAMAGATA, Y. (1990). *Origins Life Evol. Biosph.* 20, 471: „Synthesis of biomolecules from N₂, CO, and H₂O by electric discharge.“
- WÄCHTERSCHÄUSER, G. (1990): In: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 87, 200: „Evolution of the first metabolic cycles.“
- CHYBA, C.F., THOMAS, P.J., BROOKSHAW, L. & SAGAN, C. (1990). *Science* 249, 366: „Cometary Delivery of Organic Molecules to the Early Earth.“
- DE DUVE, C. (1991). „Blueprint for a Cell“ (Neil Patterson, Burlington, NC).
- YAMAGATA, Y., WATANABE, H., SAITOH, M. & NAMBA, T. (1991). *Nature* 352, 516: „Volcanic production of polyphosphates and its relevance to prebiotic evolution.“
- DE DUVE, C. & MILLER, S.L. (1991). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 88, 10014: „Two-dimensional life?“
- WEBER, A.L. (1992). *J. Mol. Evol.* 35, 1: „Prebiotic Sugar Synthesis: Hexose and Hydroxy Acid Synthesis from Glyceraldehyde Catalyzed by Iron(III) Hydroxy Oxide.“
- CHYBA, C. & SAGAN, C. (1992). *Nature* 355, 125: „Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: an inventory for the origin of life.“
- GOLD, T. (1992). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89, 6045: „The deep, hot biosphere.“
- WÄCHTERSCHÄUSER, G. (1992): In: *Prog. Biophys. molec. Biol.* 58, 85: „Groundworks for an evolutionary biochemistry: The iron-sulphur world.“
- MADEN, B. E. H. (1995): In: *Trends Bioch. Sci.* 20, 337: „No soup for starters? Autotrophy and the origins of metabolism.“

2. Spontane Replikation

- SHAPIRO, R. (1984). *Origins Life* 14, 565: „The improbability of prebiotic nucleic acid synthesis.“
- VOLLMERT, B. (1985). „Das Molekül und das Leben. Vom makromolekularen Ursprung des Lebens und der Arten: Was Darwin nicht wissen konnte und Darwinisten nicht wissen wollen“ (Rowohlt, Hamburg, D).
- JOYCE, G.F. & ORGEL, L.E. (1986). *J. Mol. Biol.* 188, 433: „Non-enzymic Template-directed Synthesis on RNA Random Copolymers: Poly(G,C) Templates.“
- ORGEL, L.E. (1986). *Origins Life* 17, 27: „Did template-directed nucleation precede molecular replication?“
- JOYCE, G.F. (1987). *Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol.* 52, 41: „Nonenzymatic Template-directed Synthesis of Informational Macromolecules.“
- WEBER, A.L. (1987). *Origins Life Evol. Biosph.* 17, 107: „The triose model: glyceraldehyde as a source of energy and monomers for prebiotic condensation reactions.“
- SAWAI, H. (1988). *J. Mol. Evol.* 27, 181: „Oligonucleotide Formation Catalyzed by Divalent Metal Ions. The Uniqueness of the Ribosyl System.“
- DE DUVE, C. (1988). *Nature* 336, 209: „Did God make RNA?“
- ALLEN, G. (1988). *Origins Life Evol. Biosph.* 18, 289: „Genetic information could be integrated extrinsically for simplest life forms.“
- WÄCHTERSCHÄUSER, G. (1988). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 85, 1134: „An all-purine precursor of nucleic acids.“
- YOUNG, B. & CECH, T.R. (1989). *J. Mol. Evol.* 29, 480: „Specificity for 3',5'-Linked Substrates in RNA-Catalyzed RNA Polymerization.“
- NOWAK, M. & SCHUSTER, P. (1989). *J. theor. Biol.* 137, 375: „Error Threshold of Replication in Finite Populations: Mutation Frequencies and the Onset of Muller's Ratchet.“
- JOYCE, G.F. (1989). *Nature* 338, 217: „RNA evolution and the origins of life.“
- WALDROP, M.M. (1989). *Science* 246, 1248: „Did Life Really Start Out in an RNA World?“
- ORGEL, L.E. (1992). *Nature* 358, 203: „Molecular replication.“ (Review article)

3. Entstehung funktionaler Information in einer RNS-Welt

- PACE, N.R. & MARSH, T.L. (1985). *Origins Life* 16, 97: „RNA catalysis and the origin of life.“
- ORGEL, L.E. (1986). *J. theor. Biol.* 123, 127: „Mini Review: RNA Catalysis and the Origins of Life.“
- CECH, T.R. (1986). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 83, 4360: „A model for the RNA-catalyzed replication of RNA.“

- ZAUG, A.J. & CECH, T.R. (1986). *Science* 231, 470: „The Intervening Sequence RNA of *Tetrahymena* Is an Enzyme.“
- PRIANO, C., KRAMER, F.R. & MILLS, D.R. (1987). *Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol.* 52, 321: „Evolution of the RNA Coliphages: The Role of Secondary Structures during RNA Replication.“
- UHLENBECK, O.C. (1987). *Nature* 328, 596: „A small catalytic oligoribonucleotide.“
- ISHIHAMA, A. & NAGATA, K. (1988). *CRC Crit. Rev. Biochem.* 23, 27: „Viral RNA polymerases.“
- CECH, T.R. (1988). *Gene* 73, 259: „Conserved sequences and structures of group I introns: building an active site for RNA catalysis – a review.“
- LAZCANO, A., FASTAG, J., GARIGLIO, P., RAMÍREZ, C. & ORÓ, J. (1988). *J. Mol. Evol.* 27, 365: „On the Early Evolution of RNA Polymerase.“
- HASELOFF, J. & GERLACH, W.L. (1988). *Nature* 334, 585: „Simple RNA enzymes with new and highly specific endoribonuclease activities.“
- MIN, K.T., KIM, M.H. & LEE, D.S. (1988). *Nucleic Acids Res.* 16, 5075: „Search for the optimal sequence of the ribosome binding site by random oligonucleotide-directed mutagenesis.“
- OLIPHANT, A.R. & STRUHL, K. (1988). *Nucleic Acids Res.* 16, 7673: „Defining the consensus sequences of *E.coli* promoter elements by random selection.“
- BLOCH, D.P. (1988). *Origins Life Evol. Biosph.* 18, 87: „Cybernetic origins of replication.“
- MOSQUEIRA, F.G. (1988). *Origins Life Evol. Biosph.* 18, 143: „On the origin of life event.“
- BEEN, M.D. & CECH, T.R. (1988). *Science* 239, 1412: „RNA as an RNA Polymerase: Net Elongation of an RNA Primer Catalyzed by the *Tetrahymena* Ribozyme.“
- COUTURE, S., ELLINGTON, A.D., GERBER, A.S., CHERRY, J.M., DOUDNA, J.A., GREEN, R., HANNA, M., PACE, U., RAJAGOPAL, J. & SZOSTAK, J.W. (1990). *J. Mol. Biol.* 215, 345: „Mutational Analysis of Conserved Nucleotides in a Self-splicing Group I Intron.“
- GIBSON, T.J. & LAMOND, A.I. (1990). *J. Mol. Evol.* 30, 7: „Metabolic Complexity in the RNA World and Implications for the Origin of Protein Synthesis.“
- ELLINGTON, A.D. & SZOSTAK, J.W. (1990). *Nature* 346, 818: „*In vitro* selection of RNA molecules that bind specific ligands.“
- CHETVERIN, A.B., CHETVERINA, H.V. & MUNISHKIN, A.V. (1991). *J. Mol. Biol.* 222, 3: „On the Nature of Spontaneous RNA Synthesis by Q β Replicase.“
- KAMPIS, G. & CSÁNYI, V. (1991). *J. theor. Biol.* 148, 17: „Life, Self-reproduction and Information: Beyond the Machine Metaphor.“

- DAVIS, B.K. (1991). *J. Mol. Evol.* 33, 343: „Kinetics of Rapid RNA Evolution in Vitro.“
- BRUENN, J.A. (1991). *Nucleic Acids Res.* 19, 217: „Relationship among the positive strand and double-strand RNA viruses as viewed through their RNA-dependent RNA polymerases.“
- DOUDNA, J.A., COUTURE, A. & SZOSTAK, J.W. (1991). *Science* 251, 1605: „A Multisubunit Ribozyme That Is a Catalyst of and Template for Complementary Strand RNA Synthesis.“
- PAN, T. & UHLENBECK, O.C. (1992). *Nature* 358, 560: „A small metalloribozyme with a two-step mechanism.“
- MCCALL, M.J., HENDRY, P. & JENNINGS, P.A. (1992). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89, 5710: „Minimal sequence requirements for ribozyme activity.“
- KAZAKOV, S. & ALTMAN, S. (1992). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89, 7939: „A trinucleotide can promote metal ion-dependent specific cleavage of RNA.“
- PICCIRILLI, J.A., MCCONNELL, T.S., ZAUG, A.J., NOLLER, H.F. & CECH, T.R. (1992). *Science* 256, 1420: „Aminoacyl Esterase Activity of the *Tetrahymena* Ribozyme.“
- BEAUDRY, A.A. & JOYCE, G.F. (1992). *Science* 257, 635: „Directed Evolution of an RNA Enzyme.“

4. Verpackung des Individuums

- SZATHMÁRY, E. & DEMETER, L. (1987). *J. theor. Biol.* 128, 463: „Group Selection of Early Replicators and the Origin of Life.“
- NIESERT, U. (1987). *Origins Life* 17, 155: „How many genes to start with? A computer simulation about the origin of life.“
- MOROWITZ, H.J., HEINZ, B. & DEAMER, D.W. (1988). *Origins Life Evol. Biosph.* 18, 281: „The chemical logic of a minimum protocell.“
- KING, C.C. (1990). *Origins Life Evol. Biosph.* 20, 15: „Did membrane electrochemistry precede translation?“
- CHAO, L. (1991). *J. theor. Biol.* 153, 229: „Levels of Selection, Evolution of Sex in RNA Viruses, and the Origin of Life.“
- ISSARTEL, J.P., DUPUIS, A., GARIN, J., LUNARDI, J., MICHEL, L. & VIGNAIS, P.V. (1992). *Experientia* 48, 351: „The ATP synthase (F₀-F₁) complex in oxidative phosphorylation.“

5. Code-Übersetzung

- MAIZELS, N. & WEINER, A.M. (1987). *Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol.* 52, 743: „Peptide-specific Ribosomes, Genomic Tags, and the Origin of the Genetic Code.“

- BRIMACOMBE, R. (1988). *Biochem.* 27, 4207: „The Emerging Three-Dimensional Structure and Function of 16S Ribosomal RNA.“
- MOORE, P.B. (1988). *Nature* 331, 223: „The ribosome returns.“ (Review)
- WOOLLEY, P. (1989). *BioEssays* 10, 25: „The Chemical Kinetics of Molecular Evolution.“
- ORGEL, L.E. (1989). *J. Mol. Evol.* 29, 465: „The Origin of Polynucleotide-Directed Protein Synthesis.“
- NOLLER, H.F. (1991). *Annu. Rev. Biochem.* 60, 191: „Ribosomal RNA and translation.“
- CAMPBELL, J.H. (1991). *J. Mol. Evol.* 32, 3: „An RNA Replisome as the Ancestor of the Ribosome.“
- SOKALSKI, W.A., SHIBATA, M., BARAK, D. & REIN, R. (1991). *J. Mol. Evol.* 33, 405: „Catalytic Activity of Aminoacyl tRNA Synthetases and Its Implications for the Origin of Life I. Aminoacyl Adenylate Formation in Tyrosyl tRNA Synthetase.“
- LAHAV, N. (1991). *J. theor. Biol.* 151, 531: „Prebiotic Co-evolution of Self-replication and Translation or RNA World?“
- PÜTZ, J., PUGLISI, J.D., FLORENTZ, C. & GIEGÉ, R. (1991). *Science* 252, 1696: „Identity Elements for Specific Aminoacylation of Yeast tRNA^{ASP} by Cognate Aspartyl-tRNA Synthetase.“
- JAKUBOWSKI, H. & GOLDMAN, E. (1992). *Microbiol. Rev.* 56, 412: „Editing of Errors in Selection of Amino Acids for Protein Synthesis.“

6. Genom-Erweiterung und -Umbau

- NORDSTRÖM, K., MOLIN, S. & LIGHT, J. (1984). *Plasmid* 12, 71: „Review: Control of Replication of Bacterial Plasmids: Genetics, Molecular Biology, and Physiology of the Plasmid R1 System.“
- LAZCANO, A., GUERRERO, R., MARGULIS, L. & ORÓ, J. (1988). *J. Mol. Evol.* 27, 283: „The Evolutionary Transition from RNA to DNA in Early Cells.“
- BENNER, S.A., ELLINGTON, A.D. & TAUER, A. (1989). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 86, 7054: „Modern metabolism as a palimpsest of the RNA world.“
- ECHOLS, H. & GOODMAN, M.F. (1991). *Annu. Rev. Biochem.* 60, 477: „Fidelity mechanisms in DNA replication.“
- BLANCO, L., BERNAD, A., BLASCO, M.A. & SALAS, M. (1991). *Gene* 100, 27: „A general structure for DNA-dependent DNA polymerases.“
- MARIANS, K.J. (1992). *Annu. Rev. Biochem.* 61, 673: „Prokaryotic DNA replication.“
- NOSSAL, N.G. (1992). *FASEB J.* 6, 871: „Protein-protein interactions at a DNA replication fork: bacteriophage T4 as a model.“

7. Biologische Evolution

- RIEPEL, O. (1983). „Kladismus, oder die Legende vom Stammbaum“ (Birkhäuser, Basel, CH).
- DENTON, M. (1985). „Evolution: A Theory in Crisis“ (Adler & Adler, Bethesda, MD).
- HAYWARD, A. (1985). „Creation and Evolution. The Facts and the Fallacies“ (Triangle, London, GB).
- SMITH, R.J., GERMAN, R.Z. & JUNGERS, W.L. (1986). J. theor. Biol. 118, 287: „Variability of Biological Similarity Criteria.“
- SITTE, P. & HANSMANN, P. (1986). Prog. Bot. 48, 30: „Cytosymbiosis.“
- JEON, K.W. (1987). Ann. N.Y. Acad. Sci. 503, 359: „Change of Cellular Pathogens' into Required Cell Components.“
- MARGULIS, L. & SCHWARTZ, K.V. (1988²). „Five Kingdoms. An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth“ (Freeman, New York, NY).
- ERICKSON, R.P. (1989). Trends Genet. 5, 1: „Why ins't a mouse more like a man?“
- GRAY, M.W. (1989). Trends Genet. 5, 294: „The evolutionary origins of organelles.“
- BLEDSE, A.H. & RAIKOW, R.J. (1990). J. Mol. Evol. 30, 247: „A Quantitative Assessment of Congruence between Molecular and Nonmolecular Estimates of Phylogeny.“
- PIMM, S.L., LAWTON, J.H. & COHEN, J.E. (1991). Nature 350, 669: „Food web patterns and their consequences.“
- MARGULIS, L. (1992). BioSystems 27, 39: „Biodiversity: molecular biological domains, symbiosis and kingdom origins.“

8. Die Fossiliendokumentation

- BYERLY, G.R., LOWER, D.R. & WALSH, M.M. (1986). Nature 319, 489: „Stromatolites from the 3,300-3,500-Myr Swaziland Supergroup, Barberton Mountain Land, South Africa.“
- JOHANSON, D.C., MASAO, F.T., ECK, G.G., WHITE, T.D., WALTER, R.C., KIMBEL, W.H., ASFAW, B., MANEGA, P., NDESSOKIA, P. & SUWA, G. (1987). Nature 327, 205: „New partial skeleton of *Homo habilis* from Olduvai Gorge, Tanzania.“
- SCHIDLowski, M. (1988). Nature 333, 313: „A 3,800-million-year isotopic record of life from carbon in sedimentary rocks.“
- CARROLL, R.L. (1988). „Vertebrate Paleontology and Evolution“ (Freeman, New York, NY).
- STRINGER, C.B. & ANDREWS, P. (1988). Science 239, 1263: „Genetic and Fossil Evidence for the Origin of Modern Humans.“

- SLEEP, N.H., ZAHNLE, K.J., KASTING, J.F. & MOROWITZ, H.J. (1989). *Nature* 342, 139: „Annihilation of ecosystems by large asteroid impacts on the early Earth.“
- SIMONS, E.L. (1989). *Science* 245, 1343: „Human Origins.“
- MARSHALL, C.R. (1990). *J. Mol. Evol.* 30, 400: „The Fossil Record and Estimating Divergence Times between Lineages: Maximum Divergence Times and the Importance of Reliable Phylogenies.“
- BENTON, M.J. (1990). *J. Mol. Evol.* 30, 409: „Phylogeny of the Major Tetrapod Groups: Morphological Data and Divergence Dates.“
- WOOD, B. (1992). *Nature* 355, 783: „Origin and evolution of the genus *Homo*.“
- NOVACEK, M.J. (1992). *Nature* 356, 121: „Mammalian phylogeny: shaking the tree.“ (Review)
- BUICK, R. (1992). *Science* 255, 74: „The Antiquity of Oxygenic Photosynthesis: Evidence from Stromatolites in Sulphate-Deficient Archaean Lakes.“
- NORELL, M.A. & NOVACEK, M.J. (1992). *Science* 255, 1690: „The Fossil Record and Evolution: Comparing Cladistic and Paleontologic Evidence for Vertebrate History.“
- KNOLL, A.H. (1992). *Science* 256, 622: „The Early Evolution of Eukaryotes: A Geological Perspective.“
- HAN, T.M. & RUNNEGAR, B. (1992). *Science* 257, 232: „Megascopic Eukaryotic Algae from the 2.1-Billion-Year-Old Negaunee Iron-Formation, Michigan.“

9. Molekularbiologische Evolution

- DAVISON, D. (1985). *Bull. Math. Biol.* 47, 437: „Sequence similarity („homology“) searching for molecular biologists.“
- ROGERS, J.H. (1985). *Int. Rev. Cytol.* 93, 231: „The Origin and Evolution of Retroposons. Part 2: The Structure and Evolution of Retroposons.“
- TEMIN, H.M. (1985). *Mol. Biol. Evol.* 2, 455: „Review: Reverse Transcription in the Eukaryotic Genome: Retroviruses, Pararetroviruses, Retrotransposons, and Retrotranscripts.“
- WEINER, A.M., DEININGER, P.L. & EFSTRATIADIS, A. (1986). *Annu. Rev. Biochem.* 55, 631: „Nonviral retroposons: genes, pseudogenes, and transposable elements generated by the reverse flow of genetic information.“
- SHARP, P.M. & LI, W.H. (1986). *J. Mol. Evol.* 24, 28: „An Evolutionary Perspective on Synonymous Codon Usage in Unicellular Organisms.“
- FISHER, R.E. & MAYOR, H.D. (1986). *J. theor. Biol.* 118, 395: „Evolution of a Defective Virus from a Cellular Defense Mechanism.“
- SCOTT, A. (1986). *New Scientist* 109, 42: „Viruses and cells: a history of give and take?“

- SYVANEN, M. (1986). Trends Genet. 2, 63: „Cross-species gene transfer: a major factor in evolution?“
- MIYAMOTO, M.M., SLIGHTOM, J.L. & GOODMAN, M. (1987). Science 238, 369: „Phylogenetic Relations of Humans and African Apes from DNA Sequences in the $\psi\eta$ -Globin Region.“
- O'BRIEN, S.J., SEUÁNEZ, H.N. & WOMACK, J.E. (1988). Annu. Rev. Genet. 22, 323: „Mammalian genome organization: an evolutionary view.“
- MURRAY, J.A.H., CESARENI, G. & ARGOS, P. (1988). J. Mol. Biol. 200, 601: „Unexpected Divergence and Molecular Coevolution in Yeast Plasmids.“
- SMITH, M.W. (1988). J. Mol. Evol. 27, 45: „Structure of Vertebrate Genes: A Statistical Analysis Implicating Selection.“
- BERNARDI, G., MOUCHIROUD, D., GAUTIER, C. & BERNARDI, G. (1988). J. Mol. Evol. 28, 7: „Compositional Patterns in Vertebrate Genomes: Conservation and Change in Evolution.“
- CEDERGREN, R., GRAY, M.W., ABEL, Y. & SANKOFF, D. (1988). J. Mol. Evol. 28, 98: „The Evolutionary Relationships among Known Life Forms.“
- SHIELDS, D.C., SHARP, P.M., HIGGINS, D.G. & WRIGHT, F. (1988). Mol. Biol. Evol. 5, 704: „‘Silent’ Sites in *Drosophila* Genes Are Not Neutral: Evidence of Selection among Synonymous Codons.“
- SØRENSEN, M.A., KURLAND, C.G. & PEDERSEN S. (1989). J. Mol. Biol. 207, 365: „Codon Usage Determines Translation Rate in *Escherichia coli*.“
- HOLMQUIST, G.P. (1989). J. Mol. Evol. 28, 469: „Evolution of Chromosome Bands: Molecular Ecology of Noncoding DNA.“
- PALUMBI, S.R. (1989). J. Mol. Evol. 29, 180: „Rates of Molecular Evolution and the Fraction of Nucleotide Positions Free to Vary.“
- BODNAR, J.W., JONES, G.S. & ELLIS, C.H. (1989). J. theor. Biol. 137, 281: „The Domain Model for Eukaryotic DNA Organization 2: A Molecular Basis for Constraints on Development and Evolution.“
- LEWONTIN, R.C. (1989). Mol. Biol. Evol. 6, 15: „Inferring the Number of Evolutionary Events from DNA Coding Sequence Differences.“
- SHOEMAKER, J.S. & FITCH, W.M. (1989). Mol. Biol. Evol. 6, 270: „Evidence from Nuclear Sequences That Invariable Sites Should Be Considered when Sequence Divergence Is Calculated.“
- YOMO, T. & OHNO, S. (1989). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 86, 8452: „Concordant evolution of coding and noncoding regions of DNA made possible by the universal rule of TA/CG deficiency – TG/CT excess.“
- PERLMAN, P.S. & BUTOW, R.A. (1989). Science 246, 1106: „Mobile Introns and Intron-Encoded Proteins.“
- NADEAU, J.H. (1989). Trends Genet. 5, 82: „Maps of Linkage and Synteny Homologies between Mouse and Man.“ (Review)

- FINNEGAN, D.J. (1989). Trends Genet. 5, 103: „Eukaryotic transposable elements and genome evolution.“ (Review)
- MOUCHIROUD, D. & GAUTIER, C. (1990). J. Mol. Evol. 31, 81: „Codon Usage Changes and Sequence Dissimilarity between Human and Rat.“
- ANDERSSON, S.G.E. & KURLAND, C.G. (1990). Microbiol. Rev. 54, 198: „Codon Preferences in Free-Living Microorganisms.“
- BEINTEMA, J.J. (1990). Mol. Biol. Evol. 7, 470: „The Primary Structure of Langur (*Presbytis entellus*) Pancreatic Ribonuclease: Adaptive Features in Digestive Enzymes in Mammals.“
- OLIVER, J.L., MARÍN, A. & MARTÍNEZ-ZAPATER, J.M. (1990). Nucleic Acids Res. 18, 65: „Chloroplast genes transferred to the nuclear plant genome have adjusted to nuclear base composition and codon usage.“
- HOCHGESCHWENDER, U. & BRENNAN, M.B. (1991). BioEssays 13, 139: „Identifying Genes Within the Genome: New Ways for Finding the Needle in a Haystack.“
- ZHANG, S., ZUBAY, G. & GOLDMAN, E. (1991). Gene 105, 61: „Low-usage codons in *Escherichia coli*, yeast, fruit fly and primates.“
- WINES, D.R., BRADY, J.M., SOUTHARD, E.M. & MACDONALD, R.J. (1991). J. Mol. Evol. 32, 476: „Evolution of the Rat Kallikrein Gene Family: Gene Conversion Leads to Functional Diversity.“
- COWE, E., SHARP, P.M. (1991) J. Mol. Evol. 33, 13: „Molecular Evolution of Bacteriophages: Discrete Patterns of Codon Usage in T4 Genes are Related to the Time of Gene Expression.“
- SHARP, P.M. (1991). J. Mol. Evol. 33, 23: „Determinants of DNA Sequence Divergence between *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*: Codon Usage, Map Position, and Concerted Evolution.“
- LAWRENCE, J.G., HARTL, D.L. & OCHMAN, H. (1991). J. Mol. Evol. 33, 241: „Molecular Considerations in the Evolution of Bacterial Genes.“
- EYRE-WALKER, A.C. (1991). J. Mol. Evol. 33, 442: „An Analysis of Codon Usage in Mammals: Selection or Mutation Bias?“
- WOLFE, K.H. (1991). J. theor. Biol. 149, 441: „Mammalian DNA Replication: Mutation Biases and the Mutation Rate.“
- HALANYCH, K.M. (1991). Mol. Biol. Evol. 8, 249: „5S Ribosomal RNA Sequences Inappropriate for Phylogenetic Reconstruction.“
- KURIYAN, J., KRISHNA, T.S.R., WONG, L., GUENTHER, B., PAHLER, A., WILLIAMS, C.H. & MODEL, P. (1991). Nature 352, 172: „Convergent evolution of similar function in two structurally divergent enzymes.“
- IKEMURA, T. & WADA, K. (1991). Nucleic Acids Res. 19, 4333: „Evident diversity of codon usage patterns of human genes with respect to chromosome banding patterns and chromosome numbers: relation between nucleotide sequence data and cytogenetic data.“

- YAMAOKA, F., ANDACHI, Y., MUTO, A., IKEMURA, T. & OSAWA, S. (1991). *Nucleic Acids Res.* 19, 6119: „Levels of tRNAs in bacterial cells as affected by amino acid usage in proteins.“
- JAKUBCZAK, J.L., BURKE, W.D. & EICKBUSH, T.H. (1991). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 88, 3295: „Retrotransposable elements *R1* and *R2* interrupt the rRNA genes of most insects.“
- HOLLAND, P. (1992). *BioEssays* 14, 267: „Homeobox Genes in Vertebrate Evolution.“
- AMÁBILE-CUEVAS, C.F. & CHICUREL, M.E. (1992). *Cell* 70, 189: „Bacterial Plasmids and Gene Flux.“ (Review)
- LOCKHART, P.J., HOWE, C.J., BRYANT, D.A., BEANLAND, T.J. & LARKUM, A.W.D. (1992). *J. Mol. Evol.* 34, 153: „Substitutional Bias Confounds Inferences of Cyanelle Origins from Sequence Data.“
- LADUNGA, I. (1992). *J. Mol. Evol.* 34, 358: „Phylogenetic Continuum Indicates ‚Galaxies‘ in the Protein Universe: Preliminary Results on the Natural Group Structures of Proteins.“
- KARLIN, S., BRENDDEL, V. & BUCHER, P. (1992). *Mol. Biol. Evol.* 9, 152: „Significant Similarity and Dissimilarity in Homologous Proteins.“
- RUANO, G., ROGERS, J., FERGUSON-SMITH, A.C. & KIDD, K.K. (1992). *Mol. Biol. Evol.* 9, 575: „DNA Sequence Polymorphism within Hominoid Species Exceeds the Number of Phylogenetically Informative Characters for a HOX2 Locus.“
- REINHOLD-HUREK, B. & SHUB, D.A. (1992). *Nature* 357, 173: „Self-splicing introns in tRNA genes of widely divergent bacteria.“
- STONEKING, M., SHERRY, S.T., REDD, A.J. & VIGILANT, L. (1992). *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 337, 167: „New approaches to dating suggest a recent age for the human mtDNA ancestor.“
- JØRGENSEN, A.L., LAURSEN, H.B., JONES, C. & BAK, A.L. (1992). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89, 3310: „Evolutionarily different aliphoid repeat DNA on homologous chromosomes in human and chimpanzee.“

10. Makroevolution

- LESTER, L.P. & BOHLIN, R.G. (1984). „The Natural Limits to Biological Change“ (Zondervan, Grand Rapids, MI).
- KAUFFMAN, S. & LEVIN, S. (1987). *J. theor. Biol.* 128, 11: „Towards a General Theory of Adaptive Walks on Rugged Landscapes.“
- DICKINSON, W.J. (1988). *BioEssays* 8, 204: „On the Architecture of Regulatory Systems: Evolutionary Insights and Implications.“
- RÜST, P. (1988). *Proc. Conference on „Sources of Information Content in DNA“*, unpublished: „The unbelievable belief that almost any DNA sequence will specify life.“

- BIRKY, C.W. & WALSH, J.B. (1988). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 85, 6414: „Effects of linkage on rates of molecular evolution.“
- CONRAD, M. (1990). BioSystems 24, 61: „The geometry of evolution.“
- DORIT, R.L., SCHOENBACH, L. & GILBERT, W. (1990). Science 250, 1377: „How Big Is the Universe of Exons?“
- PATTHY, L. (1991). BioEssays 13, 187: „Exons – Original Building Blocks of Proteins?“
- SHELDON, P.R. (1991). Nature 350, 104: „Complexity still running.“
- WALLACE, M.R., ANDERSEN, L.B., SAULINO, A.M., GREGORY, P.E., GLOVER, T.W. & COLLINS, F.S. (1991). Nature 353, 864: „A *de novo* *Alu* insertion results in neurofibromatosis type 1.“
- DOOLITTLE, R.F. (1991). Science 253, 677: „Counting and Discounting the Universe of Exons.“
- DOMBROSKI, B.A., MATHIAS, S.L., NANTHAKUMAR, E., SCOTT, A.F. & KAZAZIAN, H.H. (1991). Science 254, 1805: „Isolation of an Active Human Transposable Element.“
- DRAKE, J.W. (1992). BioEssays 14, 137: „Mutation Rates.“
- TAUTZ, D. (1992). BioEssays 14, 263: „Redundancies, Development and the Flow of Information.“
- CHOTHIA, C. (1992). Nature 357, 543: „Proteins: One thousand families for the molecular biologist.“
- OBERBÄUMER, I. (1992). Nucleic Acids Res. 20, 671: „Retroposons do jump: a B2 element recently integrated in an 18S rDNA gene.“

11. Überlappende Gene

- MARATEA, D., YOUNG, K. & YOUNG, R. (1985). Gene 40, 39: „Deletion and fusion analysis of the phage ϕ X174 lysis gene E.“
- SCHÜLLER, A., HARKNESS, R.E., RÜTHER, U. & LUBITZ, W. (1985). Nucleic Acids Res. 13, 4143: „Deletion of C-terminal amino acid codons of PhiX174 gene E: effect on its lysis inducing properties.“
- JANKOWSKI, J.M., KRAWETZ, S.A., WALCZYK, E. & DIXON, G.H. (1986). J. Mol. Evol. 24, 61: „In Vitro Expression of Two Proteins from Overlapping Reading Frames in a Eukaryotic DNA Sequence.“
- THOMAS, C.M. & SMITH, C.A. (1986). Nucleic Acids Res. 14, 4453: „The *trfB* region of broad host range plasmid RK2: the nucleotide sequence reveals *incC* and key regulatory gene *trfB/korA/korD* as overlapping genes.“
- COLASANTI, J. & DENHARDT, D.T. (1987). J. Mol. Biol. 197, 47: „Mechanism of Replication of Bacteriophage ϕ X174 XXII. Site-specific Mutagenesis of the A* Gene Reveals that A* Protein is Not Essential for ϕ X174 DNA Replication.“

- GUYADER, M., EMERMAN, M., SONIGO, P., CLAVEL, F., MONTAGNIER, L. & ALIZON, M. (1987). *Nature* 326, 662: „Genome organization and transactivation of the human immunodeficiency virus type 2.“
- ADELMAN, J.P., BOND, C.T., DOUGLASS, J. & HERBERT, E. (1987). *Science* 235, 1514: „Two Mammalian Genes Transcribed from Opposite Strands of the Same DNA Locus.“
- MORCH, M.D., BOYER, J.C. & HAENNI, A.L. (1988). *Nucleic Acids Res.* 16, 6157: „Overlapping open reading frames revealed by complete nucleotide sequencing of turnip yellow mosaic virus genomic RNA.“
- CLARE, J.J., BELCOURT, M. & FARABAUGH, P.J. (1988). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 85, 6816: „Efficient translational frameshifting occurs within a conserved sequence of the overlap between the two genes of a yeast Ty1 transposon.“
- MIYAJIMA, N., HORIUCHI, R., SHIBUYA, Y., FUKUSHIGE, S., MATSUBARA, K., TOYOSHIMA, K. & YAMAMOTO, T. (1989). *Cell* 57, 31: „Two *erbA* Homologs Encoding Proteins with Different T₃ Binding Capacities Are Transcribed from Opposite DNA Strands of the Same Genetic Locus.“
- OLIVER, J.L., MARÍN, A. & MEDINA, J.R. (1989). *Comput. Appl. Biosci.* 5, 47: „SDSE: A software package to simulate the evolution of a pair of DNA sequences.“
- KEESE, P.K. & GIBBS, A. (1992). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89, 9489: „Origins of genes: ‚Big bang‘ or continuous creation?“

12. Neue Gene und adaptive Mutationen

- SAWADA, I., WILLARD, C., SHEN, C.K.J., CHAPMAN, B., WILSON, A.C. & SCHMID, C.W. (1985). *J. Mol. Evol.* 22, 316: „Evolution of Alu Family Repeats Since the Divergence of Human and Chimpanzee.“
- LIMBACH, K.J. & WU, R. (1985). *Nucleic Acids Res.* 13, 617: „Characterization of a mouse cytochrome c gene and three cytochrome c pseudogenes.“
- MCCARREY, J.R. & RIGGS, A.D. (1986). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 83, 679: „Determinator-inhibitor pairs as a mechanism for threshold setting in development: A possible function for pseudogenes.“
- WAGNER, M. (1986). *Trends Genet.* 2, 134: „A consideration of the origin of processed pseudogenes.“
- OPADIA-KADIMA, G.Z. (1987). *J. theor. Biol.* 124, 127: „How the Slot Machine Led Biologists Astray.“
- LEUNG, S., PROUDFOOT, N.J. & WHITELAW, E. (1987). *Nature* 329, 551: „The gene for θ -globin is transcribed in human fetal erythroid tissues.“
- WELLS, D., HOFFMAN, D. & KEDES, L. (1987). *Nucleic Acids Res.* 15, 2871: „Unusual structure, evolutionary conservation of non-coding sequences and numerous pseudogenes characterize the human H3.3 histone multigene family.“

- SAWYER, S.A., DYKHUIZEN, D.E. & HARTL, D.L. (1987). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84, 6225: „Confidence interval for the number of selectively neutral amino acid polymorphisms.“
- REYNAUD, C.A., DAHAN, A. & WEILL, J.C. (1987). Trends Genet. 3, 248: „A gene conversion program during the ontogenesis of chicken B cells.“
- EMI, M., HORII, A., TOMITA, N., NISHIDE, T., OGAWA, M., MORI, T. & MATSUBARA, K. (1988). Gene 62, 229: „Overlapping two genes in human DNA: a salivary amylase gene overlaps with a gamma-actin pseudogene that carries an integrated human endogenous retroviral DNA.“
- SEELAN, R.S. & PADMANABAN, G. (1988). Gene 67, 125: „A processed pseudogene with an intact coding sequence for rat liver cytochrome c oxidase subunit VIc.“
- BORSUK, P., GNIADKOWSKI, M., BARTNIK, E. & STEPIEN, P.P. (1988). J. Mol. Evol. 28, 125: „Unusual Evolutionary Conservation of 5S rRNA Pseudogenes in *Aspergillus nidulans*: Similarity of the DNA Sequence Associated with the Pseudogenes with the Mouse Immunoglobulin Switch Region.“
- VAN TOL, H. & BEIER, H. (1988). Nucleic Acids Res. 16, 1951: „All human tRNA^{Tyr} genes contain introns as a prerequisite for pseudouridine biosynthesis in the anticodon.“
- OHTA, T. (1988). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 85, 3509: „Time for acquiring a new gene by duplication.“
- ZUCKERKANDL, E., LATTER, G. & JURKA, J. (1989). J. Mol. Evol. 29, 504: „Maintenance of Function without Selection: *Alu* Sequences as ‚Cheap Genes‘.“
- GARCHON, H.J., LOH, E., HO, W.Y., AMAR, L., AVNER, P. & DAVIS, M.M. (1989). Nucleic Acids Res. 17, 9871: „The XLR sequence family: dispersion on the X and Y chromosomes of a large set of closely related sequences, most of which are pseudogenes.“
- KRAWIEC S. & RILEY, M. (1990). Microbiol. Rev. 54, 502: „Organization of the Bacterial Chromosome.“
- SCHMUTZLER, C. & GROSS, H.J. (1990). Nucleic Acids Res. 18, 5001: „Genes, variant genes, and pseudogenes of the human tRNA^{Val} gene family are differentially expressed in HeLa cells and in human placenta.“
- RAZ, R., PUIGDOMÈNECH, P. & MARTÍNEZ-IZQUIERDO, J.A. (1991). Gene 105, 151: „A new family of repetitive nucleotide sequences is restricted to the genus *Zea*.“
- KURLANDZKA, A., ROSENZWEIG, R.F. & ADAMS, J. (1991). Mol. Biol. Evol. 8, 261: „Identification of Adaptive Changes in an Evolving Population of *Escherichia coli*: The Role of Changes with Regulatory and Highly Pleiotropic Effects.“

- KAPLAN, D.J., JURKA, J., SOLUS, J.F. & DUNCAN, C.H. (1991). *Nucleic Acids Res.* 19, 4731: „Medium reiteration frequency repetitive sequences in the human genome.“
- FITCH, D.H.A., BAILEY, W.J., TAGLE, D.A., GOODMAN, M., SIEU, L. & SLIGHTOM, J.L. (1991). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 88, 7396: „Duplication of the γ -globin gene mediated by L1 long interspersed repetitive elements in an early ancestor of simian primates.“
- PIATIGORSKY, J. & WISTOW, G. (1991). *Science* 252, 1078: „The Recruitment of Crystallins: New Functions Precede Gene Duplication.“
- ZUCKERKANDL, E. (1992). *J. Mol. Evol.* 34, 259: „Revisiting Junk DNA.“
- YOMO, T., URABE, I. & OKADA, H. (1992). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89, 3780: „No stop codons in the antisense strands of the genes for nylon oligomer degradation.“
- DANIELS, D.L., PLUNKETT, G., BURLAND, V. & BLATTNER, F.R. (1992). *Science* 257, 771: „Analysis of the *Escherichia coli* Genome: DNA Sequence of the Region from 84.5 to 86.5 Minutes.“

13. Biologische Entstehung funktionaler Information

- MATHEWS, F.S. (1985). *Prog. Biophys. molec. Biol.* 45, 1: „The structure, function and evolution of cytochromes.“
- ALBER, T.C., DAVENPORT, R.C., GIAMMONA, D.A., LOLIS, E., PETSKO, G.A. & RINGE, D. (1987). *Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol.* 52, 603: „Crystallography and Site-directed Mutagenesis of Yeast Triosephosphate Isomerase: What Can We Learn about Catalysis from a ‚Simple‘ Enzyme?“
- CURNOW, R.N. (1988). *J. theor. Biol.* 134, 51: „The Use of Markov Chain Models in Studying the Evolution of the Proteins.“
- MACKEN, C.A. & PERELSON, A.S. (1989). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 86, 6191: „Protein evolution on rugged landscapes.“
- ATLAN, H. & KOPPEL, M. (1990). *Bull. Math. Biol.* 52, 335: „The cellular computer DNA: program or data.“
- KLEINA, L.G. & MILLER, J.H. (1990). *J. Mol. Biol.* 212, 295: „Genetic Studies of the *lac* Repressor XIII. Extensive Amino Acid Replacements Generated by the Use of Natural and Synthetic Nonsense Suppressors.“
- SCHÖNIGER, M., HOFACKER, G.L. & BORSTNIK, B. (1990). *J. theor. Biol.* 143, 287: „Stochastic Traits of Molecular Evolution – Acceptance of Point Mutations in Native Actin Genes.“
- HARIRI, A., WEBER, B. & OLMSTED, J. (1990). *J. theor. Biol.* 147, 235: „On the Validity of Shannon-information Calculations for Molecular Biological Sequences.“

- HERMES, J.D., BLACKLOW, S.C. & KNOWLES, J.R. (1990). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 87, 696: „Searching sequence space by definably random mutagenesis: Improving the catalytic potency of an enzyme.“
- RENNELL, D., BOUVIER, S.E., HARDY, L.W. & POTEETE, A.R. (1991). J. Mol. Biol. 222, 67: „Systematic Mutation of Bacteriophage T4 Lysozyme.“
- SWANSON, K.W., IRWIN, D.M. & WILSON, A.C. (1991). J. Mol. Evol. 33, 418: „Stomach Lysozyme Gene of the Langur Monkey: Tests for Convergence and Positive Selection.“
- KOZIOL, J.A. (1991). J. theor. Biol. 149, 377: „On the Prevalence of Transcriptional Regions in Human Genomic DNA.“
- TUDDENHAM, E.G.D., COOPER, D.N., GITSCHIER, J., HIGUCHI, M., HOYER, L.W., YOSHIOKA, A., PEAKE, I.R., SCHWAAB, R., OLEK, K., KAZAZIAN, H.H., LAVERGNE, J.M., GIANNELLI, F. & ANTONARAKIS, S.E. (1991). Nucleic Acids Res. 19, 4821: „Haemophilia A: database of nucleotide substitutions, deletions, insertions and rearrangements of the factor VIII gene.“
- GIANNELLI, F., GREEN, P.M., HIGH, K.A., SOMMER, S., LILICRAP, D.P., LUDWIG, M., OLEK, K., REITSMA, P.H., GOOSSENS, M., YOSHIOKA, A. & BROWNLEE, G.G. (1991). Nucleic Acids Res. 19 (Sup.), 2193: „Haemophilia B: database of point mutations and short additions and deletions – second edition.“
- KIMURA, M. (1991). Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88, 5969: „Recent development of the neutral theory viewed from the Wrightian tradition of theoretical population genetics.“
- YOCKEY, H. P. (1992): „Information theory and molecular biology“ (Cambridge: Cambridge Univ. Press).
- BURNS, T.P. (1992). J. theor. Biol. 154, 219: „Adaptedness, Evolution and a Hierarchical Concept of Fitness.“
- SMITH, J.M. (1992). Nature 355, 772: „Byte-sized evolution.“
- LOOMIS, W.F. & KUSPA, A. (1992). Trends Genet. 8, 229: „Spontaneous generation of enhancers by point mutations.“
- WORDEN, R. P. (1995): In: J. theor. Biol. 176, 137: „A Speed Limit For Evolution.“

Philosophische Schlussbetrachtungen

- BURKE, D. (Ed.) (1985). „Creation and Evolution“ (Inter-Varsity Press, Leicester, GB).
- HUMMEL, C.E. (1986). „The Galileo Connection. Resolving Conflicts between Science & the Bible“ (InterVarsity Press, Downers Grove IL).
- BERRY, R.J. (1986). Nature 322, 321: „What to believe about miracles.“
- LIVINGSTONE, D.N. (1987). „Darwin’s Forgotten Defenders. The Encounter between Evangelical Theology and Evolutionary Thought“ (Eerdmans, Grand Rapids, MI).

- VAN TILL, H.J., YOUNG, D.A. & MENNINGA, C. (1988). „Science Held Hostage. What’s Wrong with Creation Science AND Evolutionism“ (InterVarsity Press, Downers Grove, IL).
- ROSE, S. (1988). Trends Bioch. Sci. 13, 160: „Reflections on reductionism.“
- ROSS, H. (1989). „The Fingerprint of God. Recent Scientific Discoveries Reveal the Unmistakable Identity of the Creator“ (Promise, Orange, CA).
- WRIGHT, R.T. (1989). „Biology Through the Eyes of Faith“ (Harper & Row, San Francisco, CA).
- KENYON, D.H. (1989). Origins Res. 12 (Nr. 1), 2: „Going Beyond the Naturalistic Mindset in Origin-Of-Life Research.“
- ROHRBACH, H. (1990). „Schöpfung: Mythos oder Wahrheit?“ (Brockhaus, Wuppertal, D).
- WILCOX, D.L. (1990). Unpublished: „The Creation: Spoken in Eternity; Established in Time“
- JOHNSON, P.E. (1991). „Darwin on Trial“ (Regnery Gateway, Washington, DC).
- HÄGELE, P.C. (1991). Glaube und Denken. Jahrb. Karl-Heim-Ges. 4, 54: „Naturgesetze, Zufall und Gottes Handeln.“
- DOVER, G.A. (1992). Nature 360, 505: „Universal Darwinism.“
- RÜST, P. (1992). Persp. Sci. Christ. Faith 44, 80: „How Has Life and Its Diversity Been Produced?“
- LIGHTMAN, A. & GINGERICH, O. (1992). Science 255, 690: „When Do Anomalies Begin?“

2.2 Morphologische Gesichtspunkte

Gerhard Danneberg

Was können wir über morphologische Entwicklungen wissen?

Das grundlegende Postulat der Evolutionstheorie besagt: Alle heute lebenden Organismen haben sich in langen Reihen aufeinanderfolgender Generationen gebildet, die selbst durch schrittweise Umbildung aus anderen Organismen entstanden sind. Es müssen daher engere und weitere Verwandtschaftskreise existieren. Der Ausgang des Lebens ist nach dieser Ansicht eine gemeinsame Urform, die in weit zurückliegender Zeit existiert hat.

Die Ursache für die Vielfalt der heutigen Organismen ist

1. die ständige Entstehung neuer erblicher Varianten;
2. die Selektionswirkung der Umwelt, die bewirkt, daß letztlich nur die optimal an die jeweilige Umwelt angepaßten Varianten überleben.

Die grundlegenden Fragen, die somit zu klären sind, lauten:

1. Hat eine Evolution stattgefunden, haben sich also die Arten seit der Entstehung des Lebens geändert?
2. Wenn eine Evolution stattgefunden hat, welchen Weg hat sie dann genommen?

Gerade die erste Frage war in christlichen Kreisen lange Zeit umstritten und ist es zum Teil noch bis heute, da das Postulat der Entwicklung der Organismen nach Meinung vieler Denker im Widerspruch zum biblischen Gedanken der Schöpfung steht. Welche Belege es für die Evolutionstheorie im Bereich morphologischer Betrachtung gibt und welche Punkte noch ungeklärt sind, möchte ich mit Hilfe eines Beispiels erläutern.

Die Entstehung des Lebens, also der oben angenommenen Urform, aus der sich alle heutigen Lebewesen entwickelt haben sollen, ist nach allgemeiner Ansicht nur im Wasser möglich gewesen. Die vielen landlebenden Formen müssen also aus wasserlebenden hervorgegangen sein.

Nach heutiger Meinung haben im Pflanzenreich die Psilophyten (Urfarne) als erste das Land besiedelt. Aus ihnen haben sich dann die heutigen Landpflanzen entwickelt. Diese ersten Landpflanzen traten zuerst vor etwa vierhundert Millionen Jahren auf. Einige Vertreter dieser Psilophyten, die fossil sehr gut erhalten sind, waren Wasserpflanzen. Sie besaßen gabelig

verzweigte Sproßachsen, die teilweise bandartig abgeflacht waren. Diese Fakten und das Fehlen von Spaltöffnungen und Cuticula (Häutchen, das bei allen Landpflanzen zur Senkung der Transpiration die Blattoberfläche überzieht) weisen eindeutig auf ein Leben im Wasser hin. Lediglich die Fortpflanzungsorgane dürften über die Wasseroberfläche geragt haben.

Einige andere Vertreter der Psilophyten aber waren eindeutig Landpflanzen wie zum Beispiel *Rhynia*. Diese Gattung, die vor etwa vierhundert Millionen Jahren lebte, stellt eine Übergangsform dar. Auf der einen Seite besitzt sie Cuticula, Spaltöffnungen und im zentralen Festigungsstrang Tracheiden. Dies sind Zellen, die eindeutig eine Wasserleitfunktion haben, was für Wasserpflanzen entbehrlich ist. Gleichzeitig aber war *Rhynia* auch den im Wasser lebenden Tangen sehr ähnlich durch den gabeligen Aufbau und durch die zentrale Lage des Festigungsstranges.

Eine solche Lage des Festigungsgewebes stellt für die wasserlebenden Tange eine sehr gute Anpassung dar, da diese ja in ihrem Medium vorwiegend Zugbelastungen ausgesetzt sind. Landpflanzen hingegen sind mehr auf Biegefestigkeit hin beansprucht. Einer solchen Beanspruchung kann besser durch periphere Festigungselemente begegnet werden. Daher besitzen auch alle heutigen Landpflanzen, wenn sie in den Luftraum ragen, solche peripheren Festigungsstränge. Hätte eine Entwicklung der höheren Landpflanzen aus den Psilophyten stattgefunden, so müßte eine Entwicklung von zentralen zu peripheren Festigungssträngen fossil belegbar sein.

Eine solche Übergangsform stellt die Gattung *Pseudosporochnus* (vor ca. 370 Mio. Jahren) dar. Hier kommt es durch einen Prozeß, den man Übergipfelung nennt, zur Ausbildung zentraler Achsen und laubblattähnlicher Seitenorgane. Während an den Endauszweigungen noch zentrale Leit- und Festigungselemente wie bei *Rhynia* vorhanden sind, ist die Abzweigung dieser Elemente von den Elementen der Achsen im Vergleich zu den äußerlich sichtbaren Verzweigungen in basaler Richtung verlagert. Somit rücken die abzweigenden Leit- und Festigungselemente zunächst in die Peripherie der Achse, bevor sie diese ganz verlassen (s. Abb. 1).

Bei der Gattung *Stauropteris* schließlich (vor ca. 300 Mio. Jahren) findet man kein einheitliches zentrales Leitelement vor. An seine Stelle sind vier Elemente getreten, von denen jedes wie ein *Rhynia*-Leitelement aufgebaut ist. Jedes dieser Elemente ist etwas vom Zentrum weg in die Peripherie verlagert. Dies wird interpretiert als eine Weiterentwicklung des *Pseudosporochnustypus*. Die dort kurz in der Peripherie verlaufenden Leit- und Festigungselemente höher gelegener Verzweigungen stoßen hier gar nicht mehr zum Zentrum hin vor, sondern verbinden sich gleich in der Peripherie tiefer gelegener Achsenabschnitte mit den Leitelementen, die von tiefer gelegenen Verzweigungen her kommen (s. Abb. 1).

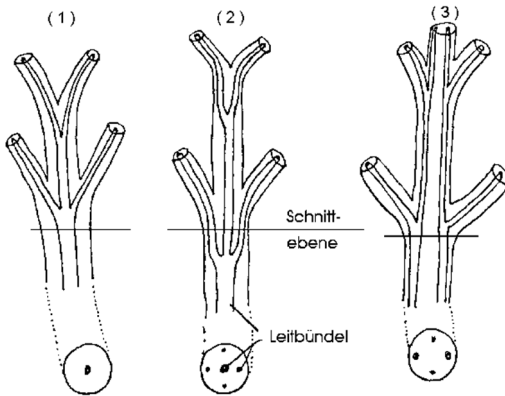


Abb. 1: Sehr schematische Entwicklungsskizze zur Verlagerung der Leit- und Festigungselemente in die Peripherie

- (1) Leit- und Festigungselement zentral
- (2) Leit- und Festigungselement z. T. in die Peripherie verlagert
- (3) Leit- und Festigungselemente vollkommen in der Peripherie

Zu den heute noch sehr stark verbreiteten Gymnospermen (Nacktsamern, dazu besonders die Nadelhölzer) leitet die Gattung *Archaeopteris* (nicht zu verwechseln mit dem Urvogel *Archaeopteryx*) über, die den typischen Holzstamm vieler heutiger Gymnospermen besaß, wobei somit die Leit- und Festigungsfunktion vom gesamten Stammquerschnitt wahrgenommen wurde. Die äußere Gestalt ähnelte sehr den Farnen.

Aus gymnospermen Vorformen haben sich dann nach allgemeiner Überzeugung die Angiospermen (Bedecktsamer) entwickelt, die einen sehr großen Teil der heutigen Flora bilden. Gegenüber den Gymnospermen sind sie unter anderem besonders ausgezeichnet durch ein noch besser ausgebildetes Wasserleitungssystem.

Welche dieser Fakten belegen nun die Evolutionstheorie, welche Tatsachen sind mehrdeutig interpretierbar und wo klaffen noch Lücken?

1. Die Evolutionstheorie fordert eine Entwicklung über einen langen geschichtlichen Zeitraum. Wenn die oben kurz skizzierte Entwicklung von den Wasserpflanzen letztlich bis hin zu den Gymno- und Angiospermen stattgefunden hat, dann müßten die ältesten Fossilien Wasserpflanzen sein, dann erst Ur-Landpflanzen und erst in jüngerer Zeit Gymnospermen und Angiospermen. Ein solcher Ablauf ist auch in der Tat belegt. Die ältesten Formen sind Blaualgen, später dann auch andere Algen. Funde reichen hier weiter als fünfhundert Millionen Jahre zurück; die Psilophytenfunde sind etwa vierhundert Millionen Jahre alt, während die ältesten Fossilien von Angiospermen kaum einhundert Millionen Jahre alt sind. Wenn es eine zeitliche Entwicklung gegeben haben sollte, müßten die Angiospermen mit ihren Eltern, also gymnospermen Formen, näher verwandt sein als mit den Urgroßeltern, wasserlebenden tangartigen Formen. Dies läßt sich morphologisch belegen. Gymno- und Angiospermen haben trotz gewisser Unterschiede untereinander recht ähnliche Leit- und Festigungssysteme, während

sich beide von wasserlebenden Tangen und Ur-Landpflanzen in dieser Hinsicht erheblich unterscheiden. Allerdings muß zur Verwandtschaftsbestimmung die gesamte Morphologie und nicht nur ein Teilaspekt herangezogen werden. Diese so morphologisch bestimmten Verwandtschaftskreise sind im übrigen ziemlich deckungsgleich mit solchen, die aufgrund biochemischer Merkmale aufgestellt wurden.

2. Wenn eine Entwicklung stattgefunden hat, so müssen auch Übergangsformen zwischen den einzelnen Organisationsstufen vorhanden sein. Für eine solche Übergangsform stellt *Rhynia* ein gutes Beispiel dar, solche Formen sind aber auch in anderen Bereichen gefunden worden.

Bisher gibt es aber sehr wenige Belege für eine direkte Entwicklung über Generationen hinweg, wobei die Veränderungen zwischen den einzelnen Generationen erfaßt werden können (vgl. die Anmerkung am Ende dieses Beitrags S. 118). Die Fossilien aller hier genannten Beispiele datieren ja um viele Millionen Jahre unterschiedlich, und es ist von daher wenig wahrscheinlich, daß sie unmittelbar voneinander abstammen, zumal sie noch von verschiedenen Fundstellen kommen.

3. Das Postulat einer Entwicklung fordert auch, daß die Grundorganisationsmerkmale aller fossilen und noch lebenden Organismen nicht verschieden sind. Dies ist sicherlich bei allen derzeit lebenden Formen der Fall. Alle Lebewesen bauen sich aus einer relativ kleinen Gruppe chemischer Verbindungen auf, und auch die zelluläre Struktur mit ganz bestimmten Zellorganellen scheint im Prinzip sehr ähnlich zu sein. Auf den chemischen Aufbau kann man mit Hilfe von Fossilien zwar nicht schließen, doch hatten bereits die Ur-Landpflanzen zum Beispiel recht ähnliche Zelltypen wie heutige Pflanzen (z. B. Tracheiden). Dennoch ist eine solche grundsätzlich mehr oder weniger gleiche Organisationsform kein zwingender Beweis für die Evolutionstheorie, läßt sie sich doch in gleicher Weise durch das Wirken eines Schöpfers erklären, der ein bestimmtes Grundmuster immer wieder ein wenig variiert.

4. Eine Selektionswirkung dahingehend, daß nur die am besten an die Umweltbedingungen angepaßten Formen optimale Fortpflanzungschancen haben, scheint es auch schon in vergangener Zeit gegeben zu haben. Die ersten Landpflanzen waren nur sehr unzureichend an den neuen Lebensraum angepaßt. In späterer Zeit erschienen dann immer angepaßtere Formen. Dies liegt in der streng gesetzmäßigen Selektion begründet, die nur den „besten“ eine Überlebenschance gibt. Ein solcher Selektionsdruck ist zum Beispiel auch dafür verantwortlich, daß in Krankenhausabwässern ein hoher Anteil gegen Antibiotika resistenter Bakterien lebt; alle übrigen wurden durch solche Medikamente abgetötet.

An welchen Punkten sind nun noch Lücken zu finden?

1. Die Kette der fossilen Beweise ist noch überaus unzulänglich. So ist zum Beispiel über die Entstehung der Angiospermen aus gymnospermen Vorfahren bisher so gut wie gar nichts bekannt. Jegliche Übergangsformen fehlen, und dies, obwohl die Entstehung dieser heute so großen Pflanzengruppe erst vor geologisch recht kurzer Zeit erfolgt sein dürfte.

2. Mit der heutigen Kenntnis von Mutation und Selektion nur unzureichend erklärbar ist die Entstehung komplexer Organe und Regelkreise. Das wohl bekannteste Beispiel in dieser Hinsicht stellt das Linsenauge dar. Es kann nur durch das gleichzeitige Zusammenwirken vieler Faktoren funktionieren. Für die Entstehung eines so komplizierten Organes müßten nach heutiger Kenntnis eine Vielzahl von Mutationen erfolgt sein, von denen jede einzelne für sich keinen besonderen Nutzen gehabt haben dürfte. Damit erscheint die Folge von Mutationen und deren Selektion gerade mit dem „Ziel“ einmal ein Auge zu bilden, sehr unwahrscheinlich. Genauso unwahrscheinlich ist es aber auch, daß eine solche Vielzahl von Mutationen gleichzeitig erfolgt sein sollte.

Jeder, der sich ernsthaft mit der Evolutionstheorie befaßt, wird zugeben müssen, daß sie noch einige Lücken enthält, das heißt Punkte, in denen sie noch nicht in irgendeiner Weise verifiziert werden konnte. Es liegt jedoch eine große Gefahr darin, wenn man diese Theorie aufgrund dieser Lücken vollkommen ablehnt und statt dessen versucht, die Texte der Bibel als Grundlage für naturwissenschaftliche Aussagen zu nehmen. Thesen, die auf dieser Grundlage vertreten werden, wirken ja nur dort glaubhaft, wo es noch an konkreter wissenschaftlicher Evidenz fehlt, und so besteht die Gefahr, daß Gott nur als Lückenbüßer für unser Unwissen eingesetzt wird. BONHOEFFER schrieb einmal: „Gott als [...] naturwissenschaftliche Arbeitshypothese ist abgeschafft [...] Es gehört zur intellektuellen Redlichkeit, diese Arbeitshypothese fallen zu lassen bzw. sie so weitgehend wie irgend möglich auszuschalten.“¹ Naturwissenschaft muß zunächst einmal versuchen, ohne diese Arbeitshypothese auszukommen und versuchen, die Welt ohne ihre Hilfe zu erklären.

Die letzte Konsequenz der Tatsache, daß Gott als Erklärung für anderweitig noch nicht erklärbare Sachverhalte benutzt wird, wäre, daß der Platz Gottes in der Welt mit steigendem Kenntnisstand immer mehr schrumpfen würde, denn mit einer Vergrößerung des Wissens wäre die Arbeitshypothese immer mehr entbehrlich.

Bislang und wohl auch für die absehbare Zukunft wird die Evolutionstheorie nur von einem Indizienbeweis gestützt. Vieles spricht für eine Ent-

¹ Widerstand und Ergebung. München 1970. S. 393

wicklung der heutigen Lebensformen, es sind aber noch genügend kritische Punkte vorhanden, die noch nicht befriedigend geklärt sind.

Höchstes Ziel gerade auch für uns Christen sollte ein intensives Bemühen um die Wahrheit sein, nicht aber die geistige und geistliche Disqualifikation des jeweils anderen.

Anmerkung (zu S. 116)

Belege für eine Entwicklung über viele Generationen hinweg sind kaum vorhanden. Eines der wenigen Beispiele in der Literatur ist das der slawonischen Sumpfschnecken (*Viviparus spec.*). Hier wurden in Ungarn in etwa 100 m mächtigen Sedimenten von der Tiefe her aufsteigend unterschiedliche Gehäuse gefunden, deren verschiedenartige Form mit ziemlicher Sicherheit nur durch eine Entwicklung der oberen Arten aus tieferliegenden ge- deutet werden kann (s. Abb. 2).

Eine spontane neue Artbildung ist durch Polyploidie (Vervielfachung des Chromosomensatzes) erklärbar und sowohl in der Zucht durchgeführt worden als auch in der Natur beobachtet. Dabei werden zwei nahe verwandte Arten mit jeweils $2n$ Chromosomen gekreuzt und es entsteht ein steriler Bastard mit ebenfalls $2n$ Chromosomen. Verdoppelt man nun durch künstlichen Eingriff diese Chromosomenzahl auf $4n$, zum Beispiel durch Kolchizinbehandlung, so entsteht eine neue fertile (fortpflanzungsfähige) Art. Im abgebildeten Beispiel (Abb. 3) wurden zwei unterschiedliche *Primula*-Arten gekreuzt, und es entstand

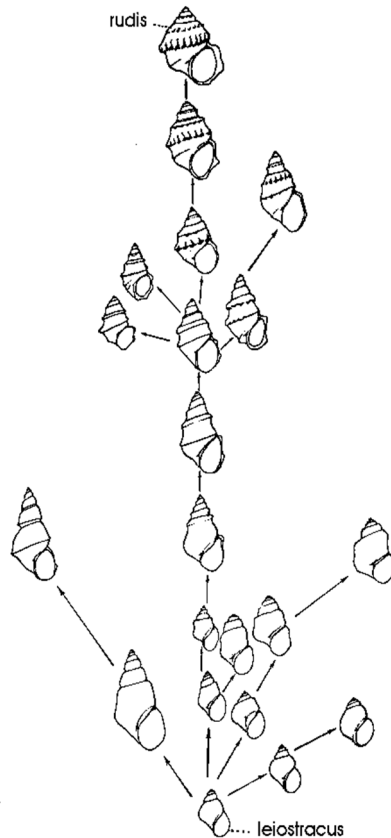


Abb 2.: Beispiel für eine kontinuierliche Evolution: die slawonische Sumpfschnecke *Viviparus*; die Gehäuse werden immer stärker ornamentiert (aus: GRASSÉ)

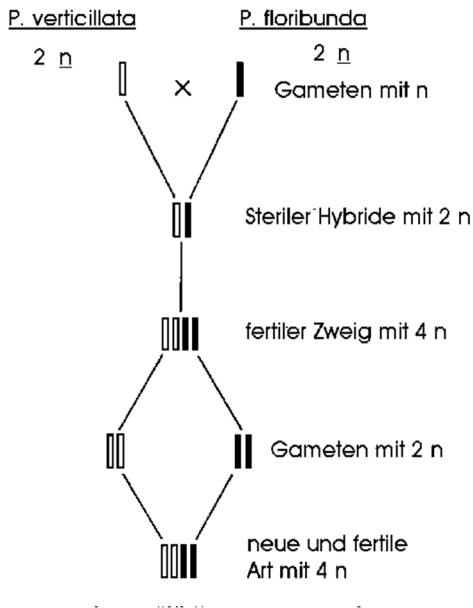


Abb. 3: Beispiel für die Entstehung einer neuen Art (*Primula kewensis*) durch Polyploidie. (aus: GRASSÉ,)

schließlich eine neue Art, *Primula kewensis*, die mit den Elternarten nicht mehr vermehrbar ist.

Viele unserer Kulturpflanzen sind auf diese Art entstanden, zum Beispiel der Weizen, wobei hier die Verdopplung des Chromosomensatzes nicht durch künstlichen Eingriff, sondern durch einen Fehler bei der Chromosomenverteilung in der natürlichen Zelle bedingt sein dürfte. Weiterhin konnte jüngst auch nachgewiesen werden, daß sich DNS unter Selektionsdruck vermehren kann. Die Vermehrung der Erbsubstanz stellt eine unabdingbare Voraussetzung

für die Entwicklung höherer Lebewesen aus einfacheren Formen dar. Ein amerikanisches Team untersuchte Säugetierzellen in Kultur, die zu Beginn gegen eine bestimmte Droge kaum resistent waren. Durch langsame Steigerung der Dosis dieser Droge über Zellgenerationen hinweg konnte schließlich eine hochresistente Stufe erreicht werden, wobei die Resistenz nachweislich auf der Vermehrung der DNS beruhte.

Literaturverzeichnis

- GRASSÉ, P. P.: Evolution. Stuttgart: Fischer
- KÄMPFE: Evolution und Stammesgeschichte der Organismen. Stuttgart: Fischer
- SCHIMKE, ROBERT: Gene Amplification and Drug Resistance. Scientific American 11/1980
- SIEWING: Evolution. (UTB). Stuttgart: Fischer
- STRASSBURGER: Lehrbuch der Botanik. Stuttgart: Fischer
- WILDER SMITH: Grundlagen zu einer neuen Biologie. (Telos). Stuttgart-Neuhausen: Hänssler
- ZIMMERMANN: Geschichte der Pflanzen. dtv. [vergriffen]

Jürgen Dahl

Bei der Blattwespe versagt die Logik*

Daß die Entwicklungsgeschichte mit kleinen Schritten den weiten Weg vom ersten Eiweiß bis zum Menschen gegangen ist, wobei sich jede Stufe aus der vorhergehenden durch irgendeine winzige Veränderung ergab, ist die weithin umstrittene Meinung der Wissenschaft. So überzeugend aber der Gedanke der schrittweisen Evolution sein mag, so schwer fällt aber immer wieder der Versuch, diesen scheinbar einfachen „Mechanismus“ auf den konkreten Einzelfall anzuwenden – dann nämlich zeigt sich erst, wieviel ungelöste Probleme die Evolutionstheorie noch enthält. Ein Beispiel dafür sind die raupenähnlichen Larven der Blattwespe *Neodiprion sertifer*.

Diese Larven nähren sich von den Nadeln der Kiefer und vertragen offenbar – so meinte man jedenfalls bisher – die Harze und die bitteren ätherischen Öle, durch die die Kiefer gegen tierische Schädlinge sonst recht gut geschützt ist. Wenn die Blattwespenlarven angegriffen werden, dann wehren sie sich, indem sie einen kleinen Tropfen zäher Flüssigkeit erbrechen und den Angreifer damit zu betupfen und zu vertreiben suchen. Solche Verteidigungsmethoden sind gerade bei den Insekten sehr verbreitet – aber bei der Blattwespe *Neodiprion* hat es mit dieser flüssigen Waffe Besonderes auf sich.

Wie THOMAS EISNER von der Cornell-Universität in Ithaca jetzt herausgefunden hat, macht es sich die Blattwespenlarve nämlich im Unterschied zu anderen Insekten sehr einfach: Sie bildet nicht wie jene in ihrem Körper eigens eine giftige Flüssigkeit, die sie gegen ihre Feinde verspritzt, sondern speichert in zwei kropffartigen Säcken neben der Mundhöhle die unbekömmlichen Bestandteile der Kiefernadeln. Freilich: Ganz so einfach ist das nicht. Denn erstens muß das Eßbare auf irgendeine Weise vom nicht Eßbaren getrennt werden, zum anderen muß dafür gesorgt sein, daß jedes von beiden den richtigen Weg geht, daß also die Harze und Öle nicht in den Verdauungstrakt geraten, und drittens schließlich muß das Gewebe der Vorratssäcke gegen die Harzsäuren unempfindlich sein. Alle drei Voraussetzungen sind bei der Larve von *Neodiprion* gegeben. Die Vorratssäcke sind mit einem chitinösen Belag ausgekleidet und dadurch hinreichend geschützt. Das Muskelgewebe der Säcke ist so außerordentlich stark, daß

* Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Verfassers aus: Die Zeit, 9. 8. 1974.

EISNER annimmt, es wirke bei der Trennung zwischen verdaulichen und unverdaulichen Bestandteilen mit. Wie diese Trennung vonstatten geht, wie es also der Larve möglich ist, während des Kauvorgangs alles Harzige in den Säcken verschwinden zu lassen und nur den Rest wirklich zu fressen, das allerdings ist noch ein Rätsel.

EISNER analysierte nicht nur den Inhalt der Säcke (der mit den Harzbestandteilen der Kiefernadeln vollkommen übereinstimmt), sondern auch den Darminhalt und den Kot der Larven. Es zeigte sich, daß darin nicht eine Spur der harzigen Substanzen enthalten ist. Der Nahrungsbrei wird demnach absolut zuverlässig in seine Bestandteile zerlegt – was etwa dasselbe bedeutet, wie wenn jemand ein mit vergifteter Wurst belegtes Brot ißt und dabei nur das Brot hinunterschluckt, die Wurst aber in einer Backetasche verstaut.

In den Taschen der Blattwespenlarve sammelt sich nun ein Vorrat des Harz-Öl-Gemisches an. Reizt man die Larve, dann wendet sie sofort ihren Kopf zu dem gefährdeten Körperpunkt und sondert einen Tropfen der Flüssigkeit ab. Es hat sich gezeigt, daß die ätherischen Öle durch ihren Geruch und die Harze durch ihre Viskosität auf Spinnen, Ameisen und Vögel teils abschreckend, teils einfach hindernd wirken. Auch wenn die Larve sich verpuppt, bleibt ihr diese Verteidigungsmöglichkeit zunächst erhalten: Reizt man den Kokon, in den sie sich eingesponnen hat, an irgendeiner Stelle, dann betupft sie diese Stelle von innen mit einem Tropfen aus der Tasche. Erst bei der Verpuppung werden die Taschen abgestoßen, vorher aber im Laufe der Metamorphose so fest verschlossen und verpackt, daß nichts davon hinausdringt und der nun entstehenden Blattwespe gefährlich werden könnte. Die Verpackung ist so fest, daß der Inhalt, wie EISNER fand, nach drei Jahren noch völlig unverändert erhalten ist.

Dies alles ist mehr als eine Kuriosität, es ist vielmehr ein Funktionsgefüge, das bis in die letzten Details von vollkommener Zweckmäßigkeit ist und das, im Lichte der Evolutionstheorie gesehen, sogleich die Frage aufwirft, wie es denn aus irgendwelchen Vorstufen heraus entstanden sein könnte, etwa als eine Spezialisierung aus Blattwespen mit laubfressenden Larven, die, durch anatomische und physiologische Veränderungen begünstigt, auf Kiefernadeln umsteigen konnten und Schritt für Schritt durch kleine Mutationen den ganzen komplexen Mechanismus entwickelten. Daß solche Zwischenformen in der Natur nur in seltenen Fällen überhaupt auffindbar sind, wird von den Evolutionsbiologen stets damit erklärt, daß diese Formen entweder ausgestorben oder bisher eben noch nicht entdeckt worden sind.

Aber gerade an einem so einfachen Fall wie den Larven der Blattwespe *Neodiprion* wird deutlich, daß solche Zwischenformen nicht einmal als

Modellvorstellungen beschrieben werden können, denn man stößt sogleich auf eines der grundlegenden *logischen* Probleme der Evolution: Die Ernährung von Kiefernadeln ist, wegen der Gefahr der Selbstvergiftung, erst möglich, wenn der Mechanismus der Trennung von Nahrungsbrei und Kiefernharz zuverlässig und perfekt arbeitet. Andererseits aber kann sich ein solcher Mechanismus, wenn er sich durch kleine Mutationsschritte Stück für Stück entwickeln soll, nur dann entwickeln, wenn die Nahrung eben aus Kiefernadeln besteht. Alle im Sinne der Evolutionstheorie denkbaren Zwischenstufen würden also entweder durch die negative Wirkung der Kiefernadeln zu einem Abbruch des unzumutbaren Entwicklungsganges führen, oder es würde, wenn das gefährliche Nahrungsmittel zunächst aus dem Spiele bliebe, jeder äußere Anlaß für eine Weiterentwicklung auf den Trenn- und Schutzmechanismus hin fehlen.

So einleuchtend die Evolutionstheorie die Gründe für eine schrittweise Entwicklung *vorhandener* Organe oder Körperteile darstellen kann, so unüberwindlich scheinen die Schwierigkeiten, wenn es darum geht, das Entstehen ganz neuer, in sich abgeschlossener anatomisch-physiologischer Funktionsgefüge in ihrem Werden aufzuklären. Vom Verständnis der Ursachen des Entwicklungsganges der Organismen sind wir noch weit entfernt – auch wenn es manchmal scheint, als hätten wir sie „im Prinzip“ begriffen.

2.3 Paläontologische Gesichtspunkte

Ronald Kaminsky

Fossile Indizien und die Rekonstruktion der menschlichen Stammesgeschichte

1. Datierungen	126
2. Morphologische Aspekte	127
3. Systematische Stellung	128
4. Stammesgeschichte	129
5. Paläontologische Funde anderer Organismen	131
6. Diskussion	134
Literaturverzeichnis	137

Ein Grund, warum über *Evolution* soviel diskutiert und gestritten wird, mag wohl darin liegen, daß sie nicht durch ein noch so geschicktes Experiment reproduzierbar ist; die großen Zeiträume der Evolution lassen sich im Labor nicht nachvollziehen. Einen Einblick in die Vergangenheit gestatten uns nur fossile Dokumente, mit denen die Paläontologen eine Rekonstruktion der Erde zu erstellen versuchen. Diese Arbeit erfordert so etwas wie kriminalistischen Spürsinn, da nicht der gesamte alte Organismus gefunden werden kann, sondern nur dessen Hartteile wie Schädel, Skelett, Panzer oder Schuppen, und dies zum Teil nur bruchstückhaft. Je nach Ablagerungsort findet man heute entweder Abdrücke in Steinen (Schiefer, Kohle) oder die Skeletteile selbst. Welche Erkenntnisse über längst vergangene Zeiten können Experten den aus „Dreck gebuddelten Knochenstückchen“ entnehmen? Um einen einigermaßen vollständigen Überblick über die Bedeutung der Paläontologie für die Evolutionstheorie zu erhalten, wäre die Lektüre von HEBERERS (1974) *Die Evolution der Organismen* notwendig; jedoch kann und soll auch an dieser Stelle kein Gesamtüberblick gegeben werden. Ich will versuchen, die Evolutionstheorie am Beispiel der Stammesgeschichte des Menschen zu skizzieren und einige wenige paläontologische Schlußfolgerungen aufzeigen. Daß ich gerade die Stammesgeschichte des Menschen aufgegriffen habe, ist nicht nur durch das natürliche Interesse an der eigenen Geschichte, sondern auch durch die gerade in den letzten Jahren gefundenen Fossilien begründet.

1. Datierungen

Für eine Einordnung der fossilen Funde ist in jedem Fall eine Zeitbestimmung erforderlich; die Datierung menschlicher Fossilien hat OAKLEY eingehend diskutiert. Er unterscheidet zwischen relativer und „absoluter“, besser: chronometrischer Datierung.

Die *relativen* Datierungen werden in vier Ordnungen gegliedert.

Relative Datierung 1. Ordnung: Auf Grund der chemischen Zusammensetzung der Knochen kann gegebenenfalls durch Vergleiche geprüft werden, ob das betreffende Fundstück wirklich zu der entsprechenden Schicht gehört, in der es gefunden wurde, oder ob das Fundstück durch spätere erneute Einlagerung oder durch Eingraben in die Schicht gekommen ist; so konnte der wahrscheinliche Betrug des Moulin-Quignon-Kiefers aufgedeckt werden (OAKLEY 1971).

Durch die relative Datierung 2. und 3. Ordnung wird die Fundschicht in der örtlichen Folge eingeordnet beziehungsweise die Stellung der Schicht der großräumigen Stratigraphie zugeordnet.

Die relative Datierung 4. Ordnung basiert auf morphologischer Datierung, das heißt, die Einordnung erfolgt nach einer Änderung (Höherentwicklung) morphologischer Merkmale, zum Beispiel Schädelvolumen. Sie gilt bisher als unzuverlässig, da die möglichen Zeitspannen nicht eng und eindeutig genug begrenzt sind.

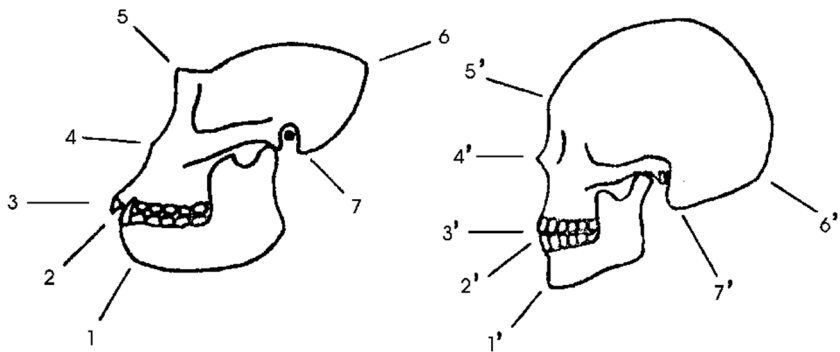
Wenn die Datierung 1. Ordnung positiv ausfällt, kann eine *chronometrische Datierung* entweder nach den Fundeigenschaften selbst, nach den Eigenschaften der Fundschicht oder nach archäologischen Belegen erfolgen. Mehr als fünfzig Hominiden (u. a. die Olduway-Hominiden in Ostafrika) sind durch radiometrische Methoden, hauptsächlich durch die Kalium-Argon-Methode (s. den Beitrag auf S. 163) bestimmt und aufgelistet worden (OAKLEY 1971). Durch die C^{14} -Methode konnte der Piltdown-Betrug aufgedeckt werden: ein rezenter Menschenschädel war mit einem „bearbeiteten“ Orang-Utan-Gebiß zusammen eingegraben, „gefunden“ und als „Urmensch“ ausgegeben worden.

Alle Datierungsmethoden auf einen Fund anzuwenden, ist schon rein theoretisch nicht möglich, man muß sich in der Praxis oft mit nur einer chronometrischen Methode begnügen. Dennoch scheint durch die Kombination von relativer Datierung und wenigstens einer chronometrischen Datierung der mancherorts aufgebrachte Vorbehalt des Zirkelschlusses (geologische Schichten werden nach Leitfossilien und Fossilien nach geologischen Schichten datiert — also chronometrische Einordnung nur nach Methoden relativer Datierung) zumindest für die hominiden Fossilien entkräftet.

2. Morphologische Aspekte

Allein relative und chronometrische Datierungen erlauben noch keine Einordnung der Fossilien in ein Evolutionsschema. Erst die zusätzlichen Erkenntnisse *morphologischer Betrachtungen* führen zu einem sogenannten Stammbaum. Aus der Vielzahl morphologischer Kriterien seien zwei beispielhaft dargestellt:

Die Mehrzahl der Funde besteht aus Schädeln beziehungsweise Kieferstücken. Nicht zuletzt deshalb soll an einem Schädelvergleich gezeigt werden, welche Rückschlüsse möglich sein können. Nach der Evolutionstheorie haben Affen und Menschen einen gemeinsamen Vorfahren (*ancient member*), der mehr pongiden (affenähnlichen) als hominiden (menschenähnlichen) Charakter hatte. In Abb. 1 sind die Stellen markiert, die eine Zuordnung des Schädels nach pongiden und hominiden Merkmalen erlauben. Übergangsformen, die zum rezenten Homo sapiens führten, können an Hand der unterschiedlichen Ausbildungen der entsprechenden Merkmale (z. B. Augenhügel, Gehirnvolumen) morphologisch eingeordnet werden.



Schimpanse

- 1 fliehendes Kinn
 - 2 Diastema (Affenlücke)
 - 3 Eckzahn
 - 4
 - 5 Überaugenwulst
 - 6 Knick
 - 7
- prognath (Schnauzenbildung)

Mensch

- 1' ausgeprägtes Kinn
 - 2'
 - 3'
 - 4' Nasenbein
 - 5'
 - 6'
 - 7' Warzenfortsatz
- orthognat (gerader Gesichtsschädel)

Abb. 1: Pongidentypische (affenähnliche) und hominidentypische (menschenähnliche) Merkmalsprägung an Schädeln von Hominoidea (Menschenaffen und Menschen) (nach THIELE 1979)

Ein anderes Kriterium ist die Stellung der Zahnreihen zueinander (Abb. 2). Die rezenten Menschenaffen haben ein U-förmiges Gebiß, während die rezenten Menschen ein halbkreisförmiges beziehungsweise parabolisches Gebiß haben. Pongide und hominide Fossilien haben ein V-förmiges Gebiß. Nach SIMONS (1977) stammen sowohl das U-förmige als auch das parabolische Gebiß von der V-Form ab. Die unterschiedliche Gradabweichung von parallelen Zahnreihen kann als Maß für eine Zuordnung in pongide oder hominide Richtung dienen (SIMONS 1977).

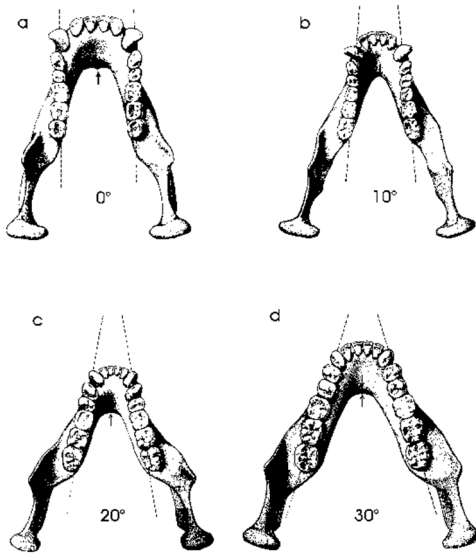


Abb. 2: Vier Unterkiefer zeigen unterschiedliche Gradabweichungen der nach hinten divergierenden Zahnbögen:

a) Kiefer eines modernen Schimpansen; sein typisch U-förmiger Zahnbogen hat parallele Zahnreihen, die Gradabweichung beträgt also 0° .

b) ist ein rekonstruierter *Dryopithecus*-Kiefer; die Zahnreihen zeigen eine Abweichung von annähernd 10° .

c) ist eine zusammengesetzte Rekonstruktion eines *Ramapithecus*-Kiefers; seine Zahnreihen bilden einen Winkel von ca. 20° .

d) schließlich ist ein rekonstruierter *Australopithecus*-Kiefer; sein typischer Winkel der Zahnreihen beträgt 30° .

(aus: SIMONS 1977).

3. Systematische Stellung

Bevor die eigentliche Stammesgeschichte skizziert wird, soll auf die *systematische Stellung* des Menschen hingewiesen werden.

- Ordnung: Primates (Herrentiere)
2. Unterordnung: Simiæ (Affen)
 2. Infraordnung: Catarrhina (Altweltaffen)
 2. Überfamilie: Hominoidea (Menschenaffen und Menschen)
 - Familie: Hominidae (fossile und rezente Menschen und deren ähnliche nächste Verwandte)

Der Mensch ist auf Grund morphologischer, cytologischer, serologischer und ethologischer Befunde in die Ordnung der Primates gestellt. Für seine Sonderstellung innerhalb dieser Ordnung gibt es ebenfalls verschiedene

Kriterien wie die menschliche Sprache oder morphologische Besonderheiten:

„Das meiste, was an morphologischen Einzelmerkmalen als unterscheidend zwischen Affe und Mensch genannt werden kann, ergibt sich aus der Umkonstruktion durch die voll aufrechte Haltung und die Steigerung des Hirnvolumens. Die aufrechte Haltung und die veränderte Lage der inneren Organe bedingten eine andere Statik des Rumpfes, die sich in einer Reihe spezifisch menschlicher Proportionen und Gestaltmerkmale ausdrückt.“ (SCHWIDETZKY 1971).

4. Stammesgeschichte

Die *Stammesgeschichte* ist in Abb. 3 wiedergegeben. Man nimmt heute an, daß Hominiden und Pongiden eine einzige gemeinsame Vorfahrenlinie besaßen, die sich erst vor fünfundzwanzig bis zehn Millionen Jahren (Miozän bzw. Pliozän) trennte. Gründe dafür sind unter anderem der gleiche Chromosomentypus und das *Dryopithecus-Muster*, das eine typische Form (5-Y-Struktur) der unteren Molaren (Backenzähne) aufweist. Die 5-Y-Struktur ergibt sich aus dem Furchungsmuster, das den Zahn unterteilt (Abb. 4).

Die Aufzweigung der Hominiden von den Pongiden hat wahrscheinlich im oberen Miozän stattgefunden, wenn man *Ramapithecus* als ältestes Dokument der Hominidenlinie ansieht. Das von LEWIS gefundene Fossil besteht „nur“ aus einem Oberkieferbruchstück mit wenigen Zähnen. Messungen der spiegelbildlich ergänzten Zahnreihen zeigen eine typisch hominide Winkelbildung, die jedoch noch nicht parabolisch ist (SIMONS 1961; s. a. Abb. 2).

Im Stammbaum folgen etwa ab sieben Millionen Jahren die Australopithecinen. Ihre hominiden Merkmale sind ein aufrechter Gang (Fußspuren in ca. 3 Mio. Jahre altem Vulkangestein, Beckenfragmente) und die Gebißausbildung. Ihre pongiden Merkmale sind unter anderem eine vorspringende Schnauze (prognath) (Abb.5).

Weitere Erläuterungen zum Stammbaumschema (Abb. 3 und Tab. 1): Man unterscheidet zwei Typen des *Australopithecus*: (1) *A. africanus* = A-Typ und (2) *A. robustus* und *A. boisei* = P-Typ. Beide bewohnten das gleiche Habitat (Lebensraum), hatten aber durch unterschiedliche Ernährungsweisen (omnivor: Allesfresser bzw. herbivor: Vegetarier) verschiedene ökologische Nischen.

In der Olduway-Schlucht, in der für viele Funde eine chronometrische Datierung möglich war, fand LEAKEY contemporär mit den Australopithecinen den *Homo habilis*; der erste Fund war der Schädel *KNM 1470*. *Homo habilis* wird heute wegen des größeren Hirnvolumens (600 cm³) und der nachgewiesenen Gerätekultur als wahrscheinlich direkter Vorgänger des *Homo erectus* angesehen. Ob *Homo habilis* vom *Australopithecus*

(A-Typ) hervorgeht oder ob beide unterschiedliche Stammbaumlinien von Ramapithecus ausgehen, ist umstritten. Australopithecus ist im Verlauf des Pleistozäns ausgestorben.

Dem Homo erectus folgte der Homo sapiens mit seinen unmittelbaren Vorläufern.

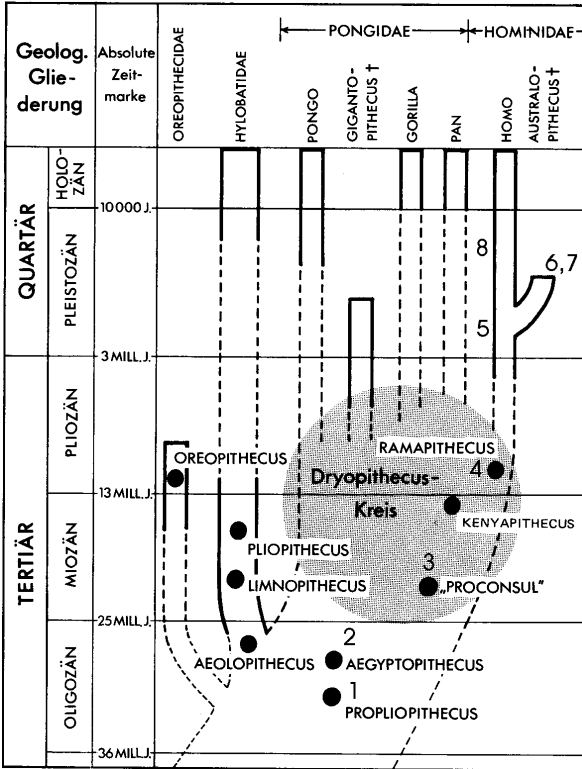


Abb. 3: Rekonstruierter Stammbaum der Hominoidea. Durchgezogene Linien repräsentieren die durch Fossilfunde belegten Abschnitte der einzelnen Entwicklungslinien. (siehe dazu auch Tab. 1, wo die mit Nummern gekennzeichneten Funde erläutert sind). (nach: STEITZ 1979)

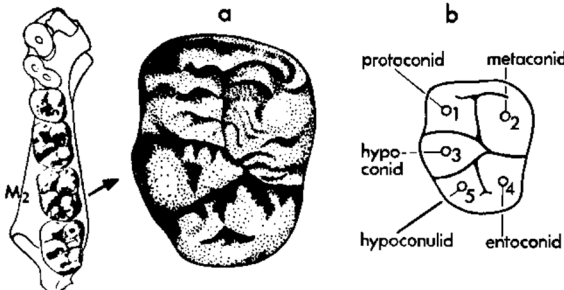


Abb. 4: Linker Unterkieferast eines Dryopithecinen, der an der Grenze vom Miozän zum Pliozän lebte. Die Molaren (M_2 ist der zweite Molar) lassen das sog. Dryopithecus-Muster erkennen. a) Unterer zweiter Molar mit Dryopithecus-Muster; vergrößert. b) Schema des Dryopithecus-Musters, auch 5-Y-Struktur genannt. Es besteht aus 5 Höckern, 3 Außen- und 2 Innenhöckern. Dazwischen befindet sich ein Furchenmuster, das ein Doppel-Y zeigt. (aus: STEITZ 1979)

Nr.	Bezeichnung	Fundort	Fundjahr	Alter in Mio. Jahren
1	Propithecus haeckeli	Fayum (Ägypten)	1911	30
2	Aegyptopithecus zeuxis	Fayum (Ägypten)	1963	28
3	Dryopithecus africanus („Proconsul“)	Viktoria-See (Kenya)	1933	20
4	Ramapithecus punjabicus	Sivalik-Berge (Nordindien)	1934	14–7
5	Homo habilis (hier: KNM-ER 1470)	Olduway (Tansania)	1964	3,8–1,8
6	Australopithecus robustus boisei	Olduway (Tansania)	1958	2–1
7	Australopithecus africanus	Taung (Südafrika)	1924	2,5–1
8	Homo erectus leakeyi (hier: KNM-ER 3733)	Olduway (Tansania)	1963	1,5
9	Homo erectus pekinensis	Chou-Kou-Tien (China)	1927	0,7–0,3
10	Homo sapiens steinheimensis	Steinheim/Murr (Deutschland)	1933	0,25
11	Homo sapiens neanderthalensis	Neandertal (Deutschland)	1856	0,1–0,04
12	Homo sapiens sapiens (hier: Cro-Magnon)	Oberkassel (Deutschland)	1914	ab 0,04

Tab. 1: Die wichtigsten Fossilien zur Stammesgeschichte des Menschen (nach THIELE 1979).

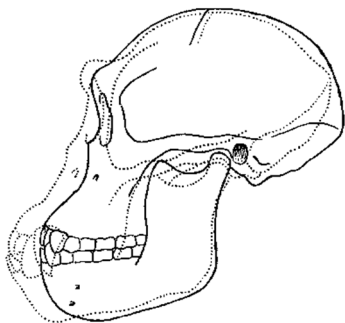


Abb. 5: Schädel eines Australopithecus vom A-Typus (ausgezogene Linie) im Umrissvergleich mit dem Schädel eines Schimpansen (gepunktete Linie). (aus HEBERER 1972)

5. Paläontologische Funde anderer Organismen

Die ältesten, nicht ganz unumstrittenen Funde, sind einfache Prokaryonten aus drei Milliarden Jahre alten Gesteinen. Es handelt sich dabei um Bakterien (*Eobakterium isolatum*) und Cyanophyceen (Blaualgen). Eine relativ reiche Dokumentation ist uns erst seit dem Kambrium (vor ca. 540 Mio. J.) erhalten (Tab. 2).

Zeitalter	Formation	Abteilung	Zeit (Mio. Jahre)
Känozoikum	Quartär	Holozän Pleistozän	1
	Tertiär	Pliozän Miozän Oligozän Eozän Paläozän	70
Mesozoikum	Kreide	Senon Emscher Turon Cenoman Gault Neokom	140
	Jura	Malm Dogger Lias	185
	Trias	Keuper Muschelkalk Buntsandstein	225
Paläozoikum	Perm	Zechstein Rotliegendes	270
	Karbon	Oberkarbon Unterkarbon	320
	Devon	Oberdevon Mitteldevon Unterdevon	400
	Silur	Gotlandium Ordovicium	480
	Kambrium		570
Algonkium			2000
Archaikum			

Tab. 2: Geologische Zeittafel

Das Auftreten der Fossilien setzt hier sozusagen „schlagartig“ ein. Hierbei muß festgehalten werden, daß die gefundenen Fossilien sich zunächst nicht einfach in ein Stammbaumschema einordnen lassen, da Vertreter der verschiedenen systematischen Gruppen nahezu gleichzeitig auftreten und dann über lange Zeiträume parallel verlaufend fast unverändert bleiben. Das gilt nicht nur für die Fossilien des Kambriums, sondern auch für die anderer Zeitabschnitte, zum Beispiel beim Übergang von der Kreidezeit zum Tertiär (Paläozän bis Pliozän) (Abb. 6).

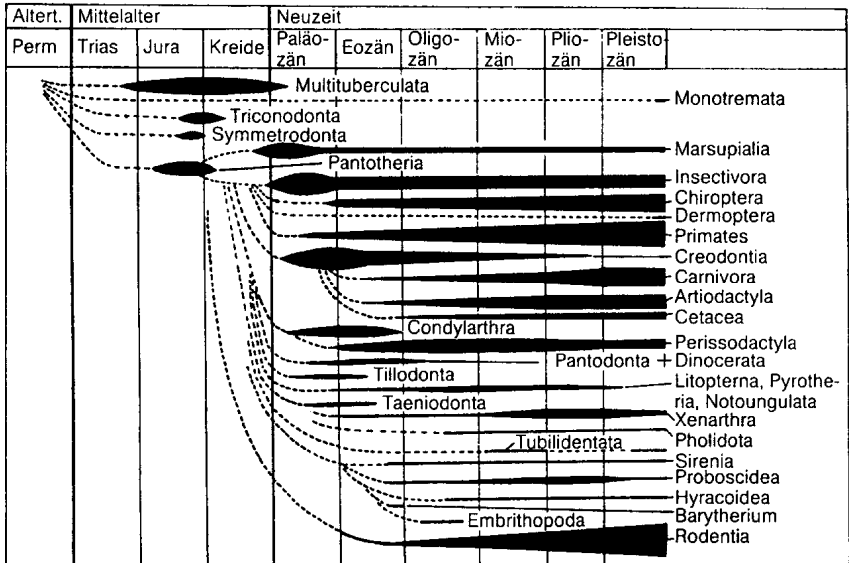


Abb. 6: Erdgeschichtliches Auftreten der Säuger mit konstruiertem Stammbaum. (aus: KAHLE (1980))

Die paläontologischen Funde sprechen also gegen eine gleichmäßige Veränderung beziehungsweise Entwicklung eines Stammbaumes. Heute wird eine Stammbaumradiation diskutiert, das heißt eine Auseinanderentwicklung verschiedener systematischer Gruppen hat in Bezug auf die Erdgeschichte sehr schnell in einem kurzen Zeitraum stattgefunden, worauf eine relativ längere Phase der Kontinuität der einzelnen Arten (oder auch Gattungen, Familien) folgte. Eine solche Stammbaumradiation könnte auf Grund einer Erschließung gänzlich neuer Lebensräume und somit sehr vieler noch unbesetzter ökologischer Nischen (z. B. Wasser → Land) stattgefunden haben.

Für manche Zeitalter ist eine ganz bestimmte Art von Fossilien so typisch, daß diese Fossilien für die betreffenden Gesteinsschichten zu Leitfossilien

ernannt wurden. Heute geschehen geologische Altersbestimmungen manchmal nicht mehr mit physikalischen Methoden, sondern mit Hilfe solcher Leitfossilien (Gefahr von Zirkelschlüssen).

Für die Dokumentation der Entwicklung in einzelnen Gruppen wird in jedem Lehrbuch als Paradebeispiel die Entwicklung des Pferdes dargestellt. Hier stimmt die zeitliche Datierung mit einer Entwicklung der Körpergröße, einer Reduktion der Seitenzehen, einer Verlängerung des Gesichtsschädels, einer Vergrößerung der Kronenhöhe der Backenzähne, einer Umgestaltung der Backenzähne und einer Entwicklung des Gehirns überein (Abb. 7). Aus der Umgestaltung der Backenzähne läßt sich eine Veränderung der Lebensweise ablesen; danach waren die ursprünglichen Arten Wald bewohnende Laubfresser, die späteren in der Steppe lebende Grasfresser.

Neben der Dokumentation der Entwicklung in einzelnen Gruppen ist die Frage nach den sogenannten *connecting links* (Übergangsformen) von einiger Bedeutung; gemeint sind Formen, die Zwischenglieder verschiedener Klassen (Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel, Säugetiere) repräsentieren. Als wohl bekanntestes *connecting link* wird *Archaeopteryx lithographica* angegeben, der Urvogel, der in sechs Funden aus den Solnhofener Plattenkalken des oberen Jura (vor ca. 150 Mio. Jahren) erhalten ist.

Allerdings muß *Archaeopteryx* wegen seiner voll ausgebildeten Flügel und Federn systematisch eindeutig den Vögeln zugeordnet werden (KUNH 1971). Obwohl der „Urvogel“ auch einige typische Reptilienmerkmale besitzt, ist seine Stellung als Bindeglied zwischen Reptilien und Vögeln damit noch nicht erwiesen.

LÖNNING (1975) zeigt, daß alle Reptilienmerkmale des *Archaeopteryx* auch bei rezenten Vögeln bzw. bei sicheren Vogelfossilien jüngerer Erdperioden nachzuweisen sind. Auch läßt sich keine eindeutige Linie bzw. kein Auseinandergehen des Stammbaums vom *Archaeopteryx* aus zu den anderen Vogelordnungen darstellen. Für andere Tierklassen sind in manchen Lehrbüchern ebenfalls Übergangsformen genannt, deren Stellung als Übergangsformen jedoch noch fraglicher ist.

6. Diskussion

Eine grundsätzliche Schwierigkeit der Paläontologie ist die, daß die Fossilien ja nicht ausstellungsfertig vorliegen, sondern meistens in vielen kleinen und oft unvollständigen Bruchstücken gefunden werden; sie müssen erst wie in einem Puzzle zusammengefügt werden. WALKER und LEAKEY (1978) sprechen von einem „dreidimensionalen Puzzle-Spiel, bei dem viele Teile fehlen und es kein Bild auf der Packung gibt“. Eine solche Arbeit, für die unter anderem gute morphologische Kenntnisse erforderlich sind, läßt sich

vielleicht mit der Arbeit eines Archäologen vergleichen, der aus Bruchstücken eine Vase zu rekonstruieren versucht.

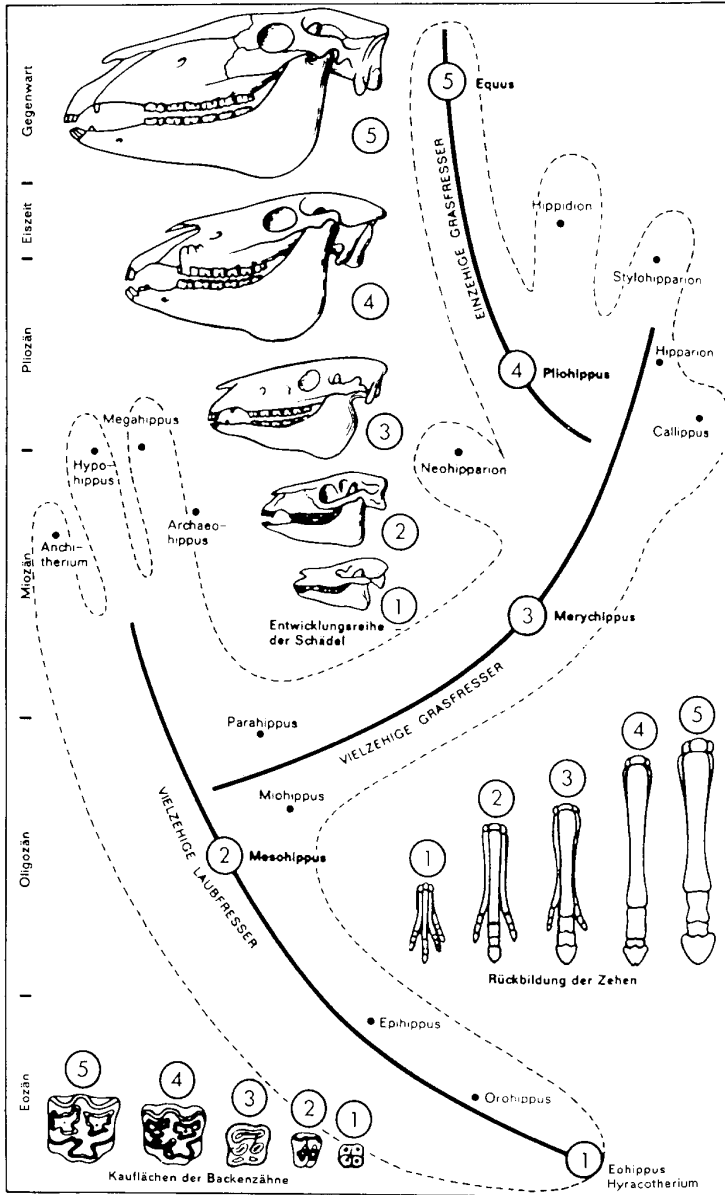


Abb. 7: Stammesgeschichte der Pferde (Erläuterungen im Text) (aus: STEITZ 1979)

Selbst bei scheinbar gelungener Rekonstruktion der fossilen Funde bringt ihre Einordnung in ein Stammbaumschema noch weitere Schwierigkeiten mit sich. Zunächst taucht die Frage auf, ob die gefundenen Fossilien überhaupt repräsentativ für die jeweilige Population sind. Weil das nicht immer der Fall sein muß, besteht die Gefahr, daß einigen Fundstücken eine viel zu große Bedeutung zugemessen werden könnte, weil gerade von ihrem Typus eine größere Anzahl gefunden wurde. Es könnte aber auch möglich sein, daß ausgestorbene Seitenzweige wegen mangelnder Fundstücke im heutigen Stammbaum gar nicht aufgeführt sind. Deshalb sind in der Paläontologie durch neue Funde immer „Überraschungen“ möglich, die eine Änderung des bis dahin angenommenen Stammbaums nötig machen können. So kommentierte zum Beispiel LEAKEY (1973) seinen Schädelfund *KNM 1470*: „Wir können diesen Schädel entweder wieder wegwerfen, oder wir müssen unsere Theorien über die Abstammung des Menschen vor die Tür kehren.“ (Daß er ihn nicht weggeworfen hat, spricht meiner Meinung nach für ihn.)

Weitere Schwierigkeiten für die Einordnung der Funde in einen Stammbaum sind die Ungenauigkeiten der Datierungen. Die Fehlergrenzen können manchmal über einen beträchtlichen Zeitraum reichen. So bestehen bis heute bei der Datierung der Olduvay-Schichten Schwankungen von einer Million Jahren, was für die Stammesgeschichte des Menschen schon ein sehr großer Zeitraum ist.

Die Beweisführung mancher sogenannter biblischer Fundamentalisten (z. B. WILDER SMITH 1974) gegen eine Stammesgeschichte des Menschen nach Mechanismen der Evolution setzt aber, sofern sie mit wissenschaftlicher Argumentation durchgeführt wird, gerade an diesen Einzelheiten ein. (Das Gift, das durch mancherlei Polemik gegen Andersdenkende produziert wird, spricht nicht gerade für die Seriosität einiger Vertreter solcher Anliegen, wie zum Beispiel CRISWELL: *Die Erschaffung des Menschen – Gott oder Gorilla?* [in Criswell 1972]). Wenn man sich vom Stil nicht ablenken läßt, findet man bei WILDER SMITH einige paläontologische Argumente, die sich auf einzelne Entdeckungen gründen. Der wohl bedeutendste Fund sind menschliche Fußspuren in einer Dinosaurierspur in Texas. Dieser Fund wird entweder als Fälschung betrachtet (die menschlichen Fußspuren seien nachträglich eingemeißelt) oder gar nicht erst zur Kenntnis genommen, was nicht gerade für die Objektivität mancher wissenschaftlicher Zeitschriftenverlage spricht. Aber selbst wenn die Echtheit des Fundes erwiesen wäre, würde mit einem einzigen Zeugnis nicht die ganze Evolutionstheorie, die mit sehr vielen Beobachtungen begründet ist, zusammenfallen. Man müßte zunächst einmal sehr gründlich nach anderen Entstehungsmöglichkeiten dieses Fundes suchen und sie ausschließen können, um einen echten Gegenbeweis zu erhalten.

Das heutige Bild der Stammesgeschichte des Menschen, wie es in einem Stammbaum dargestellt ist (z. B. Abb. 3), kann sicherlich noch nicht als endgültig gelten. Obwohl fast alle der auf diesem Gebiet arbeitenden Wissenschaftler davon ausgehen, daß sich auch der „Mensch“ nach den Mechanismen der Evolution von Vorfahren entwickelt hat, die ihm mit dem Affen gemeinsam sind, bleibt die Stammesgeschichte in vielen Einzelheiten noch offen und zum Teil umstritten.

Der dargestellte Abschnitt der Stammesgeschichte des Menschen ist jedoch nur ein kleiner Abschnitt aus der gesamten Evolution der Organismen. Insgesamt gesehen, zeigen die paläontologischen Funde in fast allen Fällen ein zeitlich nacheinander erfolgtes Auftreten morphologisch und anatomisch höherer Baupläne. Daß dieses Nacheinander (erfolgte Auftreten) durch ein Auseinander entstanden ist, bleibt zumindest für Unterschiede in der Größenordnung von systematischen Ordnungen eine – wenn auch meiner Meinung nach sehr naheliegende – Interpretation.

Literaturverzeichnis

- CHRISWELL, W. A. (1972): *Stammt der Mensch vom Affen ab?* Wetzlar: Hermann Schulte
- HEBERER, G. (Hrsg.) (1967, 1971, 1974): *Die Evolution der Organismen. Ergebnisse und Probleme der Abstammungslehre.* Stuttgart: Fischer ³1974
- HEBERER, G. (1972): *Der Ursprung des Menschen.* Stuttgart: Fischer
- KAHLE, H. (1980): *Evolution – Irrweg moderner Naturwissenschaft?* Bielefeld: MBS
- KÖNIGSWALD, G. H. R. v. (1968): *Die Geschichte des Menschen.* Berlin: Springer
- KUHN, O. (1971): *Die vorzeitlichen Vögel.* Wittenberg
- LEAKEY, R. E. F. (1973): Skull 1470. In: *National Geographic*, Vol. 143 (6), 818-829
- LÖNNING, W. E. (1975): *Archaeopterix – Paradigma evolutionistischer Fehlinterpretationen.* Stuttgart
- OAKLEY, K. P. (1964): *Frameworks for Dating Fossil Man.* London: Weidenfeld & Nicolson; dt.: *Die Datierung menschlicher Fossilien.* Stuttgart: Fischer 1971
- SCHWIDETZKY, I. (1971): *Das Menschenbild der Biologie.* Stuttgart: Fischer, 2. Aufl.
- SIMONS, E. L. (1977): Ramapithecus. In: *Sci. American* 236 (5), 28-35
- SIMONS, E. L. (1961): *The phyletic position of Ramapithecus.* Postilla, Yale Peabody Mus., 1-9

- STEITZ, E. (1979): Die Evolution des Menschen. 2.Aufl. Weinheim: Vlg. Chemie
- THIELE, U. (1979): Die Stammesgeschichte des Menschen und ihre ökologischen Aspekte. Vorlesungsskript. Universität Köln
- WALKER, A. & LEAKEY, R. E. F. (1978): The Hominids of East Turkana. In: Sci. American 239, (2), 44-56
- WILDER SMITH, A. E. (1974): Grundlagen zu einer neuen Biologie. Neuhausen-Stuttgart: Hänssler
- WOLF, J. & BURIAN, Z. (1977): Menschen der Urzeit
- ZOTZ, L. F. (1948): Vormenschen, Urmenschen, Menschen

2.4 Geologische Gesichtspunkte

Klaus Schwab

Zum Verständnis geologischer Vorgänge und geologischer Zeiträume

1. Einleitung	139
2. Die Anfänge der Geologie.....	141
3. Geologische Vorgänge auf und innerhalb der Erdkruste	143
4. Ablaufgeschwindigkeit geologischer Vorgänge und geologischer Zeiträume	145
5. Die zeitliche Aufeinanderfolge geologischer Vorgänge	151
6. Erweiterung auf einige häufig gegen die langen geologischen Zeiträume und die Evolution vorgebrachte Argumente	156
7. Schlußbemerkungen.....	158
Literaturverzeichnis	161

1. Einleitung

In letzter Zeit erscheinen zunehmend Publikationen, in denen gegen eine Evolution des Lebens, gegen die Zuverlässigkeit radiometrischer Datierungen und die langen Zeiträume von Jahrmillionen und Jahrmilliarden der geologischen Zeitrechnung argumentiert wird. Meist setzen sich die Autoren überhaupt nicht mit geologischen Fragestellungen auseinander und behaupten, die langen geologischen Zeiträume würden nur postuliert, um eine nicht erfolgte Evolution zu stützen. Andere greifen im geologischen Schrifttum publizierte Detailbeobachtungen heraus und ziehen daraus unzulässig verallgemeinernde Schlußfolgerungen, so daß für den Laien der Eindruck entsteht, hier würde wissenschaftlich ein rascher Ablauf der Erdgeschichte bewiesen. Das mangelnde Verständnis für den Ablauf geologischer Prozesse ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Autoren nie selbst regionalgeologisch gearbeitet haben.

WHITCOMB & MORRIS (1977:26) versuchen ihre Kritik an der Geologie als Nichtfachleute damit zu rechtfertigen, daß die ersten geologischen Arbeiten auch von Nichtfachleuten stammen, wie z. B. von dem Juristen CH. LYELL (1726–1797), dem Landmesser W. SMITH (1769–1839), dem Landwirt J. HUTTON (1726–1797) und dem vergleichenden Anatomen G. CUVIER (1769–1832). Dieser Vergleich ist deshalb nicht gerechtfertigt, weil all diese Forscher das

geologische Gesamtwissen ihrer Zeit überblickten und auf der Basis dieses Wissens und ihrer eigenen Beobachtungen ihre Aussagen machten. Zwischen ihnen und uns liegen zweihundert Jahre geologischer Forschung mit einer Fülle von Ergebnissen, die, wie in anderen Bereichen der Wissenschaft auch, selbst ein Geologe nicht mehr vollkommen in allen Details überblicken kann. Mitte des 18. Jahrhunderts wurde noch an keiner Universität Geologie gelehrt. Heute kann man allein an 28 Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland Geologie studieren oder sich zumindest ausreichend informieren. Wenn sich unter Mißachtung dieser Möglichkeiten Laien mit dem Anspruch, die „göttliche Wahrheit“ zu verbreiten, ein Urteil über ein naturwissenschaftliches Fach anmaßen, dessen Arbeitsweise sie nicht beherrschen und dessen Ergebnisse sie nicht verstanden haben, dann müssen sie dies nicht nur vor sich und ihren Mitmenschen verantworten. Ein besonders krasses Beispiel zeigt, was von nicht kompetenten Kritikern, wie dem Theologen WHITCOMB (1980:84) an Ungereimtheiten behauptet wird: „Sidney P. Clementson, ein englischer Ingenieur, analysierte die veröffentlichten Berichte von Gesteinen, die von zwölf Vulkanen in Rußland stammten, sowie Gesteinsproben aus anderen Teilen der Welt, die – nach den üblichen Radiokarbonmethoden ermittelt – zwischen 100 Mio. und 10 Mrd. Jahren alt sein mußten. Dabei wußte man jedoch, daß dieses Vulkangestein in den letzten 200 Jahren entstanden war!“ Dieser kleine Abschnitt enthält vier grundsätzliche Fehler:

- 1) Es gibt keine Radiokarbonmethoden, sondern nur *eine* Radiokarbonmethode, die ^{14}C -Methode.
- 2) Die Halbwertszeit des ^{14}C beträgt etwas über 5 500 Jahre, so daß man mit dieser Methode maximal Alter von 70 000 Jahren erfassen kann (GEYH 1971:22), und
- 3) enthalten vulkanische Gesteine überhaupt keinen Kohlenstoff, so daß sie mit der Radiokarbonmethode überhaupt nicht zu datieren sind.
- 4) Ein Alter von 10 Mrd. Jahren wurde bisher an keinem Gestein der Erde gemessen. Die ältesten datierten Gesteine sind etwa 3,8 Mrd. Jahre alt.

Obwohl man sich nur bei Arbeiten im Gelände mit den schwer vorstellbaren Dimensionen geologischer Untersuchungsobjekte, dem Ineinandergreifen verschiedener Vorgänge und deren Ablaufgeschwindigkeit vertraut machen kann, erscheint es dennoch angebracht, nach einer kurzen Schilderung der Anfänge der Geologie als selbständige Wissenschaft zunächst einen Abriss der geologischen Prozesse zu geben, bevor an einigen Beispielen auf die Zeitdauer eingegangen wird, in der diese Prozesse ablaufen. Dann werden die Möglichkeiten der zeitlichen Korrelation geologischer Vorgänge erläutert, um am Schluß zu einigen häufigen Argumenten gegen eine Evolution Stellung zu nehmen.

2. Die Anfänge der Geologie

An der Wiege der wissenschaftlichen Geologie standen sich zwei auf verschiedenen geistigen und religiösen Strömungen basierende Schulen gegenüber (s. ausführlich BRINKMANN 1974:32–49).

Nach der als *Neptunismus* bezeichneten Theorie von A. G. WERNER (1749 bis 1817) entstanden aus einem heißen Urozean, dessen Spiegel mit allmählicher Abkühlung sank, zunächst die aus Granit bestehenden Berggipfel und am Schluß setzten sich in den Tälern die jungen Lockermassen ab. Nach dem Schöpfungsgedanken der Bibel war für ihn die Erde durch Kräfte entstanden, die heute nicht mehr am Werke sind. Die Erdgeschichte wäre demnach eine nicht umkehrbare Entwicklung, die in der Gegenwart ihre Vollendung erreicht hat.

Dieser aus dem Rationalismus entwickelten Anschauung stand die Schule jener englischen Philosophen gegenüber, die, basierend auf dem calvinistischen Gedankengut, Gott zwar als Urheber der Welt anerkannte, das der Schöpfung folgende Geschehen aber mit Hilfe der Naturgesetze zu deuten versuchte. Beeinflußt von dieser Geistesströmung zogen G. L. DE BUFFON (1749) und J. HUTTON (1795) die Schlußfolgerung, daß die im Laufe der Erdgeschichte abgelaufenen Ereignisse nur aus einem Vergleich mit den heute sich abspielenden Prozessen und durch ein intensives Studium der Gesteine zu verstehen und zu rekonstruieren seien.

Diese als *Aktualismus*, im Englischen auch als *uniformitarianism* bezeichnete Lehrmeinung hat sich sehr bald auch gegen die *Kataklysmentheorie* (*kataklysmos* [gr.] = Überschwemmung, Sintflut) von CUVIER durchgesetzt, der beim Studium der Ablagerungen des Pariser Beckens mehrere Regressionen (Meeresrückzüge) und Transgressionen (Meeresvorstöße) rekonstruieren konnte, die jeweils durch das Verschwinden der alten bzw. das Auftreten neuer Faunengemeinschaften gekennzeichnet waren. CUVIER nahm an, daß durch periodisch wiederkehrende Katastrophen im Laufe der Erdgeschichte Faunen ausstarben, so z. B. die Mammute am Ende der Eiszeit, die älteren Säugetiere vor der Eiszeit und die riesigen Reptilien (Dinosaurier) am Ende der Kreide. In der Geologie sind heute Kataklysmentheorie und Aktualismus keine Gegensätze mehr, wie das in vielen kreationistischen Schriften behauptet wird, wenn auch Katastrophen, im Gegensatz zu der Ansicht von CUVIER, nur für einzelne Ereignisse herangezogen und nicht als Ursache für alle beobachtbaren Veränderungen angesehen werden.

Vor allem für das Aussterben der Dinosaurier und anderer Tiergruppen an der Wende Kreide/Tertiär (vor etwa 65 Mio. Jahren) werden eine Reihe von verschiedenen katastrophalen Ereignissen auch extra-terrestrischer Natur diskutiert (RUSELL 1982; MAYER 1981).

Der Aktualismus hat die geologische Forschung sehr befruchtet, gilt aber sicher nicht uneingeschränkt. Man ist heute der Ansicht, daß sich aufgrund veränderter Rahmenbedingungen in der Frühzeit der Erdgeschichte gesteinsbildende Prozesse abgespielt haben, die wir heute nicht mehr beobachten können. Insgesamt unterscheiden sich die Gesteinsassoziationen des Archaikums (3,8 - 2,5 Mrd. Jahre vor heute) und die tektonische Entwicklung der Kruste in dieser Zeit grundlegend von denen späterer Epochen (s. zusammenfassend KRÖNER 1981). Im Altproterozoikum (2,5 - 1,8 Mrd. Jahre vor heute) bildeten sich die für diese Epoche typischen Eisenerze, die Itabirite, die sich wohl nur in einer sauerstofffreien Atmosphäre bilden konnten (SCHIDLowski et al. 1974), so daß man von einer Entwicklung der Erdkruste und der Atmosphäre sprechen muß. Dieses Ergebnis kommt grundsätzlich den Vorstellungen von WERNER nahe. Andererseits hat das intensive Studium der geologischen Prozesse, der Gesteine und deren Lagerungsverhältnisse gezeigt, daß sich auf der Erde in ständigem Wechsel Gesteine bilden und auch wieder zerstört werden, so daß man von einem Kreislauf der unbelebten Materie sprechen kann (Abb. 1). Im Laufe der Erdgeschichte hat sich die Erdkruste zu dem entwickelt, was wir heute beobachten können, wobei diese Entwicklung von meist mehreren, in verschiedenen Arealen zu unterschiedlichen Zeiten abgelaufenen Kreisläufen der Gesteinsbildung und Gesteinszerstörung verursacht wird. Deshalb kann man in verschiedenen Regionen der Erde eine unterschiedlich komplexe Entstehungsgeschichte der Kruste rekonstruieren.

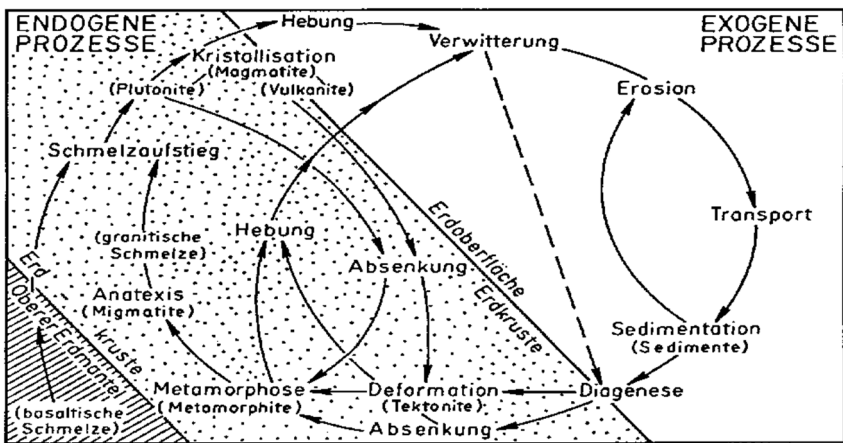


Abb. 1: Schema des Kreislaufes der unbelebten Materie, verändert und ergänzt nach WUNDERLICH (1968). Die geologischen Vorgänge, die sich an oder auf der Erdoberfläche abspielen, werden als exogene Prozesse, diejenigen, die in der Erdkruste ablaufen, als endogene Prozesse bezeichnet. In Klammern sind bei den gesteinsbildenden bzw. gesteinsverändernden Prozessen die Bezeichnungen der jeweiligen Gesteinsgruppen angegeben.

3. Geologische Vorgänge auf und innerhalb der Erdkruste

In dem Schema des Kreislaufes der unbelebten Materie, in dem die möglichen geologischen Prozesse zusammengefaßt sind, gibt es eine Reihe von Vorgängen, bei denen Gesteine gebildet werden, z. B. durch Kristallisation aus Silikatschmelze (Magma) in der Kruste oder auf der Erdoberfläche (Plutonite und Vulkanite) oder durch subaerische oder subaquatische Sedimentation (Ablagerung von klastischem Material wie Sand oder Kies oder durch Ausfällung von Kalk, Gips oder Salz aus übersättigten Lösungen). Daneben gibt es Prozesse, bei denen lockere Sedimentgesteine verfestigt werden (Sand → Sandstein), die man unter dem Begriff *Diagenese* zusammenfaßt, und Prozesse, bei denen die Gesteine durch Deformation (z. B. Faltung und/oder Zerschering) und/oder Metamorphose in ihrer Struktur und/oder ihrem Mineralbestand verändert werden (Tektonite und Metamorphite). Hochgradige Metamorphose kann zu teilweiser oder fast völliger Aufschmelzung (Anatexis) vorhandener Gesteine und so zur Bildung von Migmatiten oder bei Abtrennung der Schmelzanteile zur Bildung von meist granitischen Magmatiten führen. Durch diese Prozesse werden die alten Gesteine oft bis zur Unkenntlichkeit verändert bzw. in neue Gesteine umgewandelt. Diese metamorphen Prozesse laufen in der normalerweise 30 bis 35, maximal 70 km dicken Kruste der Kontinente ab und sind so unserer direkten Beobachtung entzogen. Für uns direkt sichtbar zerstört die Verwitterung die an der Erdoberfläche anstehenden Magmatite, Sedimente und Metamorphite.

Bei den Verwitterungsprozessen spielen Lösung, mechanische Zerkleinerung und die Neubildung von Mineralien (z. B. Tonmineralien) die wichtigste Rolle. Die bei der Verwitterung gelösten Stoffe und das mechanisch zerkleinerte Material sowie die neugebildeten Mineralien werden durch die Erosion abgetragen und stehen nach unterschiedlich weitem Transport wieder für die Bildung chemischer und klastischer Sedimente bereit. In diesem Kreislauf wird lokal durch basaltische Schmelzen, die aus dem unter der Erdkruste gelegenen Oberen Erdmantel stammen, neues Material eingebracht.

Der Wechsel in der Aufeinanderfolge der in Abb. 1 schematisch zusammengefaßten geologischen Prozesse wird von Hebungen und Senkungen der Erdkruste verursacht. Wie kann es nun zu solchen Krustenhebungen und Krustensenkungen kommen? Um das zu verstehen, muß man sich zunächst ein Modell der Erdkruste vergegenwärtigen (Abb. 2.), in das die mittleren Wellengeschwindigkeiten der longitudinalen Erdbebenwellen (= V_p) und die mittleren Dichtewerte für den Oberen Mantel, die ozeanische Kruste und die Ober- und Unterkruste der Kontinente eingetragen sind. Diskontinuitäts-Flächen, an denen die Erdbebenwellengeschwindigkeit sprunghaft

ansteigt, deuten darauf hin, daß die Ober- und Unterkruste der Kontinente und die ozeanische Kruste und der Obere Mantel aus chemisch unterschiedlichem Material zunehmender Dichte bestehen.

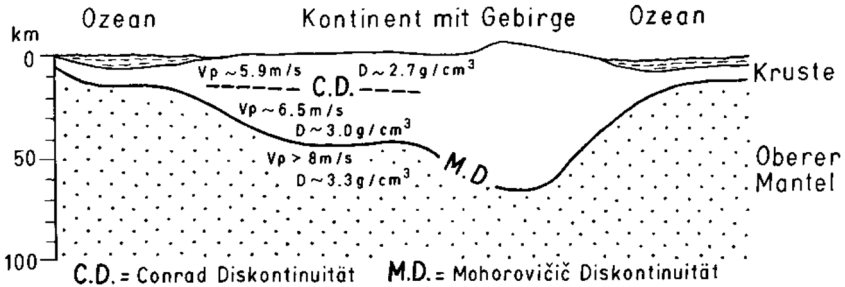


Abb. 2: Schematisches Modell der Erdkruste.

V_p = Geschwindigkeiten der longitudinalen Erdbebenwellen; D = Dichte.

Dieses aufgrund geophysikalischer Messungen, vor allem der Laufzeitgeschwindigkeit der Erdbebenwellen, entwickelte Krustenmodell zeigt, daß die kontinentale Kruste unter den jungen Gebirgen der Erde mit über 50 km sehr viel dicker ist als unter den Flachländern (30 - 35 km) und daß die Kruste der Ozeane, deren Daten denen der kontinentalen Unterkruste entsprechen, nur 8 - 10 km dick ist. Vergleicht man die kontinentale Unterkruste und die ozeanische Kruste mit auf dem Wasser schwimmenden Brettern, die unterschiedlich belastet werden, so taucht das am stärksten belastete Brett auch am tiefsten in das Wasser ein. Auf die Erdkruste übertragen, wäre die ozeanische Kruste, die von einer maximal 10 000 Meter dicken Wasserschicht der Dichte 1 überlagert wird, am geringsten belastet. In den Flachländern bzw. in den jungen Gebirgen ist die mit der ozeanischen Kruste in ihrer Dichte vergleichbare untere Kruste durch 15 - 20 bzw. 30 - 45 km mächtige Gesteine mit einer mittleren Dichte von 2,7 belastet. Diese höhere Belastung wird durch ein tieferes Eintauchen der Kruste in den Oberen Mantel kompensiert, d. h. der über Normalnull hinausragende Massenüberschuß der Gebirge wird im Untergrund durch eine mächtigere, im Vergleich zum oberen Mantel weniger dichte Kruste ausgeglichen. Diesen Zustand bezeichnet man als isostatische Kompensation, während man die Vorstellung, daß sich bei Veränderung der Krustendicke dieser Gleichgewichtszustand wieder einspielt, als Isostasie bezeichnet. Der anschauliche Vergleich mit den im Wasser schwimmenden Brettern ist nicht ganz richtig, weil Kruste und Mantel aus festen Gesteinen bestehen. Eine Erniedrigung der Erdbebenwellengeschwindigkeiten in über 100 km Tiefe deutet aber daraufhin, daß es im oberen Mantel eine Zone gibt, in der das Material zumindest plastisch deformierbar oder langsam fließfähig ist, und man kann sich

vorstellen, daß durch solche Strömungen im Mantel die vertikalen isostatischen Ausgleichsbewegungen möglich sind.

Neben diesen Vertikalbewegungen kennt man auch Horizontalbewegungen von Krustenschollen oder -platten, die wahrscheinlich von Konvektionsströmen im Oberen Mantel verursacht werden. Im Rahmen dieses Aufsatzes kann nicht auf das Konzept der Globalen Plattentektonik (s. z. B. NEGEN-DANK 1978:234ff) eingegangen werden, aber es soll doch wenigstens erwähnt werden, daß z. B. der Atlantik durch das Auseinanderdriften der amerikanischen, afrikanischen und europäischen Platte erst in jüngster Vergangenheit, vor 190 - 135 Mio. Jahren entstanden ist. Aus diesen Werten kann man eine mittlere Driftrate ermitteln, die für die divergierenden Kontinente bei etwa 1,5 cm/Jahr liegt.

In Kompressionszonen verursachen solche horizontalen Krustenbewegungen die intensive Deformation der Gesteine und somit eine Krustenverdickung, in Zerrungszonen eine Ausdünnung der Kruste, wodurch jedesmal das isostatische Gleichgewicht gestört wird, was Vertikalbewegungen zur Folge hat.

Wenn man jetzt die geologischen Prozesse der Abb. 1 einmal daraufhin überprüft, ob sie das isostatische Gleichgewicht stören und somit die Ursache für Vertikalbewegungen sein könnten, so ist klar, daß die Kruste auf eine Belastung durch mächtige Sedimentabfolgen, durch Vulkanite oder Eiskappen mit einer Absenkung reagieren muß, während umgekehrt die Verwitterung und Abtragung der Gebirge oder das Abschmelzen von Eiskappen eine Hebung der Kruste verursachen. Auch diese Vertikalbewegungen überlagern sich mit jenen durch Kompression und Zerrung verursachten Vertikalbewegungen (s. o.), so daß es im konkreten Falle nicht leicht ist, die jeweiligen Ursachen von Vertikalbewegungen anzugeben.

Dieser grobe Überblick über die verschiedenen geologischen Vorgänge vermag vielleicht ein Gefühl zu vermitteln, wie sich die verschiedenen Prozesse gegenseitig bedingen und überlagern, so daß ich nun anhand einiger Beispiele über die Größe der geologischen Untersuchungsobjekte und die Zeitspannen informieren möchte, in denen die geologischen Prozesse ablaufen.

4. Ablaufgeschwindigkeit geologischer Vorgänge und geologischer Zeiträume

Der Mississippi transportiert im Jahresdurchschnitt täglich mehr als 1 Mio. Tonnen klastisches Sedimentmaterial in den Golf von Mexico (GOULD 1970:3). Das ist eine eindrucksvolle Menge, die im Zusammenhang mit den anschaulichen Darstellungen des rasch wachsenden Mississippi-Deltas da-

zu verleiten könnte, den geologischen Prozessen eine hohe Ablaufgeschwindigkeit zuzusprechen.

Nun ist das Mississippi-Delta und die Flußmündung aber nur ein kleines Areal, in dem innerhalb des Gesamtsystems Sedimentation und Sedimenttransport ihren spektakulären Höhepunkt erreichen. Zu dem Untersuchungsobjekt Mississippi gehört auch das Einzugsgebiet des Mississippi und seiner Nebenflüsse, sowie der Teil des Golfes von Mexico, in den dieses Material verfrachtet und dann irgendwann auch abgelagert wird. In dem Einzugsgebiet findet durch die Verwitterung eine Gesteinszerstörung statt. Das durch physikalische und chemische Verwitterungsvorgänge aufbereitete Material wird teilweise abgetragen und durch das Flußsystem in den Golf von Mexico transportiert.

Somit kann man aus der Menge des in den Golf von Mexico transportierten Materials auch Rückschlüsse auf die durchschnittliche Abtragungsgeschwindigkeit in dem 3,21 Mio. km² großen Einzugsgebiet des Mississippi ziehen, aus dem diese Sedimentmenge stammt. Umgerechnet auf den Quadratmeter ergibt das 0,3115 g/Tag oder etwa 114 g/Jahr. Unter Zugrundelegung einer mittleren Gesteinsdichte von 2,5 g/cm³ wäre das pro Quadratmeter ein Materialverlust von 45,5 cm³ jährlich bzw. eine Erniedrigung von 0,00455 cm/Jahr. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß im Unterlauf des Mississippi schon sedimentiert wird, ergibt sich für das über 3 Mio. km² große Einzugsgebiet größenordnungsmäßig ein durchschnittlicher Erosionsbetrag von etwa 0,05 mm/Jahr.

Dieser Wert deckt sich sehr gut mit dem für die Gesamterde angenommenen Betrag von 0,06 mm/Jahr (ZEIL 1980:54), in dem 0,05 mm auf klastisches (aus der mechanischen Zerstörung älterer Gesteine stammendes) und 0,01 mm auf das gelöste Material entfallen. Um die gesamte Festlands oberfläche um 1 m zu erniedrigen, muß man nach dem gleichen Autor etwa 20 000 Jahre veranschlagen. Im Hochgebirge wird dieser Betrag schon in etwa 2 000 Jahren, im Mittelgebirge in etwa 5 000 bis 20 000 Jahren und in Flachländern in noch größeren Zeitspannen erreicht.

Diese Überschlagsrechnungen geben einen Anhaltspunkt für die Abtragungsgeschwindigkeit auf den Kontinenten.

Nun findet man dort an vielen Stellen magmatische Tiefengesteine oder Metamorphite, die sich nur unter Druck- und Temperaturbedingungen gebildet haben können, wie sie in mehreren Kilometern Tiefe in der Erdkruste herrschen. Das heißt, diese Gesteine müssen durch Hebung der Kruste bei gleichzeitiger Abtragung der sie überlagernden Schichten an die Erdoberfläche gelangt sein. Bei 1 m Abtragung in 20 000 Jahren werden 1 km Krustengesteine in 20 Mio. und 3 km in 60 Mio. Jahren abgetragen. Selbst wenn wir die größten Abtragungsbeträge der Hochgebirge zugrunde legen, re-

duziert sich der Abtragszeitraum für 3 km Krustengestein nur auf 6 Mio. Jahre.

Aus der geologischen Betrachtung des ausgedehnten Untersuchungsobjektes Mississippi ergibt sich zwanglos auch die Größenordnung geologischer Zeiträume.

Da die Abtragung auch durch die Krustenhebung gesteuert wird, sollen kurz einige Meßdaten von Vertikalbewegungen aus Europa angeführt werden. Nach BANKWITZ (1974) betragen die stärksten Hebungsraten in Europa 8 - 10 mm/Jahr. Sie wurden an den Rändern der nördlichen Ostsee in Finnland und Schweden und lokal in den Alpen gemessen.

In Skandinavien ist die starke Hebung eine Folge der Krustenentlastung durch das Abschmelzen der Eiskappe nach der größten Verbreitung des Eises vor ca. 16 000 Jahren. Seit dieser Zeit hat sich das Gebiet mit der ehemals mächtigsten Eisbedeckung um ca. 300 m gehoben (ZEIL 1980:109). In diesem Zusammenhang soll wenigstens erwähnt werden, daß durch das Abschmelzen des Eises der Meeresspiegel in der Größenordnung von 100 m gestiegen ist, ein geologischer Vorgang von außerordentlicher Bedeutung, der durch eine Verlagerung der Küsten die Flachmeerbereiche vergrößert und in der Flachsee die Sedimentationsbedingungen verändert hat. Durch diesen Meeresspiegelanstieg wurden vor 7000 - 8000 Jahren auch die Ostsee und die südliche Nordsee überflutet, so daß es sich bei beiden um sehr junge Flachmeerbereiche handelt.

Die lokal starke Hebungsrate und die generelle Hebung der Alpen sind eine Folge der Verdickung der kontinentalen Kruste infolge intensiver Deformationen, vor allem in Form von Deckenüberschiebungen.

Diese krustenverdickenden Deformationen vollziehen sich zunächst in den tieferen Regionen der Erdkruste, so daß diese Verdickung eine Hebung als isostatische Ausgleichsbewegung zur Folge hat. Würden die Decken entgegen der Schwerkraft so übereinandergestapelt, daß sie sofort ein morphologisches Gebirge bildeten, so wäre das eine Belastung der Kruste, die zu Absenkungen im Alpenbereich führen müßte. Weil die Hebungsrate in den Alpen größer ist als die intensive Abtragung (s. o.), bilden die Alpen ein Hochgebirge, in dem in mehreren tausend Metern Höhe Meeressedimente, Metamorphite und Plutonite an der Erdoberfläche anstehen.

Senkungsraten, die mit der Hebung der Alpen und Skandinaviens vergleichbar sind, wurden in der Po-Ebene gemessen. Diese Senkung könnte auf eine Strömung von Mantelmaterial in den Bereich der Alpen zurückzuführen sein, die dort die Hebung bewirkt. Außerdem wurde und wird ein Großteil des in den Alpen abgetragenen Gesteinsmaterials in der Po-Ebene wieder abgelagert, was für die Alpen eine Entlastung, für den Bereich der Po-Ebene eine Belastung bedeutet und so die gegenteiligen Vertikalbewe-

ungen unterstützt. Die quartären Sedimente, die in den letzten 1,8 Mio. Jahren in der Po-Ebene abgelagert wurden, erreichen an mehreren Stellen über 2000 m, im Mündungsbereich des Po sogar 3000 m Mächtigkeit (WUNDERLICH 1966:19), die der nächst älteren Epoche, des ca. 4 Mio. Jahre umfassenden Pliozäns, werden an mehreren Stellen über 4000 m mächtig. Aus den genannten Mächtigkeiten und Zeitspannen errechnen sich Sedimentationsraten in der Größenordnung von 1,0 - 1,7 mm/Jahr.

Auch aus der Menge des vom Mississippi in den Golf von Mexico transportierten Materials könnte man bei Kenntnis der Größe des Areals, auf das dieses Material durch Meeresströmungen verteilt, umgelagert und dann endgültig abgelagert wird, eine Vorstellung von der mittleren Sedimentationsgeschwindigkeit gewinnen. Nehmen wir an, der Ablagerungsraum hätte nur 10 % der Ausdehnung des Einzugsgebietes des Mississippi, so läge für das verfestigte Sediment die durchschnittliche Sedimentationsrate bei 0,5 mm/Jahr. Für eine längere Zeitspanne der Erdgeschichte stellt nach einer Reihe von Autoren dieser Wert eine obere Grenze dar (FÜCHTBAUER & MÜLLER 1977: Tab. 3.13). Aus der Flachsee des Golfes von Mexico werden aus dem deltafernen und deltanahen Bereich Sedimentationsraten von 1 cm pro Jahr und 3,2 cm/Jahr angegeben (ebd., Tab. 3.12). Vor einem Mündungsarm sind sogar Sedimentationsraten von 125 cm/Jahr gemessen worden (ebd., Tab. 3.11).

Wie lassen sich nun diese um den Faktor 1000 variierenden Werte erklären? Der Bereich maximaler Sedimentation vor einem Mündungsarm wird, bei Verlagerung der Deltafront in den Golf hinaus, dem Delta einverleibt, der Ort maximaler Sedimentation wandert dabei ebenfalls weiter in die Flachsee hinein. Auf dem Delta halten sich dann Sedimentation und Erosion fast die Waage. Dieses Wechselspiel von Sedimentation und Erosion kann man an allen Sandküsten und im Watt direkt beobachten. Eine durch stürmische See aufgeschüttete Sandbank wird bei geänderten Strömungsverhältnissen wieder eingeebnet, der Sand umgelagert. Ob langfristig Sedimentation oder Erosion überwiegt, hängt, wie wir schon gesehen haben, vor allem davon ab, ob sich der Ablagerungsraum senkt oder hebt. Die in der Po-Ebene gemessenen hohen Senkungsbeträge sind eine Zehnerpotenz höher als die über mehrere Millionen Jahre ermittelten Sedimentationsraten, so daß sie nur für kurze Perioden gültige Maximalwerte darstellen müssen.

In seinen *Karbonstudien 1-6* zieht SCHEVEN (1979/80) aus zahlreichen Beispielen, in denen in der Fachliteratur rasch sedimentierte Schichten beschrieben sind, den unzulässigen Schluß, es sei auch die ganze, bis 6000 m mächtige Abfolge des Oberkarbon in kurzer Zeit, praktisch gleichzeitig, abgelagert worden. Die falsche Schlußfolgerung aus richtigen Detailbeobachtungen zwingt SCHEVEN zu der Hypothese, die Kohlen seien aus mächtigen

gen, auf dem Meer schwimmenden Vegetationsdecken entstanden, die mit mehreren Dekameter hohen Bäumen in die klastischen Sedimente eingeschwemmt und dort lagenförmig eingeschlossen worden seien.

Diese Hypothese wurde schon im ausgehenden neunzehnten Jahrhundert von KUNTZE vertreten, der die Farne, Schuppen- und Siegelbäume der Karbonzeit zu ozeanischen Schwimmpflanzen auf einem „schwimmenden Waldboden“ in einem salzfreien Ozean erklärte (nach KRÄUSEL 1950:64). Diese Annahme ist aber durch eine Vielzahl von Salzvorkommen widerlegt, die vor und nach dem Karbon in abgeschlossenen Meeresbecken unter ariden Klimabedingungen auskristallisierten.

Die Frage der Autochthonie oder Allochthonie, ob also die Pflanzensubstanz der Kohlen vorwiegend an Ort und Stelle gewachsen sind – wofür sowohl in den Braun- als auch Steinkohlevorkommen Wurzelböden und noch aufrecht stehende Stämme sprechen – oder zusammenschwemmt wurden – was natürlich auch vorkam –, ist mit einem „Sowohl – Als-auch“ zu beantworten. Unabhängig von diesem Problem ist eine Anreicherung abgestorbener pflanzlicher Substanz nur im Bereich stagnierenden Grundwassers möglich, wo sie relativ rasch dem Luftsauerstoff entzogen und nicht vollständig zersetzt wird. Solche Vorgänge können wir heute nur in den Mooren beobachten. Die Moore der Oberkarbon- und Tertiärzeit sind trotz anderer Pflanzenvergesellschaftungen wohl mehr den heute nicht sehr verbreiteten Wald- und Riedmooren der Subtropen (z. B. den Everglades von Florida) als den weiter verbreiteten Mooren der kühleren Klimazonen vergleichbar (FÜCHTBAUER & MÜLLER 1977:571). Die Hypothese von SCHEVEN kann weder die Oberkarbon-Kohlen des Saargebietes, das keine Verbindung zum offenen Meer hatte, noch die in der Tertiärzeit auf dem europäischen Kontinent entstandenen, mehrere Dekameter bis über 100 m mächtigen Braunkohlenlager erklären, wie man sie z. B. aus der Kölner Bucht, aus Oberhessen, von Helmstedt und aus dem Geiseltal kennt. In all diesen Bereichen haben sich aufgrund lokaler Senkungen, die durch das Einsinken von tektonischen Bruchschollen oder durch die Subrosion von Salzen (unterirdische Ablagung) verursacht wurden, Moore gebildet, aus deren Torf die Braunkohlen entstanden sind. Die diagenetische Veränderung der Pflanzensubstanz kann man beim Studium mehrerer Vorkommen in allen Übergangsstadien vom Torf über die Braunkohle und Steinkohle bis zum Anthrazit verfolgen.

WHITCOMB & MORRIS (1977:193) meinen diese Zusammenhänge mit der Feststellung widerlegen zu können: „Man kennt keinen Ort, wo das Torflager in seinen tieferen Bereichen in ein typisches Kohlenlager übergeht. Alle bekannten Kohlenflöze scheinen daher in der Vergangenheit gebildet worden zu sein und werden in der Gegenwart nicht weiterhin gebildet wie es nach

dem Uniformitätsprinzip [=Aktualitätsprinzip, Anm. d. Vf.] vernünftigerweise zu erwarten wäre.“

Von den beiden Autoren ist das Aktualitätsprinzip nicht verstanden worden. Es besagt nicht, daß zu allen Zeiten gleichermaßen Kohlebildung stattgefunden habe und daß wir sie deshalb auch heute beobachten müßten, sondern daß sich nach denselben chemischen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten, nach denen sich aus den heutigen Torfen bei Versenkung in größere Erdtiefe Kohlen bilden werden, diese auch in der Vergangenheit gebildet haben. Obwohl man im Labor kleine Mengen von kohleähnlichen Substanzen in kurzer Zeit herstellen kann, benötigt die Inkohlung in der Natur lange Zeiträume und vollzieht sich erst durch Versenkung in mehrere tausend Meter Erdtiefe, so daß sie unserer direkten Beobachtung entzogen ist. Man weiß heute, daß nicht der erhöhte Druck, sondern vor allem die Temperaturzunahme und dann die Dauer der erhöhten Temperatureinwirkung die entscheidenden Faktoren für die Inkohlung sind. Das Übergangsstadium von Steinkohle zu Anthrazit wird z. B. bei einer knapp 100 Mio. Jahre währenden Temperatureinwirkung von etwa 150° C erreicht. Bei sehr viel geringerer Temperatureinwirkung führen auch lange Zeiträume nicht zu einer Steinkohlebildung. Die Unterkarbon-Kohlen von Moskau, die mit etwa 340 Mio. Jahren älter sind als die Kohlen des Ruhrgebietes, wurden nie in größere Erdkrustentiefe versenkt und dadurch keiner erhöhten Temperatur ausgesetzt. Es sind heute noch Hartbraunkohlen.

Auch in der Oberkarbonzeit müssen sich Moore auf der Schwemmfächerenebene am Fuße des varistischen Gebirges (ein jungpaläozoisches Gebirge, zu dem in Mitteleuropa die Ardennen, das Rheinische Schiefergebirge, der Harz, der Thüringer Wald und die Westsudeten gehören) gebildet haben, die gelegentlich vom Meer überflutet wurden, wie die Horizonte mit marinen Fossilien im Oberkarbon zeigen. Ob diese kurzfristigen Meeresüberflutungen durch einen Meeresspiegelanstieg oder durch eine Phase verstärkter Absenkung des Sedimentationsraumes verursacht wurden, ist nicht eindeutig zu entscheiden. Da der Sedimentationsraum insgesamt in Absenkung begriffen war, ist die zuletzt genannte Ursache die wahrscheinlichere. Wenn nun die Braun- und Steinkohlen aus dem Torf der Moore entstanden sind, so kann man aus der Wachstumsgeschwindigkeit der heutigen Flachmoore, die etwa 0,5 mm/Jahr beträgt, auch eine Vorstellung über die Bildungsdauer der Kohlenflöze gewinnen.

Setzen wir die Wachstumsgeschwindigkeit der Karbonmoore mit ebenfalls 0,5 mm/Jahr an, so würde ein 1 m mächtiges Torflager in 2000 Jahren entstanden sein. Mit der diagenetischen Umwandlung in Braun- bzw. Steinkohle ist nicht nur eine relative Anreicherung des Kohlenstoffes, sondern auch eine Abnahme des Wassergehaltes, der leichtflüchtigen Bestandteile und der

Mächtigkeit verbunden, bei Braunkohlen auf etwa die Hälfte bis ein Drittel (PETRASCHECK 1956:33), bei Steinkohlen auf etwa ein Siebtel (AVERDIECK et al. 1980). Demnach würde sich 1 m Braunkohle in 6000 Jahren, ein 100 m mächtiges Braunkohlenflöz in 600 000 Jahren bilden. Ein 1 m mächtiges Steinkohlenflöz wäre in etwa 14 000 Jahren gebildet worden. Im Ruhrgebiet gibt es über 200 Flöze mit einer Gesamtmächtigkeit von 90 - 95 m (LEONHARDT 1981:648), für deren Bildungszeit man ungefähr 1,3 Mio. Jahre veranschlagen kann. Nun weiß man nicht, ob die Pflanzenproduktion im Karbon höher war als in den heutigen Flachmooren der feucht gemäßigten Klimabereiche. Aber selbst bei einer doppelt so hohen Wachstumsrate müßte die Zeit der Kohlebildung im Oberkarbon immer noch etwa 650 000 Jahre betragen haben. Die Kohlen sind in klastische Sedimente der maximal 6000 m mächtigen Oberkarbon-Abfolge eingeschaltet, auf die man die oben diskutierten Sedimentationsraten übertragen kann. Aufgrund dieser Überlegungen scheinen die 40 Mio. Jahre realistisch, die für das Oberkarbon veranschlagt werden.

Die metamorphen Prozesse spielen sich in der Erdkruste ab. Sie sind wie die schon diskutierte Inkohlung, die aber noch den Prozessen der Diagenese (Gesteinsverfestigung) zugeordnet wird, einer direkten Beobachtung nicht zugänglich. Stehen metamorphe Gesteine an der Erdoberfläche an, so ist es Aufgabe des Geologen oder Mineralogen, die Bildungsbedingungen zu rekonstruieren. Bei den Metamorphiten kann man diese wie bei den magmatischen Gesteinen experimentell ermitteln, so daß man für die Entstehung beobachteter Mineralassoziationen bestimmte Druck- und Temperaturintervalle angeben kann. Aus diesen kann man auf einen Tiefenbereich in der Erdkruste schließen, in dem diese Druck- und Temperaturbedingungen herrschen.

5. Die zeitliche Aufeinanderfolge geologischer Vorgänge

Für die relative zeitliche Zuordnung geologischer Vorgänge wurden bereits von den ersten Geologen die Lagerungsverhältnisse herangezogen, wie es an dem schematischen Profil der Abb. 3 praktiziert werden soll. Daneben werden anhand des Profiles einige Fragen diskutiert, die der Geologe durch seine Untersuchungen beantworten muß. Durch diese kombinierte Betrachtung des Profiles kann die geologische Arbeitsweise am besten veranschaulicht werden.

1. Der älteste aus dem Profil rekonstruierbare geologische Vorgang ist die Sedimentation der Schichtfolge A. In dieser Schichtfolge müßte der Geologe klären, ob es sich bei dem konkordant (parallel zu den Schichtflächen der Sedimente) eingeschalteten Basalt um

- a) eine nachträglich eingedrungene Intrusion (= Lagergang oder Sill) oder um
 b) eine Effusion, also eine an der Erdoberfläche ausgeflossene Lavadecke handelt.
 In diesem Fall wäre zu prüfen, ob die Lava subaerisch oder subaquatisch ausgeflossen ist.

Im Falle (a) wäre der Basalt jünger als die ihn direkt überlagernden Sedimente, im Falle (b) älter als diese.

Unabhängig von dieser Frage muß aufgrund der Ausbildung und eventuell des Fossilinhaltes festgestellt werden, in was für einem Milieu (fluviatil, limnisch oder marin) die Folge A abgelagert wurde.

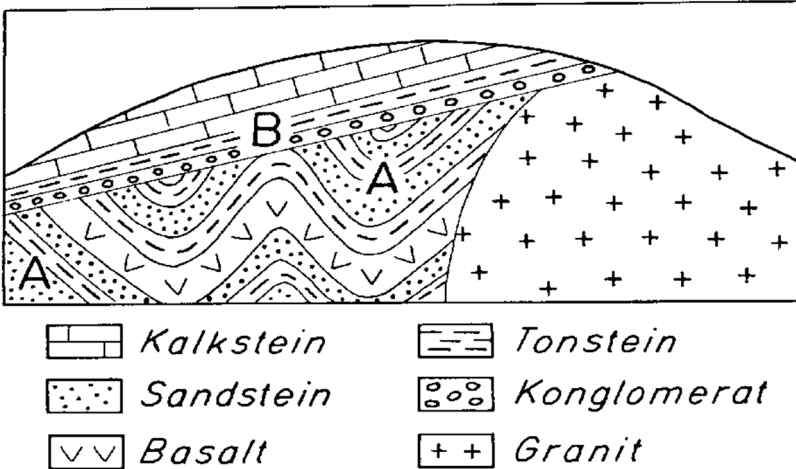


Abb. 3: Schematisches Profil eines Granites, einer gering metamorphen Sedimentfolge A mit einem eingeschalteten Basalt und einer nicht metamorphen marinen Sedimentfolge B, welche die älteren Gesteine diskordant überlagert (Erläuterungen im Text).

2. Die Schichtfolge A muß aus dem Sedimentationsniveau in größere Erdtiefe versenkt worden sein, damit
 - 3.1 die beobachtete metamorphe Überprägung, die erst bei Temperaturen über 200° C einsetzt,
 - 3.2 die Intrusion des Granites, dessen grobkristalline Ausbildung im Gegensatz zu chemisch identischen vulkanischen Gesteinen (= Rhyolithen) nur bei langsamer Abkühlung in größerer Tiefe der Erdkruste entstanden sein kann, und
 - 3.3 die Deformation (Faltung) der Folge A unter Beteiligung einer kompressiven Beanspruchung erfolgen konnten.

Die Faltung von Sedimenten ist häufig genetisch mit einer Zerschierung der Gesteine (Schieferung) verknüpft, aber es gibt auch eine zweiphasige Deformation, z. B. erst Faltung (evtl. synsedimentär) und dann unabhängig von dieser eine

Zerschierung. Durch genaue Beobachtungen und Messungen der Schicht- und Schieferflächen sind diese beiden Fälle in der Regel voneinander zu unterscheiden. Spezielle petrographische und mikroskopische Gefügeuntersuchungen können klären, ob die Prozesse 3.1, 3.2 und 3.3 mehr oder weniger gleichzeitig oder ob sie nacheinander und in welcher Reihenfolge sie abgelaufen sind. Die Lagerungsverhältnisse allein können diese Frage nicht beantworten.

4. Hebung des Erdkrustenabschnittes, damit
5. die Sedimentserie A, der Basalt und der Granit teilweise abgetragen (erodiert) werden konnten.
6. Absenkung des Erdkrustenabschnittes aus dem Erosionsniveau in das Sedimentationsniveau.
7. Sedimentation der Folge B, die diskordant (d. h. ihre Schichtflächen bilden mit den Schichtflächen der älteren Folge A einen Winkel) auf den zuvor beschriebenen Gesteinen liegt.

Der Wechsel innerhalb der als marine Ablagerung erkannten Schichtfolge B von grobkörnigen Konglomeraten (verfestigten Kiesen) über feinkörnige Tonsteine zu Kalken spiegelt die fortschreitende Meeresüberflutung wider, bei der im Küstenbereich Geröll und später im uferferneren aber noch vom Festland beeinflussten Bereich Tonmaterial und dann Kalke abgelagert wurden. Kalke sind charakteristische Ablagerungen der tropischen bis subtropischen Flachmeere. Mit Hilfe von Detailuntersuchungen müßte der Geologe herausfinden, um was für Kalke (z. B. Fossilkalke, Kalkschlämme usw.) es sich vorwiegend handelt, um daraus weitere Rückschlüsse auf die Ablagerungsverhältnisse ziehen zu können.

- 8.1 Kippung des Krustenabschnittes, evtl. im Zusammenhang mit einer weitwelligigen Faltung, da die Schichtung der Sedimente nicht mehr ungefähr horizontal liegt wie zur Zeit ihrer Ablagerung.
- 8.2 Hebung des Krustenabschnittes aus dem Sedimentationsniveau in das Erosionsniveau. Theoretisch kann die Hebung vor, gleichzeitig mit oder nach der Kippung erfolgt sein.
9. Teilweise Erosion der Folge B und der älteren Gesteine.

Die Geschwindigkeiten einiger der hier erläuterten Vorgänge wie Hebung und Senkung der Kruste, Erosion und Sedimentation wurden schon diskutiert, so daß der aufmerksame Leser in etwa ermessen kann, welche Zeitspannen für den Ablauf aller Prozesse nötig sind. Das Beispiel der Abb. 3 macht deutlich, daß jede geologische Geländeaufnahme einen historischen Aspekt enthält. Insofern ist es Unsinn, wenn WHITCOMB & MORRIS (1977:26) meinen, die historische Geologie sei scharf von den vielen anderen Disziplinen der geologischen Wissenschaft zu trennen, „die zu unserem Verständnis und der Nutzbarmachung unserer irdischen Umgebung und ihrer Vorräte einen höchst wichtigen Beitrag lieferten.“ Die Erfolge z. B. der Erdölgeologie und der Lagerstättenkunde waren und sind nur

möglich, weil auch in diesen Disziplinen die Ergebnisse der historischen Geologie und der Stratigraphie (Lehre von der zeitlichen Aufeinanderfolge der Sedimentgesteine) berücksichtigt wurden und werden.

Für die Vorstellung langer geologischer Zeiträume benötigt man die radiometrischen Altersdatierungen nicht, aber die relativen Altersverhältnisse verschiedener geologischer Vorgänge werden durch die Möglichkeiten dieser Methode gestützt und ergänzt. Sie erlauben in vielen Fällen direkt das Alter eines aus einer Lava erstarrten Gesteins (= Vulkanit) oder das Abkühlungsalter metamorpher oder plutonischer (= in der tieferen Erdkruste aus einem Magma kristallisierter) Gesteine anzugeben.

Das Studium der devonischen Gesteine des varistischen Gebirges, an dessen Nordrand die Gesteine des Karbon abgelagert wurden, hat ergeben, daß diese im Oberkarbon gefaltet und zerschert und leicht metamorph überprägt worden sind. Schon lange bevor man radiometrische Datierungen durchführen konnte, wußte man aufgrund geologischer Geländearbeiten, daß der Bereich maximaler Sedimentmächtigkeiten (maximaler Absenkung) und anschließender Deformation vom Südrand des Rheinischen Schiefergebirges bis ins Ruhrgebiet gewandert ist. K/Ar-Altersbestimmungen an Mineralien, die bei dieser schwachen Metamorphose neu gebildet wurden, haben gezeigt, daß auch die Metamorphose im Unteren Oberkarbon, in der Zeit von vor 325 bis 305 Mio. Jahren, vom Südrand zum Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges gewandert ist (AHRENDT et al. 1978).

In anderen Fällen haben radiometrische Datierungen die frühere Einstufung von fossilfreien Serien korrigiert oder erst ermöglicht. Ihre Durchführung ist allerdings nur unter Berücksichtigung zahlreicher Faktoren und die Interpretation der Ergebnisse nur in Zusammenarbeit von Geochronologen und Geologen möglich. Die Widersacher der radiometrischen Datierungsmethoden sollten bedenken, daß es Tausende von Daten gibt, die sich zwanglos in das Konzept einer 4,6 Mrd. Jahre alten Erde einfügen und mit den geologischen Geländebefunden, vor allem den Lagerungsverhältnissen, in Einklang stehen. Immer wenn gegen die radiometrischen Methoden argumentiert wird (z. B. SCHNEIDER 1981), werden diese Daten ignoriert und es wird anhand einiger nur schwierig oder gar nicht zu interpretierender Messungen behauptet, die gesamte Methode sei unsinnig. Dieses Verhalten ist mit dem Versuch vergleichbar, jemand anhand der an den Autobahnen mit einer Panne liegengebliebenen Wagen zu beweisen, es gäbe keine Möglichkeit, sich mit Hilfe eines Verbrennungsmotors fortzubewegen. Die Behauptung SCHNEIDERS (1981:112), es gäbe keine Kriterien zu entscheiden, ob Proben kongenetisch, das heißt, zur gleichen Zeit entstanden sind, ist nicht richtig. Die verschiedenen Mineralien eines Granites z. B. sind mit Sicherheit kongenetisch. Mangelndes geologisches Verständnis beweist sein

Wunsch (S. 125), „von einem einzigen Bohrkern aus einer ungestörten Schichtenfolge — etwa dem Colorado-Plateau — die radiometrischen Datierungen der Formationsgrenzen kennenzulernen“. Eine Altersdatierung klastischer Sedimente ist generell unsinnig, da sie wahrscheinlich aus verschiedenen alten Komponenten zusammengesetzt sind, die aber sicher älter sind als der Zeitpunkt der Sedimentation. Mit den radiometrischen Methoden können nur in sedimentäre Abfolgen eingeschaltete vulkanische Gesteine (Laven oder Aschen) datiert werden, weil deren Mineralien sich gleichzeitig mit den Gesteinen gebildet haben.

Die erläuterten geologischen Vorgänge, wie Hebungen und Senkungen und die damit verknüpfte Abtragung und Sedimentation oder auch metamorphe Prozesse erfordern Zeiträume in der Größenordnung von ein oder mehreren 10 Millionen Jahren. Das Alter der Erde wird aber mit 4,6 Mrd. Jahren, also um zwei Zehnerpotenzen höher veranschlagt. Es wurde schon erwähnt, daß aus der frühesten Zeit der Erde keine Gesteine überliefert sind. Das Alter von 4,6 Mrd. Jahren ergibt sich aus Messungen extraterrestrischer Proben vom Mond und von Meteoriten (WENDT 1972:99ff – zum Alter der Erde vgl. S. 168-196 in diesem Band). Innerhalb der durch Gesteine dokumentierten Erdgeschichte, die immerhin eine Zeitspanne von 3,8 Mrd. Jahren umfaßt, kann man in allen Kontinenten eine Reihe unterschiedlich alter Gebirgsbildungen (Orogenesen) rekonstruieren, die jeweils in Zeiträumen von 100 bis mehreren hundert Millionen Jahren abgelaufen sind.

Eine solche Gebirgsbildung beginnt mit dem durch Sedimentation und Basaltvulkanismus gekennzeichneten Geosynklinallstadium. Beide Erscheinungen deuten auf Krustenzerrungen hin, die für die Basaltmagmen den Weg vom Oberen Mantel durch die Erdkruste öffneten und über eine Krustendehnung die Sedimentation begünstigten.

In dem daran anschließenden Stadium der tektonischen Deformation (Tektogenese) werden die zuvor in der Geosynklinale abgelagerten und durch den Auflastdruck der überlagernden Sedimente schon diagenetisch verfestigten Sedimente gefaltet oder übereinandergeschoben. Diese Deformation bewirkt zunächst ohne wesentliche Erhöhung des Oberflächenreliefs eine Krustenverdickung. Dadurch gelangt die tiefere Kruste in Bereiche erhöhten Druckes und erhöhter Temperatur, wodurch metamorphe Prozesse einsetzen, bei denen die Gesteine umkristallisieren. Meist kommt es auch zur teilweisen Aufschmelzung von Gesteinen (Anatexis), so daß granitische Magmen in die deformierten Gesteine intrudieren. Aus dem Grade der Deformation dieser granitischen Gesteine kann man ablesen, ob sie prä-, syn- oder posttektonisch intrudiert sind.

Die Krustenverdickung bewirkt eine isostatische Hebung des deformierten Krustenabschnittes, wodurch erst das morphologische Gebirge entsteht. Mit

der Hebung setzt Abtragung ein, die abgetragenen Gesteinstrümmen werden in den Randsenken und intramontanen Senken wieder abgelagert, das Gebirge dadurch eingeebnet.

In zwei Beispielen wurde schon etwas näher auf das varistische Gebirge eingegangen, für das der Oberkarbontrog eine Randsenke und das Saar-Nahe-Gebiet eine von mehreren intramontanen Senken darstellen. Die Zeitspanne vom Beginn der Ablagerung über die Deformation und Heraushebung bis zur Einebnung für dieses Gebirge beträgt 120 Mio. Jahre (Unterdevon bis ins Perm). Für die Alpen begann die Einsenkung des Geosynklinalraumes in der Trias, vor etwa 230 Mio. Jahren (ZEIL 1980:162), und die Alpen befinden sich heute noch im Stadium der Hebung.

In allen Gebieten der Erde wechselten Zeiten der Gebirgsbildung mit Zeiten der Abtragung oder der Überflutung durch Flachmeere, so daß man durch die geologische Erforschung eines Kontinentes bzw. der gesamten Erde zu einer lückenlosen Folge von geologischen Vorgängen und Ereignissen kommt, welche die Zeitspanne von vor 3,8 Mrd. Jahren bis heute füllen. In räumlich begrenzten Arealen sind naturgemäß nur Vorgänge bestimmter Epochen der gesamten Erdgeschichte dokumentiert.

Schon in den ältesten Gesteinen der Erde, dem 3,8 Mrd. Jahre alten Isua-Quarzit in Grönland sind einzellige Mikroorganismen nachgewiesen worden (PFLUG 1982). Im Zusammenhang mit der Entdeckung der sehr frühen Lebensspuren ist die auf die erstaunliche Übereinstimmung der Infrarotspektren von interstellaren Wolken und von Zellulose und bakteriellem Material begründete Theorie von HOYLE & WICKRAMASINGHE (1982) interessant, nach der die Staubteilchen der interstellaren Wolken Bakterien sein sollen. Die Entwicklung höherer Pflanzen und Tiere fand nach den fossilen Resten, die man in den Gesteinen findet, erst in den letzten 650 Millionen Jahren der Erdgeschichte statt (MCALESTER 1981). Die im Vergleich zum Alter der Erde späte und dann noch mehrere hundert Millionen Jahre dauernde Evolution ergibt sich aus den durch andere Untersuchungen ermittelten langen geologischen Zeiträumen, und nicht umgekehrt werden lange geologische Zeiträume postuliert, um eine Evolutions-Hypothese zu stützen.

6. *Erwiderung auf einige häufig gegen die langen geologischen Zeiträume und die Evolution vorgebrachte Argumente*

Von Kritikern wird oft das Argument vorgebracht, wenn das alles stimme, dann müßten doch überall auf dem präkambrischen Grundgebirge die Schichten mit den ältesten Fossilien, und nicht wie vielfach zu beobachten, relativ junge Schichten mit schon hoch entwickelten Organismen liegen (z. B. WILDER SMITH 1976:114ff; WHITCOMB & MORRIS 1977:287). Außerdem

stören sich die Gegner einer Evolution an Schichtfolgen, in denen die jungen Fossilien unten und die älteren oben liegen (z. B. OUWENEEL 1976:25) und halten auch das für einen Befund, der gegen eine Evolution spreche. Wer solche Argumente vorbringt, beweist aber lediglich seine geologische Unwissenheit. Zeiten der Abtragung müssen sich in Sedimentabfolgen in Form von Schichtlücken dokumentieren. Auch zur Zeit der beginnenden Evolution des höheren Lebens muß ein Teil der Erde Land gewesen sein, und von diesen frühen Kontinenten dürfen wir keine Meeresablagerungen erwarten. Tektonische Deformationen haben in vielen Gebirgen der Erde zu einer inversen Lagerung von Schichtabfolgen geführt, in denen tatsächlich die jüngeren Fossilien unten und die älteren oben liegen. Diese inverse Lagerung kann man aber nicht nur mit Hilfe der Fossilien, sondern auch anhand von Sedimenttexturen belegen.

Als schlagender Beweis kurzer geologischer Zeiträume und somit einer Schöpfung, bei der alles Leben gleichzeitig entstanden ist, wird immer wieder das Nebeneinander von Saurierspuren und menschlichen Fußabdrücken in den Kreideschichten am Paluxy Fluß in Texas angeführt (z. B. WILDER SMITH 1976:119f; WHITCOMB & MORRIS 1977:203). Nach DOTT (1981:703) hat ein vorsichtiger Vertreter des Schöpfungsgedankens (NEUFELD 1975) bei seinen Untersuchungen festgestellt, daß unter den vermeintlichen menschlichen Fußabdrücken die Schichten nicht eingedrückt sind. Sie sind am Rande der Fußspuren abgeschnitten wie es bei einer nachträglichen Aushöhlung der Fall sein müßte. Er hat dann auch von älteren Anwohnern erfahren, daß für einige Leute das Aushöhlen von Fußspuren und der Verkauf an Sammler eine willkommene Einnahme in der Zeit der großen Rezession darstellte. Die ältesten sicher nachgewiesenen Fußspuren von Hominiden sind etwa 3,5 Mio. Jahre alt und wurden 1935 in Tansania entdeckt (HAY & LEAKEY 1982).

Nach der Vorstellung von WHITCOMB & MORRIS (1977) und vieler Kreationisten sind die zum Teil mehrere tausend Meter mächtigen Ablagerungen der Erdgeschichte, unter anderem mit den Kohlen der Karbonzeit, den Saurierfriedhöfen der Kreidezeit, den Kohlen der Tertiärzeit, mit Ausnahme der quartären Sedimente, durch die Sintflut entstanden. Es sollen hier nur vier Argumente gegen die Hypothese angeführt werden:

1. Zahlreiche Diskordanzen in verschiedenen alten Schichtfolgen und verschiedenen Regionen der Erde belegen, daß im Laufe der Erdgeschichte an praktisch jedem Punkt der Kontinente Zeiten der Sedimentation mit Zeiten der Abtragung abgewechselt haben. Wie ist das mit einer einzigen Überflutung zu erklären?
2. Bei einer Überflutung der ganzen Erde käme die Sedimentation sehr rasch zum Stillstand, weil es keine Liefergebiete mehr gäbe, in denen

durch Verwitterung und Erosion das Trümmermaterial entstehen könnte, aus dem die mächtigen Sedimentabfolgen aufgebaut werden (s. das Beispiel des Mississippi in Abschn. 4). Woher kam das Sedimentmaterial?

3. Bei den ältesten fossilen Wirbeltieren handelt es sich um Fische. Man findet ihre Reste in den untersten Schichten des Paläozoikums. In den Ablagerungen der Devonzeit erscheinen die ersten Amphibienreste und erst später die Reptilien als reine Landwirbeltiere, die sich als Flug- und Fische auch die Luft und die Meere als Lebensraum erschlossen haben. Erst dann erschienen die Vögel und zuletzt die Säugetiere. Wenn man die Fossilien in den sehr unterschiedlich alten Sedimenten als das Ergebnis einer Überflutung durch die Sintflut erklärt, müßte man auch erklären, warum bei einer solchen Überflutung zuerst die Fische, dann die Amphibien, Reptilien, Vögel und zuletzt die Säugetiere in den Fluten umkamen.
4. Eine Überflutung der gesamten Erde wäre nur durch eine Vermehrung um ein Vielfaches der heute in den Ozeanen, im Grundwasser, in den Flüssen und Seen vorhandenen Wassermassen möglich. Nach der Überflutung hätten diese Wassermassen wieder verschwinden müssen. Woher kam das Wasser und wohin ist es abgeflossen?

7. Schlußbemerkungen

Generell muß man feststellen, daß alle geologischen Argumente der Kreationisten zu den Naturbeobachtungen im Widerspruch stehen. Hier zeigt sich, daß für eine fundierte Kritik eben doch Fachwissen nötig ist. Es gibt natürlich auch in der Geologie unter Fachkollegen Meinungsverschiedenheiten, die meist aus der unterschiedlichen Beurteilung eines Befundes resultieren. Dies kann z. B. daran liegen, daß aufgrund schlechter Aufschlußverhältnisse nicht genügend Daten vorliegen, um eine eindeutige Interpretation vornehmen zu können. Es ist auch möglich, daß nicht alle Faktoren, welche die Bildung eines Gesteines beeinflussen, in diesem dokumentiert sind. Außerdem können die Gesteine nach ihrer Entstehung während der Diagenese, Metamorphose, Deformation oder Verwitterung so verändert worden sein, daß ehemals vorhandene Merkmale verwischt wurden.

Wenn man sich mit der Geschichte der geologischen Forschung befaßt, erkennt man, daß im Laufe der Zeit viele Theorien revidiert, neue Vorstellungen entwickelt, überprüft und wieder modifiziert wurden.

In jüngster Zeit brachte die Erforschung der Ozeanböden einen entscheidenden Fortschritt im Verständnis der Erde. Sie warf aber gleichzeitig eine Fülle neuer Probleme auf, die nun gelöst werden müssen. Dadurch kann es im

Detail zu einer Revision jetzt gültiger Ansichten kommen. Die Vorstellung über die Entstehung und Zerstörung der Gesteine, über den Ablauf der Erdgeschichte und die Dauer der geologischen Zeiträume wird sich nicht mehr wesentlich ändern.

Aus der Gesamtschau der Ergebnisse der geologischen Forschung muß man nach Art eines Indizienbeweises auf eine Entwicklung der Erdkruste, der Atmosphäre und des Lebens auf der Erde schließen.

Auch die andern Naturwissenschaftler, vor allem die Biologen und Biochemiker, müssen diesen Rahmen akzeptieren. Der Geowissenschaftler hat ihnen gegenüber vielleicht den Vorteil, daß er aufgrund seiner Kenntnisse der Erdkruste und ihrer Entwicklung nicht so vermessen ist, nur das für möglich zu halten, was er in seinem kurzen Erdenleben und unter bestimmten Laborbedingungen experimentell nachvollziehen oder anhand von Modellrechnungen wahrscheinlich machen kann. Die Entwicklung der Erde und des Lebens wurde sicher auch von nicht mehr einwandfrei rekonstruierbaren Faktoren beeinflusst, die im Labor nicht simuliert werden können. Der Geologe ist es gewohnt, den Jetztzustand gewissenhaft aufzunehmen und aus diesem, zum Teil über induktive Schlüsse, zu versuchen, die Ursachen für rekonstruierte Vorgänge zu ergründen. Dabei kommt er oft über Vermutungen nicht hinaus. Deshalb gibt es auch keinen Paläontologen, der behauptet, er wüßte, warum die Quastenflosser im Devon unter Veränderung ihres Körperbaues sich zu den ältesten Amphibien entwickelt und das Land besiedelt haben, oder warum eine Gruppe von Reptilien im Jura zu fliegen begann und sich zu den Vögeln entwickelte. Kann die Tatsache, daß niemand, weder ein Geo- noch ein Biologe noch sonst ein Naturwissenschaftler weiß, wie und warum die Evolution erfolgt ist, ein Beweis dafür sein, daß sie nicht stattgefunden hat? Das gleiche Argument gälte ja auch für die Kreation. Vom Standpunkt der Wissenschaft aus muß man meines Erachtens in erster Linie die Ergebnisse der geologischen und paläontologischen Forschung heranziehen. Sie zwingen uns, eine Evolution zu postulieren, weil diese allein die geologischen und paläontologischen Befunde befriedigend erklären kann.

Im Gegensatz zu der aus den Forschungsergebnissen sich zwangsläufig ergebenden Evolution ist die Kreation, nach der die Erde 6000 - 7000 Jahre (z. B. HEINZE 1981) oder 8000 - 10000 Jahre (z. B. WHITCOMB & MORRIS 1977: Fußnote auf S. 360) alt sein soll, eine, allerdings schon sehr alte, Hypothese. Sie ist nicht durch Forschungsergebnisse entwickelt worden und ihre heutigen Vertreter leisten auch keine konstruktiven Beiträge zu einem Verständnis des Aufbaues und der Entwicklung der Erde. Wäre dies der Fall, dann müßten zahlreiche Publikationen von Kreationisten vorliegen, in welchen die vier am Ende des letzten Abschnittes aufgelisteten Aspekte und

Fragen diskutiert und beantwortet würden. Die geologische Arbeitsweise der Kreationisten ist rein destruktiv. Sie versuchen die Indizien der Beweiskette, aus der man die Evolution folgern muß, zu erschüttern und bei dieser Gelegenheit die Kreation als einzig mögliche Alternative darzustellen.

Den Versuch, Evolution und Kreation zu weltanschaulichen Gegensätzen hochzustilisieren und zu behaupten, die Kommunisten und Nationalsozialisten würden den Darwinismus und die Evolution vertreten, die Theisten dagegen an die Schöpfung glauben (WILDER SMITH 1976:165ff), halte ich für eine unzulässige und gefährliche Verquickung von Wissenschaft und Glaube. Jeder Mensch hat die Freiheit, das zu glauben, was er will, wie z. B. WHITCOMB & MORRIS (1977:25): „Wir glauben, daß die Bibel als verbal inspiriertes und völlig unfehlbares Wort Gottes uns den wahren Rahmen für historische und wissenschaftliche Interpretationen wie auch für die sogenannte religiöse Wahrheit bietet.“ Ein solcher persönlicher Glaube hat allerdings keinerlei Folgen für die Wissenschaft, wie die Autoren durch die Titelwahl ihres Buches anzudeuten versuchen: *Die Sintflut, der Bericht der Bibel und seine wissenschaftlichen Folgen*. Persönlich muß der derart Gläubige allerdings die Konsequenz ziehen, sich nicht mehr mit der Wissenschaft zu befassen, und die beiden genannten Autoren geben dies gelegentlich auch zu, wenn sie z. B. unter dem Eindruck des hohen Alters radiometrischer Datierungen schreiben (ebd. S. 359): „In Ermangelung einer diesbezüglichen Offenbarung ist es bis heute unmöglich, über diese Frage endgültig zu entscheiden.“ Auch dies könnte man als persönlichen Glauben akzeptieren. Es ist aber mehr als fragwürdig, wenn Kreationisten aufgrund mangelnder Informationsbereitschaft durch Verbreitung von Halb- und Unwahrheiten versuchen, andere vom Kreationismus zu überzeugen. Ich halte es für unaufrichtig, unter dem Deckmantel der Wissenschaft Glaubenssätze zu verbreiten, wie dies auch OUWENEEL (1976) als Mitglied der *Creation Research Society* tut. Nach ihm (ebd. S. 8) werden in diese Gesellschaft nur solche Naturwissenschaftler mit abgeschlossenem Hochschulstudium aufgenommen, die an die Schöpfung glauben, wie die Bibel sie beschreibt. Solche Satzungen passen nicht zu einer wissenschaftlichen Gesellschaft der westlichen Welt. Nach den oben zitierten Aussagen von Kreationisten muß man sich fragen, ob sie überhaupt in der Lage sind, die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung zu akzeptieren?

Wissenschaftliche Forschungsergebnisse kann man nur unbefangen bewerten, wenn man dem Schöpfungsbericht der Bibel nicht den Rang eines von Gott diktierten wissenschaftlichen Lehrbuches beimißt. Das will er nach dem Verständnis zahlreicher Theologen auch nicht sein. Dann kann auch der gläubige Christ mit der Vorstellung einer 4,6 Mrd. Jahre alten Erde und einer über 600 Millionen Jahre währenden Evolution der Organismen leben.

Literaturverzeichnis

Da sich der vorliegende Aufsatz an den interessierten Laien wendet, habe ich versucht, mich bei den Literaturziten auf allgemein verständliche und leicht zugängliche neuere Publikationen zu beschränken. Diejenigen Leser, die tiefer in die Materie einsteigen möchten, finden darin die Originalliteratur angegeben.

- AHRENDT, H. ET AL.: K/Ar-Altersbestimmungen an schwach-metamorphen Gesteinen des Rheinischen Schiefergebirges. Z. dt. geol. Ges. (Hannover) **129** (1978), 229-247
- AVERDIECK, F.-R., HAYEN, M. & WILLKOMM, H.: Der Entwicklungsgang im zeitlichen Ablauf und „Moorarchäologie“. In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde 378 A. Stuttgart: Schweizerbart 1980, 77-129
- BANKWITZ, P.: Materialien zum tektonischen Bau von Europa. Rezente vertikale Krustenbewegungen. Karte 1:6 000 000. Gotha: Haack 1974
- BRINKMANN, R. (Hrsg.): Lehrbuch der Allgemeinen Geologie. I. Band. Stuttgart: Enke ²1974
- BUFFON, G. L. DE: Histoire Naturelle. Théorie de la Terre. Vol. I. Paris: 1749
- DOTT, H.R.: The challenge of scientific creationism. J. Sedimentary Petrology (Tulsa, Oklahoma) **51** (1981), 701-704
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G.: Sediment-Petrologie. Teil II: Sedimente und Sedimentgesteine. Stuttgart: Schweizerbart ³1977
- GEYH, M. A.: Die Anwendung der ¹⁴C-Methode. (Clausthaler Tektonische Hefte 11). Clausthal: Pilger 1971
- GOULD, H. R.: The Mississippi Delta Complex. In: MORGAN, J. P. (Hrsg.): Deltaic Sedimentation modern und ancient. (Soc. Econ Paleontologists and Mineralogists. Spec. Publ. No. 15.) Tulsa/Oklahoma: 1970, 3-30
- HAY, R. L. & LEAKEY, M. D.: The fossil footprints of Laetoli. Scientific American **246** (1982), (2), 38-45
- HEINZE, H.: Die Datierungsfragen der Geologie unter der Lupe. 4. Fortsetzung und Schluß. factum (Heerbrugg), März 1981, 9-12
- HOYLE, F. & WICKRAMASINGHE, CH.: Wie das Leben auf die Erde kam. bild der wissenschaft, 1/1982, 38-54
- HUTTON, J.: Theory of the Earth, with proofs and illustrations. Vol I. Edingburgh: 1795
- KRÄUSEL, R.: Versunkene Floren. Eine Einführung in die Paläobotanik. Frankfurt/M.: Kramer 1950
- KRÖNER, A.: Krustenevolution im Archaikum: Fakten, Hypothesen, Phantasien. I.: Gesteine des Archaikums. II.: Modellvorstellungen. Natur und Museum (Frankfurt/M.) **111** (1981), 161-181; 179-219
- LEONHARDT, J.: Die Kohlendgrundlagen des deutschen Steinkohlenbergbaus. Glückauf (Essen) **117** (1981), 846-855

- MAYER, P.: Das Ende einer Dynastie. *Geo* 11/1981, 96-106
- MCALESTER, A. L.: Geschichte des Lebens. (dtv wissenschaft). Stuttgart: Enke 1981
- NEGENDANK, J.: Geologie, die uns angeht. In: PROSKE, R. (Hrsg.): Aktuelles Wissen. Gütersloh: Bertelsmann Lexikon 1978
- NEUFELD, J. D.: Dinosaur tracks and giant men. *Origins*, Vol. 2 (1975), 64-76
- OUWENEEL, W. J.: Schöpfung oder Evolution? Neustadt a d Weinstraße: Ernst-Paulus-Verlag 1976, 7. Aufl. 1979
- PETRASCHECK, W. E.: Kohle. In: FRISCH, K. v. (Hrsg.): Verständliche Wissenschaft. Springer 1956
- PFLUG, H. D.: Lebensspuren älter als die Erde? *bild der wissenschaft* 1/1982, 56-62
- RUSSEL, D. A.: Der Untergang der Dinosaurier. *Spektrum der Wissenschaft* 3/1982, 16-24
- SCHEVEN, J.: Karbonstudien 1-6. *factum* Okt. 1979, 15-18; Nov./Dez. 1979, 9-11; Jan. 1980, 30-33; Febr. 1980, 20-33; März 1980, 24-27; Juni 1980, 10-16
- SCHIDLOWSKI, M., EICHMANN, R. & JUNGE, CHR. E.: Evolution des irdischen Sauerstoff-Budgets und Entwicklung der Erdatmosphäre. *Umschau (Frankfurt/M)* 74 (1974), 703-707
- SCHNEIDER, H.: Datierungsmethoden und ihre physikalische Relevanz. In: GITT, W. (Hrsg.): Struktur und Information in Technik und Natur. (Vorträge des 37. PTB-Seminars). Braunschweig: 1981, 105-135
- WENDT, J.: Radiometrische Methoden in der Geochronologie. (Clausthaler Tektonische Hefte 13). Clausthal: 1972
- WHITCOMB, J. C.: Die Welt, die unterging. Neuhausen-Stuttgart: Hänssler 1980
- WHITCOMB, J. C. & MORRIS, H. M.: Die Sintflut. Neuhausen-Stuttgart: Hänssler 1977
- WILDER SMITH, A. E.: Herkunft und Zukunft des Menschen. Neuhausen-Stuttgart: Hänssler 1976
- WUNDERLICH, H.-G.: Wesen und Ursachen der Gebirgsbildung. (B. I. Hochschultaschenbücher 339, 339a, 339b). Mannheim: 1966
- WUNDERLICH, H.-G.: Einführung in die Geologie. I.: Exogene Dynamik. (B. I. Taschenbücher 340/340a). Mannheim 1968
- WUNDERLICH, H.-G.: Einführung in die Geologie. II.: Endogene Dynamik. (B. I. Taschenbücher 341/341a.) Mannheim: 1968
- ZEIL, W. (Neubearb.): Brinkmanns Abriß der Geologie. 1. Band: Allgemeine Geologie. Stuttgart: Enke ¹²1980

2.5 Fragen der Altersbestimmung

Hans Rudolf Brugger

Altersbestimmungen in Geologie und Astronomie

1. Einführung	164
1.1 Ein geschichtlicher Rückblick	164
1.2 Radioaktivität – das Stundenglas der Geologen	165
2. Wie alt sind unsere Steine?	168
2.1 Die Kalium-Argon- und die Argon-Argon-Methode	168
2.2 Die Isochronen: Datierung mit eingebauter Kontrolle	171
2.3 Die ältesten Gesteine	175
3. Fremde Welten: Mond und Meteorite	180
3.1 Die Beschaffenheit der Mondoberfläche	180
3.2 Wie alt sind die Mondgesteine?	184
3.3 Die Entwicklung des Mondes	186
3.4 Fragmente im Sonnensystem – Meteorite	187
3.5 Das Alter der Meteorite	191
4. Wenn Sterne altern	196
4.1 HRD – das Diagramm der Stellar-Astrophysik	196
4.2 Der physikalische Aufbau eines Sterns	198
4.3 Geburt und Tod der Sterne	200
4.4 Das Alter der Sternhaufen	202
4.5 Kosmische Alchemie: Wie sind die Elemente entstanden?	205
4.6 Die frühe Milchstraße	207
5. HUBBLE und das Alter der Welt	208
5.1 In den Tiefen des Raums	208
5.2 Die Expansion des Universums	211
5.3 Das Alter des Weltalls	216
5.4 Vom Urknall zum Sonnensystem	218
6. Altersbestimmungen aus der Sicht des Kreationismus	222
6.1 Was ist Kurzzeit-Kreationismus?	222
6.2 Unsere Erde – ein junger Planet?	224
6.3 Die radiometrischen Datierungen im Clinch?	225
6.4 Vom staubigen Mond und zerfallenden Magnetfeldern	227
6.5 Bedenken zum Kurzzeit-Kreationismus	231
7. Eine Gesamtschau	236
7.1 Die Geschichte des Weltalls	236
7.2 Biblische Tage – kosmologische Äonen	237
Literaturverzeichnis	240
Glossar	246

1. Einführung

1.1. Ein geschichtlicher Rückblick

Wie alt ist die Erde? Ein Blick in die Kulturgeschichte zeigt durch die Jahrhunderte hindurch eine Vielfalt von Antworten. Aristoteles im antiken *Griechenland* betrachtete die Zeit als etwas ohne Anfang und Ende; die Frage nach dem Alter der Erde war für ihn darum irrelevant. Allerdings hatte XENOPHANES schon im 6. Jahrhundert vor Christus über Abdrücke von Meerestieren im *Gebirge* berichtet (YOUNG 1982:15¹). Er folgerte, dass da, wo jetzt Land ist, früher einmal Meer gewesen sein müsse. Über seine Vorstellungen von der Dauer dieses Gebirgsbildungsprozesses hat er uns aber nichts hinterlassen.

In der *christlichen Ära* argumentierte man von den Kirchenvätern bis ins 18. Jahrhundert auf Grund der Stammbäume im Alten Testament (YOUNG 1982:19). Für den Zeitpunkt der Schöpfung wurde dabei je nach Textinterpretation ein Datum zwischen 4000 vChr und 7000 vChr angegeben (DALRYMPLE 1991:14). Eine gewisse Berühmtheit erlangte die Berechnung des irischen Bischofs USSHER, welche er 1650 publizierte. Seine Jahrzahl, 4004 vChr, findet sich nämlich in manchen Ausgaben der offiziellen englischen King James-Bibel bis in unser Jahrhundert hinein, so zB in der Scofield Reference Bible noch im Jahr 1945.

Im 18. Jahrhundert blühte ein ganz neuer Zweig der Naturwissenschaften auf, nämlich die *Geologie* (YOUNG 1982:41; BRINKMANN 1980:1). Nach heißen Debatten waren um 1800 herum fundamentale Prozesse wie Erosion, Sedimentation und Vulkanismus in ihrer Bedeutung erkannt und der Ursprung der Fossilien verstanden. Damit wurde offensichtlich, dass das Alter der Erde weit mehr als einige tausend Jahre betragen musste. Unter den Theologen erhob sich vorerst erheblicher Protest, doch begann nach 1830 eine Zeit der Harmonisierung von Geologie und Theologie. WILLIAM BUCKLAND, ein englischer Pfarrer und gleichzeitig Geologieprofessor in Oxford, erklärte 1837, dass zwischen dem „Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde“ (1. Mose 1,1) und dem ersten Schöpfungstag (1. Mose 1,3) ein langer Zeitabschnitt liege, in welchem die großen von den Erdwissenschaften geforderten Zeiträume Platz fänden (YOUNG 1982:52). BUCKLAND wurde so zum Mitbegründer der sogenannten Restitutionstheorie. Auch andere nicht weniger gut begründete Vorschläge wurden gemacht. Viele bekannte Theologen (so der Deutsche FRANZ DELITZSCH) und Geologen (wie B SILLIMAN von der Yale-Universität und A GUYOT von Princeton) betrachteten die „Tage“ in

¹ Literaturzitate im Text umfassen neben dem Verfasser das Erscheinungsjahr und bei Büchern noch die :Seite.

1. Mose 1 nicht als Sonnentage, sondern als Zeitabschnitte von unbestimmter Dauer, wofür sie auch ernst zu nehmende theologische Gründe vorbringen konnten. SILLIMAN und GUYOT wie auch viele Theologen sahen im biblischen Schöpfungsbericht nicht eine Darstellung naturwissenschaftlicher Fakten, sondern eine in die Vergangenheit gerichtete prophetische Schau (es konnte ja ohnehin kein Mensch dabei gewesen sein!). So kam es, dass in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts nur wenige Geologen den biblischen Schöpfungsbericht abwertend beurteilten und wenige Theologen gegen ein hohes Erdalter opponierten.

Um das *Jahr 1900* war das Entstehungsalter der Erde oder auch nur die Dauer einer geologischen Ära aber noch keineswegs geklärt: Aus den geschätzten Sedimentationsraten und den Sedimentschichtdicken beispielsweise ergaben sich Zeiten, die meist zwischen 50 Millionen und zwei Milliarden Jahren lagen (DALRYMPLE 1991:16). WILLIAM THOMSON (LORD KELVIN), ein weltberühmter Physiker, favorisierte dagegen noch 1897 ein Erdalter von nur 24 Millionen Jahren. So lange hätte nämlich nach seinen Berechnungen eine weißglühende (!) Erdkugel gebraucht, um sich abzukühlen (DALRYMPLE 1991:41). Aber schon ein Jahr zuvor hatte A HENRI BECQUEREL das physikalische Phänomen entdeckt, das nun die in der Geologie so nötigen zuverlässigen „Uhren“ liefern sollte. Es war die Radioaktivität.

1.2. Radioaktivität – das Stundenglas der Geologen

Unter *Radioaktivität* verstehen wir den spontanen Zerfall von gewissen Atomkernen (Isotopen). Diese haben überschüssige innere Energie, die sie in der Regel loswerden, indem sie ein schnelles Teilchen (zB ein Elektron oder einen Heliumkern) oder Strahlung (ein Gammaquant) emittieren und dabei einen Tochterkern hinterlassen, der stabil oder auch wieder radioaktiv sein kann. Die Zerfallsrate der Mutterkerne kann durch die sogenannte *Halbwertszeit**² beschrieben werden, wie die folgende Betrachtung zeigt.

Liegen am Anfang ($t = 0$) N_0 radioaktive Mutterkerne vor, so existieren nach 1 Halbwertszeit nur noch halb so viele, nach 2 Halbwertszeiten noch ein Viertel usw (*Abb 1*). Die Zahl N der zur Zeit t noch vorhandenen Mutterkerne folgt also einem Exponentialgesetz, das RUTHERFORD und SODDY 1902 entdeckten (FAURE 1986:38):

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T} \quad (1.1)$$

² Fachausdrücke, die im Glossar (unten S. 246) kurz erläutert sind, werden im Text mit * bezeichnet.

Hier hat die Halbwertszeit das Symbol T . Die Zahl der neu entstandenen *radiogenen** Tochteratome D^* ist somit (Abb 1)

$$D^* = N_0 - N \quad (1.2)$$

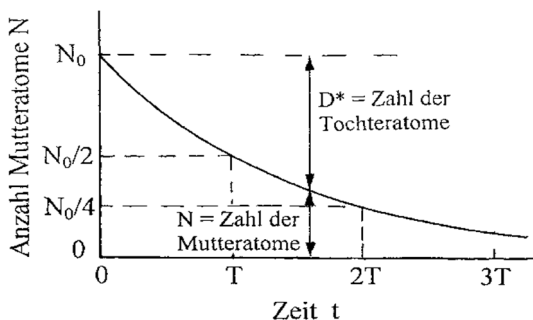


Abb 1. Das radioaktive Zerfallsgesetz. Die Halbwertszeit T gibt an, nach welcher Zeit die Zahl der Mutteratome N auf die Hälfte gesunken ist.

Und nun wieder zurück zu den Zeitmessungen! Aus Abb 1 lässt sich unschwer das *Grundprinzip der radiometrischen Datierung** erkennen: Bei bekannter Halbwertszeit gibt das Verhältnis D^*/N von Tochter- zu Mutteratomen Auskunft über das Alter der Probe (zB des Gesteins): Je größer der Anteil der Tochtersubstanz, desto höher das Alter.

Bei einer *Altersbestimmung* ist die Anfangszahl N_0 in der Regel unbekannt. Setzen wir sie aus Gl (1.1) in (1.2) ein, so finden wir

$$D^* = N \cdot (2^{t/T} - 1)$$

oder durch Auflösen nach der Zeit, die seit dem „Start“ vergangen ist:

$$t = \frac{T}{\lg 2} \cdot \lg\left(\frac{D^*}{N} + 1\right) \quad (1.3)$$

N und D^* bedeuten dabei die Zahl der Mutter- und Tochteratome im *jetzigen* Zeitpunkt, die in geeigneten Situationen direkt gemessen werden können.

In der Praxis zeigt sich noch eine kleine Komplikation. Ab 1913 entdeckten Physiker wie J J THOMSON und F W ASTON, dass die Atome der meisten chemischen Elemente keine einheitliche Masse haben. Das ist darauf zurückzuführen, dass ihre Atomkerne wohl dieselbe Protonenzahl, aber eine variable Neutronenzahl besitzen. Kerne bzw Atome mit dieser Eigenschaft werden *Isotope** genannt. So besteht natürliches Kalium aus den drei Isotopen K-39, K-40 und K-41, die alle 19 Protonen, aber 20, 21 bzw 22 Neutronen enthalten. In der Fachliteratur wird häufig die Schreibweise ^{40}K statt K-40 gebraucht, doch ziehen wir hier die letztere wegen der leichteren Lesbarkeit vor.

Die wichtigsten in der *Geochronologie gebrauchten Isotope* sind in *Tabelle 1* zusammengestellt. Alle hier und im Folgenden genannten Zeiten und Alter basieren auf den Konventionen der Subkommission für Geochronologie (STEIGER UND JÄGER 1977), sind also internationaler Standard. Auf den nächsten Seiten werden wir die folgenden Abkürzungen häufig benutzen:

1 Million Jahre = 10^6 a = 1 *Megajahr** = 1 Ma und

1 Milliarde Jahre = 10^9 a = 1 *Gigajahr** = 1 Ga.

Tabelle 1: Geochronologisch wichtige Zerfälle (STEIGER UND JÄGER 1977)

Mutterisotop (radioaktiv)		Tochterisotop (stabil)		Halbwertszeit (Mrd. Jahre = Ga)
Kalium	K-40	Argon	Ar-40	1,250
Rubidium	Rb-87	Strontium	Sr-87	48,8
Samarium	Sm-147	Neodym	Nd-143	106
Lutetium	Lu-176	Hafnium	Hf-176	35,9
Rhenium	Re-187	Osmium	Os-187	43,0
Thorium	Th-232	Blei	Pb-208	14,0
Uran	U-235	Blei	Pb-207	0,704
Uran	U-238	Blei	Pb-206	4,468

Dem Leser dürfte auffallen, dass alle genannten Isotope *lange Halbwertszeiten* haben. Dies kann aber gar nicht anders sein, weil in der Geologie meist große Zeiträume auszumessen sind. Angenommen, ein Gestein enthielt bei seiner Bildung eine gewisse Menge Kohlenstoff-14. Wegen der kleinen Halbwertszeit des C-14 von 5730 Jahren können damit nur Alter von maximal 50'000 Jahren (ca 8 Halbwertszeiten) ermittelt werden. In dieser Zeit ist nämlich das schon am Anfang sehr spärlich vorhandene C-14 bis auf den verschwindend kleinen Rest von 0,2 % zerfallen, der einer quantitativen Messung fast nicht mehr zugänglich ist. Aber 50'000 Jahre bedeuten für den Geologen nur einen Augenblick; sie reichen nicht einmal aus, um die letzte Eiszeit zu beschreiben. Bei der Bildung der Alpen geht es um rund 100 Millionen Jahre, bei der Betrachtung der präkambrischen Gesteine (wie wir noch sehen werden) um Jahrmilliarden. Für geologische Datierungen sind darum nur die radioaktiven Isotope mit langer Halbwertszeit, wie jene in Tab 1, geeignet.

Die Physiker haben in den vergangenen Jahrzehnten viele Experimente angestellt, um die „*Ganggenauigkeit*“ der radioaktiven Uhren zu überprüfen. Das Ergebnis (DALRYMPLE 1991:86) überzeugte die Geochronologen voll: Weder sehr hohe noch tiefe Temperaturen, weder extremer Druck noch veränderte chemische Bindung können die Halbwertszeiten der geochronologisch bedeutsamen Isotope nennenswert ändern. Der exponentielle Zerfall nach Gleichung (1.1) wird von den fundamentalen physikalischen Gesetzen

der Quantenmechanik schon rein theoretisch gefordert (GREENLAND 1988) und ließ sich über 45 Halbwertszeiten hinweg auch experimentell bestätigen (NORMAN ET AL 1988). Wir brauchen also keine Jahrmilliarden abzuwarten, um uns von der Zuverlässigkeit dieser Art von Zeitmessung zu überzeugen! Weitere Bestätigungen werden wir in den folgenden Abschnitten in den vielen tausend Datierungen selbst finden. Eine kritische Würdigung bringt Abschnitt 7.1.

2. Wie alt sind unsere Steine?

Die Fachliteratur über Altersbestimmungen füllt eine ganze Bibliothek. Wir können uns aber mit der Darstellung von wenigen repräsentativen Datierungen begnügen, denn bereits diese gestatten uns, ein klares Verständnis für dieses spezialisierte, aber wichtige Gebiet zu erlangen. Wer tiefer eindringen möchte, findet verschiedene umfassende Darstellungen, so zB JÄGER UND HUNZIKER 1979, FAURE 1986, GEYH UND SCHLEICHER 1990 und in leicht verständlicher Form DALRYMPLE 1991.

2.1. Die Kalium-Argon- und die Argon-Argon-Methode

Das natürlich vorkommende Kalium enthält mit einer Häufigkeit von 0,012 % auch das radioaktive Isotop K-40, das unter Elektroneneinfang zu Argon-40 zerfällt. Diese Uhr ist für geochronologische Zwecke fast ideal, weil einerseits Kalium zu den häufigsten Elementen in der Erdkruste gehört, und andererseits die Halbwertszeit des Zerfalls mit 1,25 Milliarden Jahre = 1,25 Ga dem Alter vieler Gesteine gut angepasst ist. Argon-40, das Tochterelement, ist ein Edelgas, das mit den Mineralen keine chemischen Verbindungen eingeht und bei ihrem Erhitzen leicht an die Außenwelt entweicht. Wir können darum praktisch in allen Fällen davon ausgehen, dass die Probe nach der Verfestigung aus der Schmelze anfänglich kein Argon enthält. Abweichungen werden in der Fachliteratur zwar diskutiert (zB FUNKHOUSER UND NAUGHTON 1968, DALRYMPLE 1969a), kommen aber selten vor (DALRYMPLE UND LANPHERE 1969:121). Was im Mineral heute an Ar-40 beobachtet wird, ist somit *radiogener** Natur, geht also auf den Zerfall des darin befindlichen Kaliums zurück.

Wegen ihrer Einfachheit und Zuverlässigkeit gehört die nun zu besprechende *Kalium-Argon-Methode** zu den häufigsten Datierungsverfahren. Je höher der Gehalt an Ar-40 und je geringer derjenige an K-40, desto mehr Zeit ist seit dem Erkalten des Gesteins verflossen. K-Ar-Datierung wird vorzugsweise bei magmatischen* Gesteinen (zB Basalt*) und Mineralen wie Glimmer angewendet, weniger bei metamorphem* Material (FAURE 1986:66; GEYH UND SCHLEICHER 1990:55; DALRYMPLE 1991:90). Mit hinreichender

Sorgfalt sind aber auch Sedimentgesteine*, zB mit dem Tonmineral Glauconit, datierbar (ODIN 1982:387).

Die Altersbestimmung kann im Prinzip direkt nach Gleichung (1.3) erfolgen, wenn man noch berücksichtigt, dass K-40 nur zu 11,2 % zu Ar-40 zerfällt (der Rest wird zum weniger leicht erfassbaren Calcium-40). Auf diese Weise ist beispielsweise der kanadische Schild schon früh mit 750 Messungen hauptsächlich an Glimmer datiert worden (STOCKWELL 1968). Dabei ergaben sich Gesteinsalter zwischen 900 und 2500 Ma, was fast den ganzen geologischen Abschnitt des Proterozoikums* umfasst.

Das *Ar-40/Ar-39 - Verfahren* oder kurz *Ar-Ar-Verfahren** ist eine Variante des eben beschriebenen, bietet aber beträchtliche geowissenschaftliche Vorteile. Während bei der konventionellen K-Ar-Methode Kalium und Argon *getrennt* quantitativ zu bestimmen sind, wird hier ein genau messbarer Teil des Kaliums in Argon umgewandelt. Dazu wird die Probe vorerst in einem Kernreaktor mit schnellen *Neutronen bestrahlt*, wobei ein Teil des K-39 (des häufigsten Kaliumisotops) in Argon-39 übergeht, das im Kristallgitter festgehalten wird. Dieses Ar-39 steht stellvertretend für das gesamte vorliegende Kalium und wird nun simultan mit dem radiogenen Ar-40 massenspektrometrisch in einer einzigen Messreihe ermittelt.

Als weiterer wichtiger Unterschied kommt dazu, dass man das Gas *schrittweise* aus der Probe holt, indem man sie im Vakuum *in Stufen ausheizt*. Das Ar-40/Ar-39 - Verhältnis wird für jede Stufe einzeln registriert. Nach geringen Korrekturen für Argon aus der Luft und für unerwünschte bei der Bestrahlung entstandene Isotope kann nun für jeden Temperaturschritt einzeln ein scheinbares Alter angegeben werden. Blieb die Probe seit der Kristallisation ungestört, so wird jede Stufe für sich das Kristallisationsalter anzeigen, weil ja K-40, Ar-40 und der Stellvertreter Ar-39 am selben Ort im untersuchten Kristall anzutreffen sind.

Die Forderung der gleichen „Stufenalter“ über mehrere Temperaturschritte hinweg ist ein strenger *altersdiagnostischer Test**. Unter diesen Tests versteht man nach DALRYMPLE (1991:102) spezielle graphische Darstellungen, bei denen die Messungen selbst anzeigen, ob das Gestein seit der Bildung nicht mehr gestört wurde, also ein abgeschlossenes System blieb. Sie prüfen somit *selbsttätig*, ob das gemessene Alter sinnvoll sein kann. Zu den altersdiagnostischen Methoden gehören neben dem Ar-Ar-Verfahren auch die Darstellung mit Isochronen* (vgl Abschnitt 2.2) und die Concordia-Methode*.

Wenden wir uns nun wieder der Ar-Ar-Methode zu. Hat das Gestein nach der Bildung noch eine thermische Überprägung erlitten, so ist radiogenes Ar-40 vor allem aus den peripheren Schichten des Kristallkorns an die Außenwelt diffundiert. Deshalb wird bei der stufenweisen Freisetzung des Argons während der Messung dieses Gas vor allem bei den tieferen Tem-

peraturstufen fehlen und man wird ein zu kleines Alter errechnen. Die nur bei hohen Temperaturen ausheizbaren inneren Kornschichten hingegen blieben von der Diffusion unberührt und zeigen immer noch das Kristallisationsalter an. Diese wenigen Andeutungen mögen genügen, um deutlich zu machen, dass der Experte viel über die Entwicklung eines Gesteins erfährt, wenn die Probe stufenweise ausgeheizt wird.

In der grafischen Darstellung trägt man gleich das scheinbare Alter in Abhängigkeit vom kumulativ freigesetzten Argon-39 auf und spricht vom *Alterspektrum* oder von der *Ausgasungskurve*. Abb 2 zeigt die Spektren zweier Proben aus dem Chicxulub-Krater in Mexico. Deutlich sind die zu den einzelnen Ausheizstufen gehörigen Alter (mit analytischem Fehler) als schwarze Rechtecke zu erkennen. In Abb A konnten rund 70 % des freigesetzten Argons für das sogenannte „Plateau-Alter“ verwendet werden, bei Abb B etwa 85 %. Nach gängiger Interpretation basiert dieses auf den oben genannten inneren Kornschichten, die von der Metamorphose unberührt geblieben sind. Man beachte, dass beide Spektren dasselbe Plateau-Alter zeigen, obwohl sie bei

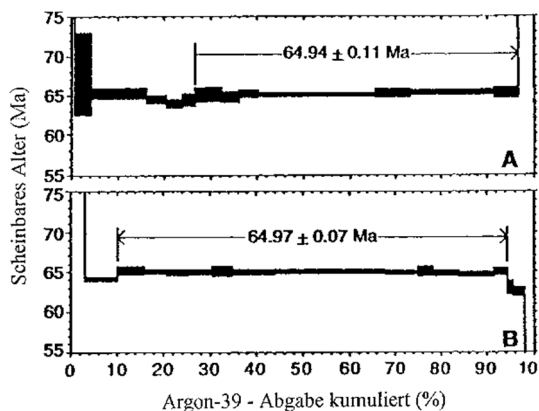


Abb 2. Ar-40/Ar-39 - Altersspektren zweier Proben aus dem Chicxulub-Krater in Mexico. Das scheinbare Alter der Probe ist für einen großen Teil der Ar-39-Abgabe unabhängig von der Ausgasungstemperatur – ein Beweis für praktisch ungestörtes Material und ein Hinweis auf die Zuverlässigkeit der Messungen. Diese genauen Datierungen erlaubten zusammen mit anderen Messungen den Nachweis, dass ein großer Meteorit zeitlich an der Grenze zwischen Kreide und Tertiär niedergegangen sein muss. (Nach SWISHER ET AL 1992:955. © 1992 AAAS; mit frdl. Genehmigung)

zeigen, obwohl sie bei niederen Temperaturen verschieden verlaufen. Zusammen mit einer dritten Messung ergab sich ein Ar-Ar-Alter von $64,98 \pm 0,05$ Ma, was von der erstaunlichen Genauigkeit der Methode zeugt. Verknüpft mit anderen Beobachtungen konnten die Autoren damit zeigen, dass ein gewaltiger Meteoriteneinschlag zeitlich genau auf der Grenze zwischen den geologischen Perioden Kreide und Tertiär liegt. – *Abb 15* in Abschnitt 3.5 (S. 193) zeigt das Altersspektrum eines praktisch ungestörten Meteoriten, bei dem auch die einzelnen Ausheiztemperaturen angegeben sind.

Zusammenfassend zeigt die Ar-Ar-Methode folgende Vorteile: 1) Das Altersspektrum gestattet eine *Kontrolle*, ob das System seit seiner Bildung geschlossen war. Falls dies nicht zutrifft, kann der Fachmann viel über die Geschichte des Gesteins erfahren. Häufig lässt sich ein vorhandenes Plateau-Alter als Kristallisationsalter interpretieren. 2) Die Methode erlaubt bei der heutigen Technik eine *sehr genaue Datierung*. 3) Sie benötigt nur *wenig Material*, häufig nur Bruchteile eines Milligramms.

2.2. Die Isochronen: Datierung mit eingebauter Kontrolle

Jene Datierungsmethoden, die sich beim K-Ar-Zerfall so gut bewährt haben, funktionieren leider in den meisten anderen Fällen nicht, da fast immer damit gerechnet werden muss, dass beim „Start“ der Uhr bereits eine gewisse Menge D_0 des Tochterisotops in der Probe vorhanden ist. Es bedeute D die gesamte heute beobachtete Tochterkonzentration und D^* den radiogenen Anteil, also jenen Teil, der auf den Zerfall der Mutterkerne zurückzuführen ist. Bei ursprünglich N_0 und heute N vorhandenen Mutterkernen haben wir:

$$D = D_0 + D^* \quad \text{oder} \quad D = D_0 + N_0 - N \quad (2.1)$$

Weiter gilt das Zerfallsgesetz (T = Halbwertszeit)

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T} \quad \text{oder} \quad N_0 = N \cdot 2^{t/T} \quad (2.2)$$

Setzt man dies in Gl (2.1) ein, so finden wir

$$D = D_0 + N \cdot (2^{t/T} - 1) \quad (2.3)$$

Der direkten Anwendung dieser Gleichung auf die Gesteinsdatierung stehen zwei Schwierigkeiten im Wege. Zum einen ist die Anfangszahl D_0 unbekannt und zum zweiten ist es schwierig, mit den üblicherweise gebrauchten *Massenspektrometern** absolute Atomzahlen wie D und N zu messen. Das zweite Problem lässt sich aber leicht lösen, wenn man zu *Atomzahlverhältnissen* übergeht, die mit Spektrometern mit hoher Präzision bestimmbar sind. Betrachten wir als konkretes Beispiel die *Rubidium-Strontium-Methode**, bei der der Zerfall von Rb-87 zu Sr-87 zur Datierung benützt wird. Im Element Strontium kommt neben Sr-87 auch Sr-86 vor, das weder radioaktiv noch radiogen ist. Da sich somit seine Konzentration im Verlauf der Erdgeschichte nicht verändert hat, wird es als Referenzisotop benützt. Im Labor ermittelt man nun an den Gesteinsproben die Verhältnisse Rb-87/Sr-86 und Sr-87/Sr-86 statt der absoluten Zahlen N und D .

Zur Umgehung der ersten Schwierigkeit (Bestimmung von D_0) machte L O NICOLAYSEN (1961) den bemerkenswerten Vorschlag, verschiedene Minerale desselben Gesteins (oder mehrere gleichzeitig entstandene Gesteine)

zu untersuchen. Wie nun vorgegangen werden kann, zeigen wir an dem von ihm eingeführten *Isochron-Diagramm**, Abb 3, in welchem das Verhältnis Sr-87/Sr-86 gegen Rb-87/Sr-86 aufgetragen wird.

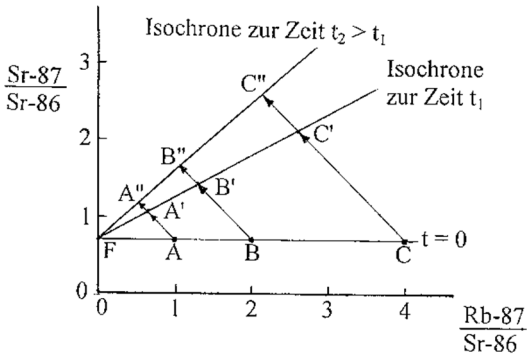


Abb 3. Prinzip des Isochron-Diagramms für die Rb-Sr-Datierung (schematisch). Zur Zeit $t = 0$ werde das Gestein mit den Mineralen A, B, C, F beim Abkühlen des Magmas zum geschlossenen System. Durch den radioaktiven Zerfall von Rb-87 erhöht sich nun in den Mineralkörnern der Gehalt an Sr-87, so dass sie nach der Zeit t_1 Konzentrationen gemäß den Punkten A', B', C' haben, die wieder auf einer Geraden, der Isochrone, liegen. Die Steigung der Isochrone ist ein Maß für das Alter t_1 des Gesteins; im späteren Zeitpunkt t_2 ist die Isochrone noch steiler. Der Schnittpunkt F der Isochrone mit der vertikalen Achse zeigt das Anfangsverhältnis $(\text{Sr-87/Sr-86})_0$ des Magmas an.

haben, ist ihr Sr-87/Sr-86-Verhältnis dasselbe wie bei A; die entsprechenden Punkte im Isochronendiagramm liegen deshalb auf einer horizontalen Geraden. Sobald sich das Gestein unter die sog. *Schließungstemperatur** abgekühlt hat, können die Atome nicht mehr wandern; es ist zur Zeit $t = 0$ ein geschlossenes chemisches System entstanden.

Von nun an tickt die „radioaktive Uhr“. Für jedes zerfallende Rb-87-Atom bildet sich neu ein Sr-87-Atom im Kristall. Punkt A in Abb 3 wandert somit um gleiche (geringe) Beträge nach links und nach oben; nach längerer Zerfallszeit erreiche er den Punkt A'. Mineral B, das doppelt so viel Rb enthält, bewegt sich in der gleichen Zeit um den doppelten Betrag nach links und nach oben zum Punkt B' und analog C um den vierfachen Betrag von C nach C'. Da die Lageveränderung proportional zur Rb-Konzentration erfolgt, liegen auch die Punkte A', B', C' wieder auf einer Geraden, die

Nehmen wir an, das Gestein sei ursprünglich in schmelzflüssigem Zustand. Dann sorgt Diffusion dafür, dass in der ganzen Masse dasselbe

Sr-87/Sr-86-Verhältnis von zum Beispiel 0,7 besteht. Beim Abkühlen möge als erstes das Mineral A aus der Schmelze auskristallisieren. Da sich Sr-86- und Sr-87-Atome chemisch gleich verhalten, überträgt sich das Isotopenverhältnis von 0,7 auch auf die neu gebildeten A-Kristalle. Nicht anders ergeht es den Mineralen B und C, die später bei tieferer Temperatur auskristallisieren. Obwohl sie verschiedenen Rb- und verschiedenen Sr-Gehalt haben,

*Isochrone** genannt wird. Nur das hypothetische Mineral F, das gar kein Rb enthält, hat sein ursprüngliches Sr-87/Sr-86-Verhältnis beibehalten. F wirkt als Fixpunkt für die Drehung der Isochrone, die um so steiler verläuft, je älter das Gestein wird. Aus der Steigung der Gerade wird nun auf das Gesteinsalter geschlossen.

Die ganze Betrachtung lässt sich leicht auch in mathematische Form kleiden. Wenden wir Gl (2.3) auf den Rb-Zerfall an, so entsteht

$$(Sr-87) = (Sr-87)_0 + (Rb-87) \cdot (2^{t/T} - 1) .$$

Dividieren wir dies durch die Häufigkeit des Referenzisotops, so finden wir

$$\frac{Sr-87}{Sr-86} = \frac{(Sr-87)_0}{Sr-86} + \frac{Rb-87}{Sr-86} \cdot (2^{t/T} - 1) \quad (2.4)$$

Das ist die *Grundgleichung der Isochron-Methode**. Dabei sind Sr-87/Sr-86 und Rb-87/Sr-86 die *heute* beobachteten Atomzahl-Verhältnisse. $(Sr-87)_0/Sr-86$ ist das Verhältnis in dem Moment, da die Probe bei der Abkühlung zum chemisch abgeschlossenen System wird. Schließlich ist t die Zeit, die vom Unterschreiten der Schließungstemperatur bis heute verfließen ist. (Auf technische Details, wie sie zB bei der sehr langsamen Abkühlung eines großen Granitkörpers zu beachten sind, wollen wir hier nicht eingehen.) Die Gleichung enthält somit zwei Unbekannte, nämlich das *Alter t des Gesteins* seit Erreichen der Schließungstemperatur und die *Anfangskonzentration* $(Sr-87)_0/Sr-86$ im Moment der Erstarrung.

Nennen wir die Verhältnisse

$$Sr-87/Sr-86 = y \quad \text{und} \quad Rb-87/Sr-86 = x ,$$

so erhält Gl (2.4) die Form $y = y_0 + x \cdot m$, was bekanntlich die Gleichung einer Geraden ist, in der y_0 den y-Achsenabschnitt und m die Steigung bedeuten. In unserem Fall ist $y_0 = (Sr-87)_0/Sr-86$ die Anfangskonzentration, während aus $m = 2^{t/T} - 1$ leicht das Alter des Gesteins berechnet werden kann.

Das Isochronendiagramm bringt also gleich dreierlei:

- 1) Aus der Steigung der Isochrone ermitteln wir die Zeit, die seit der letzten Homogenisierung der Isotopen vergangen ist, also das *Alter des Gesteins* seit der Entstehung aus dem Magma bzw die *Zeit seit der letzten Metamorphose** (= chemische Umwandlung bei erhöhter Temperatur und/oder erhöhtem Druck). Bedingung ist, dass das Gestein danach dauernd unter der Schließungstemperatur bleibt, damit eine allfällige schwache Metamorphose keine Spuren hinterlassen kann.

- 2) Die *Anfangskonzentration* $(\text{Sr-87})_0/\text{Sr-86}$ im Zeitpunkt der Bildung des Gesteins lässt sich durch Extrapolation der Isochrone bis zur Vertikalachse direkt ablesen.
- 3) Die Messungen erlauben, wie schon beim Ar-Ar-Verfahren (Abschnitt 2.1), eine strenge *altersdiagnostische Kontrolle**: Nur falls die Punkte im Diagramm auf einer *Geraden* liegen, war das Gestein während der ganzen Zeit ungestört. Liegen sie nicht auf einer Geraden, kann kein sinnvolles Alter angegeben werden, denn die entscheidende Voraussetzung, die chemische Abgeschlossenheit während der ganzen Lagerzeit, ist offensichtlich nicht erfüllt. *Abb 25* (unten S. 226) zeigt das Beispiel eines Rb-Sr-Diagramms, bei dem die Messpunkte derart stark streuen, dass offensichtlich keine Datierung möglich ist.

Die unbestreitbaren Vorteile des Isochron-Diagramms tragen viel zu seiner Beliebtheit bei. Obwohl der experimentelle Aufwand größer ist als bei einer K-Ar-Datierung, wird die Methode doch häufig angewandt. Isochronen werden mit dem Rubidium-Strontium-, dem Samarium-Neodym*, gelegentlich auch mit dem Lutetium-Hafnium- und dem Rhenium-Osmium-System gebildet (vgl. *Tab 1*). Ausführliche Beschreibungen dazu finden sich in den Standardwerken FAURE (1986) und GEYH UND SCHLEICHER (1990) und bei DALRYMPLE (1991). *Abb 5* (unten S. 178) zeigt die Rb-Sr-Isochrone eines sehr alten metamorphen Sedimentgesteins aus Isua/Westgrönland.

Uran-Blei- und Thorium-Blei-Isochronen sind selten anzutreffen. Bei Uran kann man ausnützen, dass im selben Element *zwei* radioaktive Isotope mit verschiedenen Halbwertszeiten vorkommen: U-238 zerfällt zu Pb-206 und U-235 zu Pb-207, während Pb-204 stabil und nichtradiogenen Ursprungs ist. So wird es möglich, ein *Blei-Blei-Diagramm** aufzustellen, in welchem Pb-207/Pb-204 gegen Pb-206/Pb-204 aufgetragen wird. Die Theorie zeigt, dass die Messpunkte zu den verschiedenen Mineralien wieder auf einer Geraden liegen müssen, deren Steigung vom Alter des Gesteins abhängt (FAURE 1986:299, GEYH UND SCHLEICHER 1990:139, DALRYMPLE 1991:119). Die Pb-Pb-Isochrone eines metamorphen Gesteins aus Isua/Westgrönland ist in *Abb 6* (unten S. 179) dargestellt.

Werden als Proben separate Mineralien aus demselben Gestein verwendet, so heißt die entsprechende Kurve eine *Mineral-Isochrone**. Besonders bei sehr altem Gestein hat sich auch die sog. „*whole rock*“-*Methode** bewährt, bei der große Gesteinsblöcke von beispielsweise 25 kg sehr fein gemahlen, homogenisiert und Proben davon analysiert werden. Sind in der langen Lagerzeit doch einzelne Rb- oder Sr-Atome von einem Mineral ins benachbarte diffundiert, so verändert sich das messbare Isotopenverhältnis gleichwohl nicht, solange sich die Messungen über ein hinreichend großes Stück mit Tausenden von Mineralkörnern aller Sorten erstrecken

(MOORBATH 1977b). Man gelangt zur whole-rock-Isochrone, indem man in einem größeren Gesteinskomplex mehrere kongenetische Blöcke mit möglichst verschiedenem Rb/Sr-Verhältnis untersucht. Auf diese Weise kann beispielsweise das Bildungsalter eines Granits ermittelt werden, obwohl er in der Zwischenzeit eine oder mehrere milde Metamorphosen durchgemacht hat. Über größere Dimensionen (zB mehrere Dezimeter) ist der Granit doch ein abgeschlossenes System geblieben.

2.3. Die ältesten Gesteine

Geologen teilen die beobachtete Erdgeschichte in drei große Intervalle (genauer: Äonen) ein: Das *Phanerozoikum** umfasst die letzten 544 Ma; nur in diesem Abschnitt treten Fossilien in reichem Maß auf. Die Gesteine des *Proterozoikums** (544 - 2500 Ma vor heute) überdecken den größten Teil der Kontinente. Weite Gebiete von Afrika, Australien, Nord- und Südamerika, Nordeuropa und der Antarktis gehören dazu. Auch das *Archaikum** (2500 - 4000 Ma vor heute) findet sich auf allen Kontinenten, zeigt sich aber nur in kleineren, sehr stabilen Blöcken und Schilden. Der Boden der Ozeane gehört vollumfänglich zum jüngeren Phanerozoikum. Wie die Plattentektonik

Tabelle 2. Eine kurze geologische Zeitskala. (HARLAND ET AL 1990)

Zeitabschnitt	Alter bzw. Grenze (Ma)	
Bildung der Erde	4550	} <i>Präkambrium</i> *
Priscoan		
Archaikum	4000	
Proterozoikum	2500	
Phanerozoikum mit	544	
Kambrium		
Ordovizium		
Silur		
Devon		
Karbon		
Perm		
Trias	245	
Jura		
Kreide		
Tertiär	65	
Quartär	1,64	
	heute	

zeigt, hat er eine ganz andere Entstehungsgeschichte als die Kontinente. Tab 2 gibt eine kurz gefasste Übersicht.

Ein Gebiet mit archaischem Gestein, das besonders gut untersucht ist, sei hier exemplarisch für viele andere betrachtet. Es handelt sich um *Isua** in *Westgrönland*, hart am Inlandeis, und ist in den siebziger und achtziger Jahren intensiv erforscht worden. Einen Überblick über die Arbeiten gibt DALRYMPLE (1991:135). Die Feldbeobachtungen zeigen, dass das Gebiet zur Hauptsache aus dem *Amítoq-Gneis**, also stark metamorphem granitähnlichem Material besteht. Ganz in diesen eingebettet liegt der *suprakrustale** Gürtel, ein relativ ungestörtes, rund 2 km dickes und 30 km langes, zum Oval gekrümmtes Band. Es besteht aus metamorphem Gestein, das aus Lava und Sedimenten verschiedener Art hervorgegangen ist. Aus der Tatsache, dass der Amítoq-Gneis ins suprakrustale Gestein intrudierte (eindrang), schließen wir, dass letzteres älter sein muss. Da im Suprakrustal aber *Sedimente* vorkommen, muss es in noch früheren Zeiten bereits Gesteine gegeben haben. Die unten genannten Alter sind also höchstens *untere*

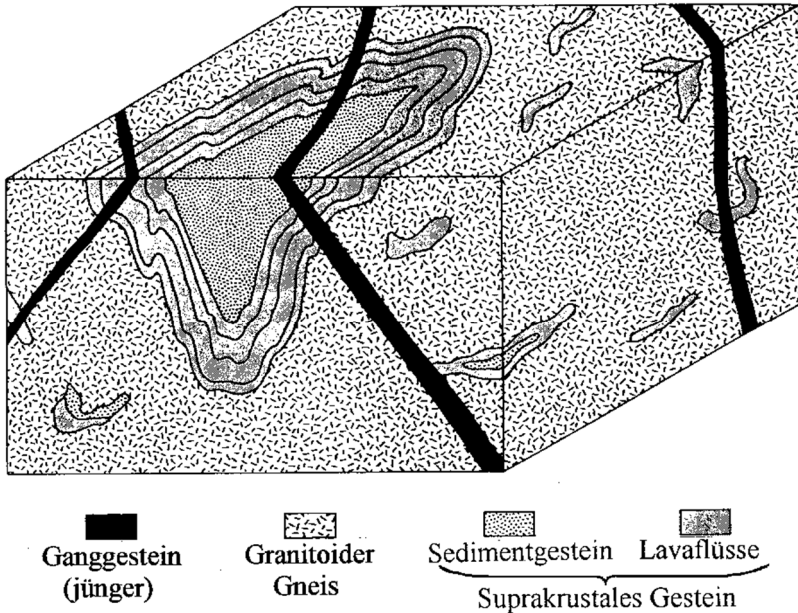


Abb 4. Frühes archaisches Terrain (schematisch). Die ältesten Gesteine sind die Überreste von Sedimenten und Lavaströmen (= Suprakrustal). In Isua haben sie aber nicht wie in der Abbildung Linsenform, sondern erscheinen an der Oberfläche als ein zum Oval verformtes 30 km langes Band. (Nach DALRYMPLE 1991:130)

Grenzen für das Alter der Erde. Abb 4 zeigt eine typische Sequenz des Archaikums: Die suprakrustale Linse ist ganz vom (jüngeren) Granit-Gneis-Terrain umgeben. Das dunkle intrusive Ergussgestein muss aber noch jünger sein, da das einfließende Magma sich einen Weg durch beides gebahnt hat.

Tabelle 3 zeigt eine Zusammenstellung der radiometrischen Datierungen, die vor allem auf die Initiative von STEVEN MOORBATH von der Universität Oxford zurückgehen.

Tabelle 3. Gesteinsdatierungen aus Isua/Westgrönland.

	Methode	Proben ¹	Alter (Ga)	Autor
<i>A. Suprakrustal</i>				
Eisenformation	Pb-Pb	11 w	3,70 ± 0,07	MOORBATH ET AL 1973
Konglomerat*	Rb-Sr	8 w	3,66 ± 0,06	MOORBATH ET AL 1975, MOORBATH ET AL 1977a
	U-Pb	8 z	3,77 ± 0,01	MICHARD-VITRAC ET AL 1977
	Rb-Sr	5 w	3,71 ± 0,07	JACOBSEN UND DYMEK 1988
Garbenschiefer + Konglomerat*	Sm-Nd	12 w	3,75 ± 0,04	HAMILTON ET AL 1983
Verschiedene	U-Pb	16 z	3,81 ± 0,02	BAADSGAARD ET AL 1984
<i>Mittelwert</i>		60	3,73	
<i>B. Amîtsoq-Gneis</i>				
	Rb-Sr	12 w	3,62 ± 0,14	MOORBATH ET AL 1972
	Pb-Pb	9 w	3,74 ± 0,12	MOORBATH ET AL 1975
	Rb-Sr	13 w	3,64 ± 0,06	MOORBATH ET AL 1975, MOORBATH ET AL 1977a
	Lu-Hf	9 w,z	3,55 ± 0,22	PETTINGILL UND PATCHETT 1981
<i>Gewichtetes Mittel</i>		43	3,65	
¹ Gibt die Zahl der Proben an bei Verwendung folgender Methoden: w = <i>whole rock-Isochrome*</i> , z = Messung an Zirkonkristallen, U-Pb benützt die <i>Concordia-Methode*</i> .				

Betrachten wir erst die *suprakrustale Sequenz* (Tab 3.A). Hier wurden Datierungen an 60 Proben mit vier verschiedenen radioaktiven Isotopen nach drei Methoden vorgenommen. Es kommen sowohl Alpha- wie Betastrahler vor. So muss es überraschen, dass die individuellen Alter trotz der vielfältigen Methoden um nur maximal ±2 % vom Mittelwert abweichen. Das ist ein starker Hinweis dafür, dass selbst Zeitmessungen in den Jahrmilliarden heute eine *hohe Zuverlässigkeit* erreicht haben. Durch Zufall können solche Übereinstimmungen sicher nicht zustande gekommen sein. Offenbar

sind die im Labor unabhängig voneinander bestimmten Halbwertszeiten der Isotope für die Praxis genügend genau und auch die geochronologischen Methoden heute ausgereift. Dabei wären gewisse Unterschiede in den Messergebnissen durchaus zu erwarten. Nach gängiger geochronologischer Interpretation geben die Rb-Sr-Messungen die Zeit einer Metamorphose wieder, während das U-Pb-Concordia-Diagramm den Kristallisationszeitpunkt anzeigt. Das etwas größere U-Pb-Alter von 3,79 Ga gegenüber dem Rb-Sr-Wert von 3,68 Ga könnte also durchaus einen sachlichen Grund haben, doch ist die heute erreichte Präzision noch nicht hoch genug, um die Frage eindeutig zu entscheiden. *Abb 5 und 6* zeigen eine Rb-Sr- und eine Pb-Pb-Isochrone, die die jüngeren Ereignisse im Suprakrustal, also die Metamorphose, beschreiben.

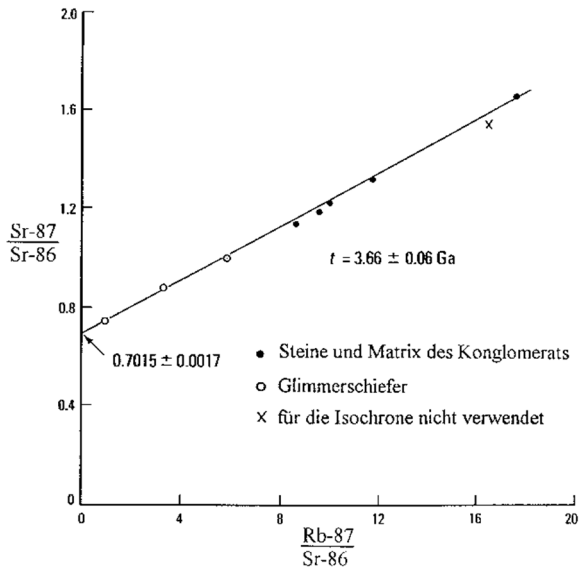


Abb 5. Rb-Sr-Isochrone für Isua-Gesteine. Gefüllte Kreise: Metamorphes Konglomerat*; offene Kreise: schiefriges Gestein; Kreuz: Probe aus dem Konglomerat, die bei dieser Untersuchung nicht verwendet wurde, aber das Gesteinsalter nur unwesentlich verändert hätte. (Nach MOORBATH ET AL 1977a)

Die *Datierungen am Amitsoq-Gneis* (Tab 3.B) sind ähnlich überzeugend. Hier sind vier radioaktive Isotope vertreten, und alle Messungen streuen um weniger als $\pm 3\%$ um den Mittelwert. Wie es die Feldbeobachtungen erwarten lassen, ist das Amitsoq-Durchschnittsalter (um 80 Ma) geringer als dasjenige des suprakrustalen Gesteins, doch können angesichts der heutigen Messunsicherheiten noch keine endgültigen Schlüsse gezogen werden.

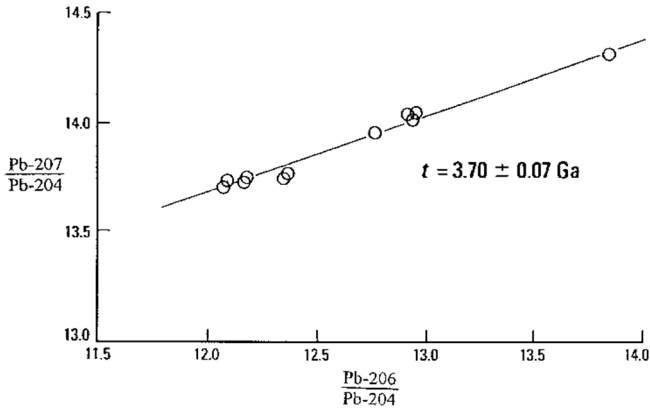


Abb 6. Pb-Pb-Isochrone für die Bänder-Eisenerz-Formation in Isua. (Nach MOORBATH ET AL 1973).

In der Umgebung von Grönlands Hauptstadt *Godthaab*, die knapp 200 km südwestlich von Isua liegt, wurden zahlreiche weitere Datierungen vorgenommen. Die tektonischen Beobachtungen zeigen eine dem Isua-Gebiet völlig analoge Sequenz der Gesteinseinheiten. Der Amîtsoq-Gneis liegt auch hier in einem weiten Bereich direkt an der Oberfläche. 94 Proben davon, die nach der Rb-Sr- oder der Pb-Pb-Methode untersucht wurden und von fünf verschiedenen Orten stammen, ergaben Alter zwischen 3,56 und 3,67 Ga, in bester Übereinstimmung mit den Datierungen von Isua (DALRYMPLE 1991:137, 140). In neuester Zeit sind zahlreiche Präzisionsmessungen an Zirkonkristallen in einem weiten Bereich um Godthaab vorgenommen worden (NUTMAN ET AL., 1996). Dabei wurde ein Quarzdiorit mit einem Entstehungsalter von $3872 \pm 10 \text{ Ma}$ entdeckt, während sich Alter bis über 3800 Ma in Isua bestätigten.

Zum Schluss sei die Frage aufgeworfen, welches *die ältesten Gesteine auf der Erde* sind (YORK 1993). Sie befinden sich nach heutigem Kenntnisstand in der Slave Province, im Nordwestteil des Kanadischen Schilts. Dort kommt in einer kleinen Region der sehr alte Acasta-Gneis vor. U-Pb-Analysen von 53 Zirkonkristallen daraus ergaben ein Alter von $3,962 \pm 0,003 \text{ Ga}$ (BOWRING ET AL 1989). Es besteht sogar Hoffnung, auf noch älteres Material zu stoßen: In den Jack Hills (Westaustralien) wurden Zirkonkörner im metamorphen Sediment entdeckt (COMPSTON UND PIDGEON 1986), die ein U-Pb-Alter von 4,3 Ga haben, was bereits jenseits des Archaikums liegt. Es handelt sich zwar nur um kleine *Einzelkristalle*, doch ist es denkbar, dass in jener weltabgeschiedenen Gegend auch noch ganze Blöcke von ähnlichem Alter zu finden sind.

3. Fremde Welten: Mond und Meteorite

3.1. Die Beschaffenheit der Mondoberfläche

Schon der Blick durch einen Feldstecher zeigt dem Mondbeobachter zwei ganz verschiedene Landschaftstypen: Zu erkennen sind einerseits helle Regionen, die sogenannten *Hochlandgebiete*, und andererseits dunkle, welche *Maria* (Einzahl: *Mare*) genannt werden.



Abb 7. Eine typische Hochlandregion auf dem Mond ist die Gegend um den Südpol. Zahllose Krater verschiedener Größe sind einander überlagert. Diese gelungene Amateuraufnahme zeigt im untersten Fünftel (etwas links von der Mitte) den großen Krater Clavius mit einem Durchmesser von 230 km. Norden ist oben. (Mit freundlicher Erlaubnis von W LILLE).

Das *Hochland** (*Abb 7*) nimmt den größeren Teil der Mondoberfläche ein und ist mit Kratern verschiedenster Größe völlig übersät. Einzelne unter ihnen haben einen Durchmesser von über 200 km, wie der in *Abb 7* erkennbare Krater Clavius, der eine größere Fläche aufweist als Baden-Württemberg oder die Schweiz. Je kleiner die Krater, desto größer ihre Zahl.

Abb 7 zeigt auch, dass die Hochlandgebiete eigentliche „Kraterwüsten“ darstellen: Einem großen Krater sind kleinere überlagert, welche ihrerseits mit vielen Kratern übersät sind.



Abb 8. Fünf Maria auf dem Mond (Satellitenaufnahme). Sie sind als dunklere Gebiete zu erkennen: Von Bildmitte nach rechts unten Mare Foecunditatis und gegen den Licht-Schatten-Rand hin angedeutet Mare Tranquillitatis. Direkt unterhalb der Bildmitte das auffällige kreisförmige Mare Crisium. Links neben der Mitte der kleinere Kreis des Mare Smythii, darunter das Mare Marginis. Norden ist im Foto unten. (Aufnahme NASA/ZEISS).

In die Hochlandgebiete eingebettet liegen, wie Abb 8 zeigt, große dunkle

Ebenen fast ohne Krater und Strukturen. Das sind die *Maria**. (Der vom lateinischen mare = Meer herrührende Begriff hat natürlich nichts mit den irdischen Wasserflächen zu tun. Er wurde von den ersten Mondbeobachtern geprägt, die nicht wussten, dass es auf dem Mond kein Wasser gibt). Die von einer Mondsonde gemachte Aufnahme Abb 8 zeigt mindestens fünf Maria. Markant ist das kreisförmige Mare Crisium unter der Bildmitte. Mare Smythii und Mare Marginis sind von der Erde aus nur stark verkürzt zu sehen. Die Teile links daneben (Hochland) befinden sich auf der Mondrückseite.

Wie stellen wir uns heute *Aufbau und Entwicklung des Mondes* vor? Dass darüber zu einem beachtlichen Teil Klarheit herrscht, verdanken wir vor allem den intensiven Forschungen im Rahmen des Apollo-Projekts der USA und des Luna-Programms der UdSSR. Das *Hochland* ist, wie wir noch zeigen werden, der älteste Teil der Mondoberfläche. Es liegt typischerweise 3000 m höher als die Mare-Gebiete. Die meisten der von den Raumsonden aus diesen Gebieten zurückgebrachten Gesteinsproben haben Alter von 3,8 bis 4,0 Ga, manche sogar bis 4,5 Ga. Die Unzahl der Krater ist auf das *Bombardement* durch kleine und große Himmelskörper, sogenannte *Planetesimale**, zurückzuführen, die während den ersten 0,7 Ga nach der Bildung des

Mondes in sehr großer Zahl und mit sehr hoher Geschwindigkeit einfielen. Dabei entstanden auch mächtige Einschlagbecken wie das spätere Mare Imbrium mit 1200 km Durchmesser (*Abb 9*). Durch diesen Geschosßhagel wurden die obersten 20 km der Mondkruste richtiggehend umgepflügt und in Trümmergestein verwandelt. Es gibt somit an der Oberfläche nur noch *Fragmente* von Felsgestein. Durch die Temperaturerhöhung bei den Einschlägen und die Stoßwellen wurden die Bruchstücke zu einer festen *Brekzie** verschweiß, die aus Trümmern der nähern und weiteren Umgebung zusammengesetzt ist.



Abb 9. Mare Imbrium – ein Einschlagbecken. Das Mare (auf dem Bild fehlt der Westteil) ist fast kreisförmig, hat 1200 km Durchmesser und dürfte durch den Aufprall eines Planetesimals von knapp 100 km Größe entstanden sein. Nach Abschnitt 3.2 fand das Ereignis vor 3,8 Ga statt, also gegen Ende jener Periode, in der der Mond einem starken Bombardement ausgesetzt war. Norden ist oben. (Mit freundlicher Erlaubnis von W LILLE)

Vor 3,8 Ga hörte das Bombardement der Planetesimale fast völlig auf, weil bereits vorher praktisch alle übriggebliebenen in die Sonne oder einen Planeten gestürzt waren. Die wenigen heute einfallenden und in der Regel auch viel kleineren Geschosse nennt man *Meteorite**. Sie

stellen, wie wir im Abschnitt 3.4 noch zeigen werden, hauptsächlich Bruchstücke von zertrümmerten Kleinplaneten dar. Da heute der Hauptanteil der Einschläge auf Mikrometeorite mit Massen weit unter einem Gramm zurückgeht, geschieht das „Umpflügen“ des Mondbodens nur noch langsam. Man rechnet mit einer aktuellen Umwälzung des obersten Zentimeters in langen 10 Ma (DALRYMPLE 1991:211). Durch das Meteoritenbombardement

ist damit im Verlauf der Zeit eine oberste Schicht entstanden, die aus kleinen Trümmerstücken von Mondgestein (auch Trümmern von Brekzien), aus Impaktgläsern und Mikrometeoriten besteht. Dieser auch in den Maregebieten auftretende „Mondboden“ hat eine Mächtigkeit von einigen Metern und heißt *Regolith** (siehe *Abb 10*). Entgegen gewissen Befürchtungen der Vor-Apollo-Zeit besteht die Mondoberfläche aber nicht aus einer lockeren Staubdecke, in der man zu versinken droht, sondern aus einer zusammengeschweißten Schicht, die mit zunehmender Tiefe schnell härter wird. Die Gesteinsbohrer der Astronauten konnten selbst im günstigsten Fall nur 2,4 m eindringen (DALRYMPLE 1991:211).

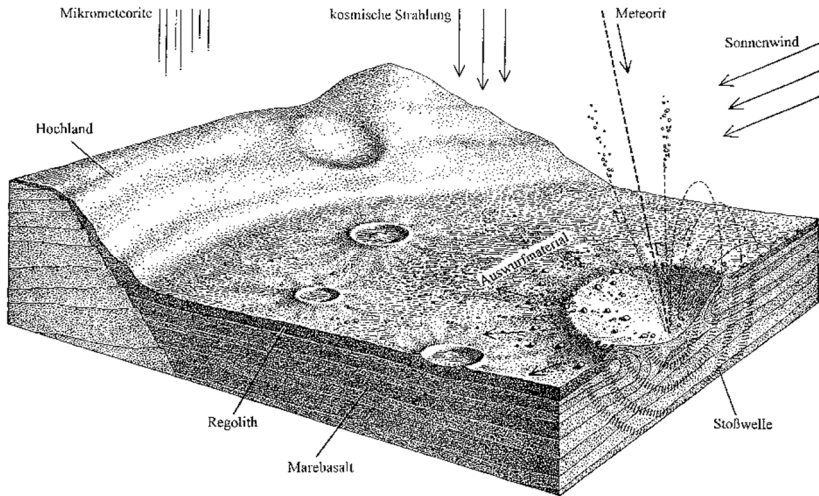


Abb 10. a) Entstehung des Regoliths: Meteorite, Auswurfmaterial von Einschlägen, Sonnenwind und kosmische Strahlung wälzen die oberste Schicht des Mondbodens langsam um. Die Einfallenergie genügt, um kleine Partikel miteinander zu verschweißen und so einen trittfesten Boden, den Regolith, entstehen zu lassen.

b) Struktur der Mondoberfläche: Das Bild zeigt das Randgebiet zwischen einem Hochland und einem Mare. Unter dem Hochland ist noch die ursprüngliche Mondkruste erkennbar. Nach ihrer Verfestigung vor über 4 Ga entstand durch den Einschlag eines Planetesimals ein großes Einschlagbecken. Vor 3,0 bis 4,0 Ga wurde dieses mit Magma aus der Tiefe aufgefüllt, das zum geschichteten Marebasalt erstarrte. Damit war das Mare in der heutigen Gestalt entstanden. Das schwächere Bombardement der letzten 3,8 Ga ließ nur noch kleine Krater und den Regolith entstehen. (Nach EGLINTON 1972 in PRESS UND SIEVER 1978:533)

Die von den Raumsonden aus den *Maregebieten* zurückgebrachten Gesteinsproben haben mit 3,0 bis 3,9 Ga ein deutlich geringeres Alter als jene aus dem Hochland (siehe Abschnitt 3.2). Dass dies so sein muss, war schon

lange klar, denn die *Kraterdichte* (dh die Zahl der Krater einer bestimmten Größe je km²) ist in den Maregebieten sehr viel kleiner als im Hochland. Offensichtlich sind die Maria erst *nach* dem schweren Bombardement der Anfangszeit entstanden. Auch in der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung bestehen zwischen Mare- und Hochlandgebieten erhebliche Unterschiede. Zwar geht es in beiden Fällen um Silikatgesteine magmatischen Ursprungs. Während aber die Maria zur Hauptsache aus dem magnesium- und eisenreichen *Basalt** bestehen, enthält das Hochland vor allem den relativ hochschmelzenden *Anorthosit*, bei dem der kalziumreiche Feldspat (Plagioklas) den Hauptanteil ausmacht und der auf der Erde eher selten vorkommt. Im Abschnitt 3.3 werden wir zeigen, dass der Marebasalt wie auch der Anorthosit auf einen frühen Magma-Ozean zurückgehen.

3.2. Wie alt sind die Mondgesteine?

Die sechs amerikanischen Apollo-Raumsonden brachten 382 kg Mondmaterie zur Erde zurück, zu denen noch 0,3 kg von drei sowjetischen Luna-Missionen kamen. An diesem Material, das von ganz verschiedenen Punkten der Mondvorderseite stammt, wurden in spezialisierten Forschungslaboratorien der ganzen Welt hunderte von erfolgreichen isotopischen Datierungen vorgenommen. Nach irdischen Maßstäben ergaben sie *ausnahmslos sehr hohe Alter*. Unter den präziseren Messungen (analytischer Fehler geringer als 0,1 Ga) gibt es bisher keine mit einem Alter unter 3,0 Ga (HEIKEN ET AL 1991: 208, 218, 229, 252), auch wenn nach den photogeologischen Beobachtungen zu vermuten ist, dass es tatsächlich Gebiete gibt, die „nur“ 1 Ga alt sind. Eine repräsentative Auswahl von *Marebasalt*, nämlich 114 radiometrische Datierungen an 52 Proben, zeigt Alter zwischen 3,0 und 3,9 Ga, unabhängig davon, ob nach der Ar-Ar-Methode oder mit Rb-Sr- oder Sm-Nd-Isochronen gearbeitet wurde (DALRYMPLE 1991:227). Noch höhere Alter findet man erwartungsgemäß bei den 260 Messungen aus dem *Hochland*, wie *Abb 11* zeigt. Hier wurden sogar fünf verschiedene radioaktive Isotope benützt.

Wir zeigen noch, wie ein ganzes Mare datiert werden kann. Das Material von Apollo 14 (vgl *Abb 11*, unterer Bildteil) stammt aus einer Region außerhalb des Mare Imbrium, das wir bereits in *Abb 9* kennen gelernt haben. Verschiedene Beobachtungen deuten darauf hin, dass ein großer Körper (ein Planetesimal) auf den Mond gestürzt ist und das Imbrium-Einschlagbecken mit 1200 km Durchmesser ausgeworfen hat. Die dabei weggeschleuderten Massen finden sich als Ejekta auch am Landeort von Apollo 14. Da sie ja bereits vorher als Gestein existierten, repräsentieren die in *Abb 11* unter Apollo 14 gezeigten Daten Maximalalter für den Imbrium-Einschlag. Zusammen mit Beobachtungen an Marebasalt, die einen Minimalwert ergeben,

kann man schließen, dass der Impact vor 3,82-3,83 Ga stattgefunden haben muss (DALRYMPLE 1991:236).

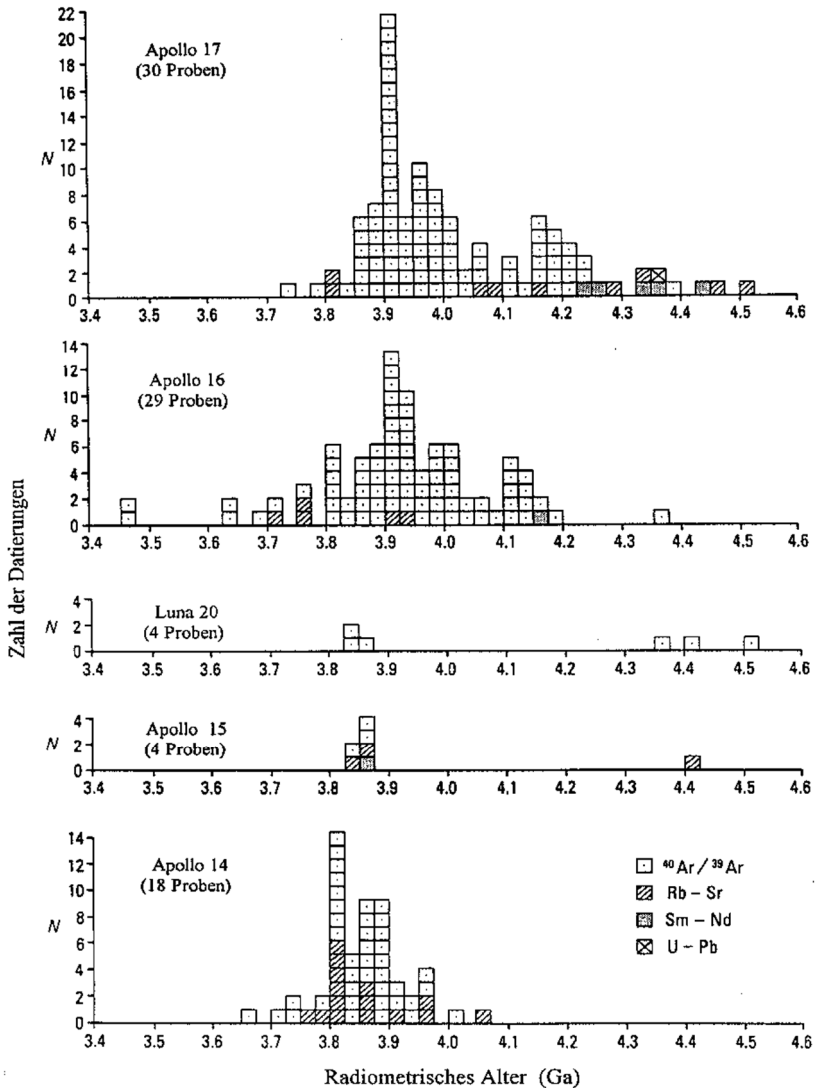


Abb 11. Die Datierung von Hochlandgestein des Mondes. Dargestellt ist die Altersverteilung von 260 Analysen an 85 Proben, bei denen die messtechnische Unsicherheit weniger als 0,1 Ga betrug. Apollo und Luna sind die Namen der amerikanischen bzw russischen Mondmissionen. (DALRYMPLE 1991:234)

Nur wenige Mondproben haben *Alter von mehr als 4,2 Ga*. Zu ihnen gehört ein Bruchstück aus einer Norit-Brekzie, die aus dem Hochland-Landeplatz von Apollo 17 stammt. Eine Sm-Nd- und eine Rb-Sr-Isochrone ergeben Alter von $4,37 \pm 0,07$ Ga bzw $4,33 \pm 0,04$ Ga (NAKAMURA ET AL 1976). Andererseits lieferte eine Ar-Ar-Datierung nur $3,92 \pm 0,03$ Ga (STETTLER ET AL 1978). Diese scheinbar widersprüchlichen Daten werden folgendermaßen interpretiert: Der Norit war vor 4,35 Ga gebildet worden und erfuhr durch einen Einschlag vor 3,92 Ga zum letzten Mal eine stärkere Erhitzung, die zur Rückstellung der relativ temperaturempfindlichen K-Ar-Uhr führte. – Abb 11 und Messungen nach der U-Pb-Concordia-Methode (TERA ET AL 1974, OBERLI ET AL 1979) zeigen, dass das *älteste Mondgestein ein Alter von 4,5 Ga* hat. Angesichts des schweren Bombardements der Mondoberfläche in den ersten 0,7 Ga dürfen aber die Schwierigkeiten zur genauen Bestimmung des Mondalters nicht übersehen werden.

3.3. Die Entwicklung des Mondes

Die Apollo-Daten gestatten zwar, die ganze Entwicklung des Mondes recht präzise zu beschreiben, konnten aber *ein* grundlegendes Problem bisher nicht klar lösen. Es geht um die Frage nach der *Entstehung des Mondes*. In der Vor-Apollo-Zeit dachte man etwa an eine Abspaltung des Mondes von der Ur-Erde oder an den Einfang eines Himmelskörpers durch die Erde. Beides hat sich im Licht der Apollo-Ergebnisse als sehr unwahrscheinlich erwiesen. Am meisten Anhänger findet heute die *Kollisionshypothese* (HEIKEN ET AL 1991:13), die durch Computersimulationen gestützt wird: Ein Planetesimal vielleicht von Marsgröße traf in der Frühzeit des Sonnensystems mit hoher Geschwindigkeit nicht ganz zentral auf die Urerde (HARTMANN UND DAVIS 1975; STEVENSON 1987). Ein Teil des Materials beider Körper verdampfte und wurde ausgeschleudert. Es sammelte sich auf einer Umlaufbahn und verdichtete sich zum Mond. Der Eisenkern des Planetesimals wurde fast vollständig von der Erde aufgenommen und vergrößerte deren Kern.

Durch die Beobachtungen wesentlich besser untermauert ist das weitere Geschehen: Bei der Bildung des Mondes erhitze sich eine äußere Schicht beim starken Bombardement durch einfallende Planetesimale und durch den radioaktiven Zerfall im Gestein so stark, dass sich an der Oberfläche ein *Magma-Ozean* von mehreren hundert Kilometern Tiefe bildete. Beim Abkühlen und Auskristallisieren differenzierte sich die Masse: Der spezifisch leichtere Feldspat stieg auf und wurde, da bei hoher Temperatur erstarrend, in Form von Anorthosit schon früh zur Grundlage des heutigen Hochlandmaterials. Die spezifisch schwereren Eisen- und Magnesiumminerale dagegen sanken ab und wurden das Ausgangsmaterial für den später sich bildenden Marebasalt mit seiner tieferen Erstarrungstemperatur.

Beim schweren Bombardement durch Planetesimale, das bis vor 3,8 Ga dauerte, fielen auch Körper der „100 km-Klasse“ und gruben riesige Einschlagbecken aus (vergleiche Abb 9 und 10). Vor etwa 4,0 Ga, dh zu einer Zeit, da die Mondoberfläche schon lange fest war, begann aber das unten liegende magnesium- und eisenreiche Magma unter dem Druck des darüberliegenden Gesteins auszutreten und füllte in der Zeit bis vor 3,0 Ga die Einschlagbecken und das Mond-Tiefland mit dem dunklen Basalt. So entstanden die *Maria*, während die Formung der *Hochlandgebiete* mit dem Ende des schweren Bombardements praktisch abgeschlossen war. Seit 3,0 Ga hat die Mondoberfläche – im krassen Gegensatz zur Erde – nur noch geringfügige Änderungen durch gelegentliche Meteoriteneinschläge erfahren.

3.4. Fragmente im Sonnensystem – Meteorite

Vor 500 Jahren, genau gesagt am 7. November 1492, kurz vor Mittag, wurde das Elsass durch einen gewaltigen Donnerschlag erschreckt, der bis in die Zentralschweiz und ins Burgund zu hören war. Nahe dem Städtchen *Ensisheim*, halbwegs zwischen Basel und Colmar, fiel ein Stein von über 120 Kilogramm vom Himmel und grub sich etwa einen Meter tief in ein Weizenfeld ein (MCSWEEN 1987:1; KREUER 1992). Für die Ensisheimer war das ein gewaltiges Zeichen von oben, umso mehr als der Römische König MAXIMILIAN I, der keine drei Wochen danach mit seinem Heer vorübertritt, den fremdartigen Stein als gutes Omen des Himmels für seinen geplanten Kriegszug betrachtete.

Heute können wir das schreckliche Ereignis nüchterner beurteilen, denn etwa die Hälfte des vom Himmel gefallenem Brockens überdauerte die Jahrhunderte und ruht nun im Rathaus zu Ensisheim. Es handelte sich um den *Einfall eines Meteorits*, des ältesten, von dem sowohl Überreste als auch zeitgenössische Urkunden erhalten sind.

Die Fachliteratur über Meteorite ist fast uferlos. Um dem Leser den Einstieg zu erleichtern, werden wir in diesem und im nächsten Abschnitt häufig nicht die Originalarbeiten zitieren, sondern auf zusammenfassende Werke wie MCSWEEN 1987, KERRIDGE UND MATTHEWS 1988 und DALRYMPLE 1991 verweisen.

In einer kurzen Übersicht betrachten wir zuerst die heutigen Vorstellungen von der *Entstehung eines Meteorits**, um nachher detailliert auf die Beobachtungen einzugehen. *Meteoriten-Mutterkörper* ist in den meisten Fällen ein *Asteroid**, also einer jener zahlreichen Kleinplaneten, deren Bahnen hauptsächlich zwischen Mars und Jupiter verlaufen. Der größte unter ihnen hat keine 1000 km Durchmesser; aber solche mit mehr als einem Kilometer Durchmesser dürfte es eine Million geben (BINZEL ET AL 1991). Nach den vorliegenden Beobachtungen sind sie zusammen mit der Sonne und den

großen Planeten vor etwa 4,6 Milliarden Jahren aus der protosolaren Wolke entstanden. Manche, vor allem sonnennahe Asteroiden wurden in der Frühzeit etwa durch den intensiven Sonnenwind so stark aufgeheizt, dass sie aufschmolzen und sich an ihrer Oberfläche Basaltdecken bildeten. Andere erhielten nach ihrer Bildung kaum mehr eine thermische Überprägung.

Asteroidenbahnen neigen unter dem starken Gravitationseinfluss von Jupiter dazu, chaotisch zu werden. Das führt zu vermehrten *Kollisionen mit anderen Asteroiden*, bei denen Fragmente – *Meteoroiden** genannt – abgesprengt werden. Letztere haben typischerweise einen Durchmesser unter 100 m und unterliegen bei weiteren Stößen einem *Fragmentierungsprozess*, der bis zum Staubkorn gehen kann.

Bahnstörungen durch die Planeten können ein Meteoroid auch in die Nähe der Erde führen. Tritt es in ihre Lufthülle ein und ist seine Masse größer als etwa ein Kilogramm, so wird es bei der Bremsung nur oberflächlich stark erhitzt; es leuchtet als *Meteor* auf und zerfällt dann häufig in den tieferen Luftschichten. Die Stücke, die den Erdboden erreichen, nennen wir *Meteorite*. Meteoroiden mit Massen unter einem Kilogramm nehmen in der Erdatmosphäre so viel Reibungswärme auf, dass sie noch in der Luft völlig verdampfen. Solche von größenordnungsmäßig einem Gramm erkennen wir als *Sternschnuppen*, wesentlich größere als *Feuerkugeln*.

Der sichere Beweis, dass die Meteorite wirklich zum Sonnensystem gehören, wurde durch fotografische Beobachtungsnetze geliefert. Einzelne Meteore konnten mit Kameras von ganz verschiedenen Orten aus gleichzeitig aufgenommen werden. Die räumliche Rekonstruktion ihrer Bewegung ergab nach *Abb 12*, dass Meteoroiden elliptische Bahnen aufweisen, deren sonnenfernster Punkt im *Asteroidengürtel* liegt. Dies ist zugleich ein starker Hinweis dafür, dass Meteorite Fragmente sind, die beim Zusammenstoß zwischen Asteroiden (oder ihren Bruchstücken) entstanden sind.

Ein zweiter Beweis für den engen Zusammenhang zwischen Asteroiden und Meteoriten ergibt sich aus der guten Übereinstimmung ihrer *Reflexionspektren* im Sichtbaren und nahen Infrarot (MCSWEEN 1987:76; DALRYMPLE 1991:280). So zeigt Kleinplanet 4 Vesta ebenso wie der Meteorit Kapoeta eine starke Absorptionsbande bei einer Wellenlänge von 0,95 μm . Dieselbe Bande findet sich auch beim Silikatmineral Pigeonit, das eine Hauptkomponente aller basaltischen Achondrite (siehe unten) ist.

Meteorite sind nach ihrer *chemisch–mineralogischen Zusammensetzung* eine sehr bunte Gesellschaft. Grob unterscheiden wir zwischen *Stein- und Eisenmeteoriten*, wobei die ersteren bei weitem den Hauptteil (95 %) aller beobachteten Meteoritenfälle ausmachen. Eisenmeteorite* sind fast reine Fe-Ni-Legierungen. Die Steinmeteorite andererseits lassen sich in die häufigen *Chondrite** und die selteneren *Achondrite** unterteilen. Die petrologischen

Eigenschaften zeigen, dass die Achondrite aus einer Schmelze entstanden sind, aus der Ca-reiche Basalte und Ca-arme Achondrite auskristallisierten. Achondrite ähneln – anders als alle anderen Meteorite – irdischen Gesteinen. Der Schluss liegt nahe, dass sie Bruchstücke eines durch Impakt zerbrochenen Kleinplaneten sind. Dieser war geologisch differenziert, besaß also eine Schichtung mit einem Silikatmantel und einem Eisenkern, aus denen die Achondrite und die Eisenmeteorite hervorgingen.

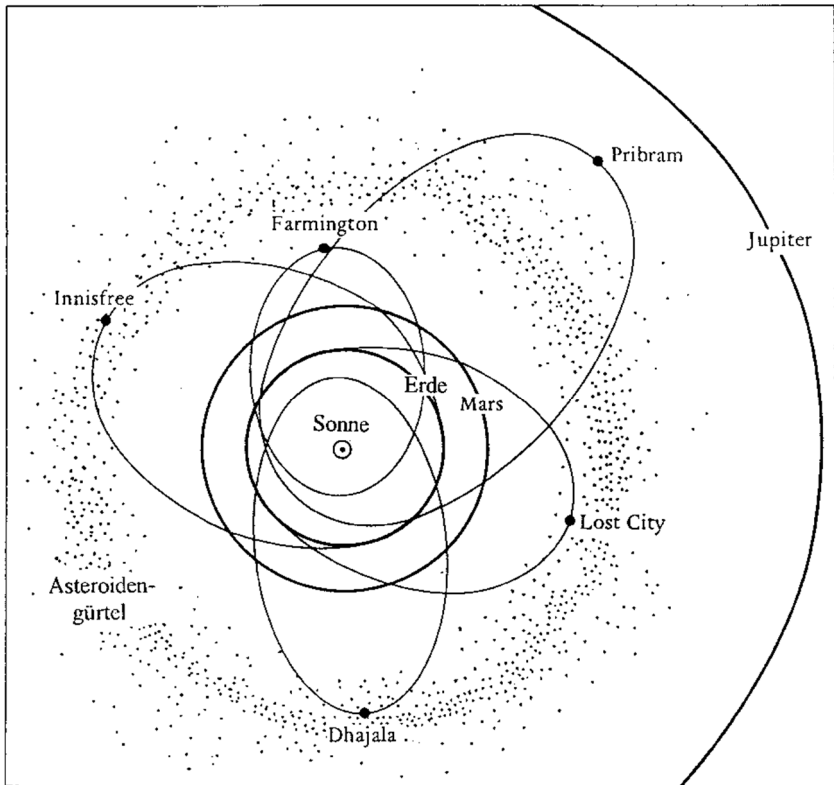


Abb 12. Rekonstruierte Bahnen von fünf Meteoroiden, wie sie sich aus fotografisch ausgemessenen Meteoritenfällen ergaben. Der Name bei der Bahn nennt den Fundort des Meteorits. Alle Bahnellipsen reichen bis zum Asteroidengürtel und zeigen damit, dass die Meteorite ihren Ursprung bei den Kleinplaneten des Sonnensystems haben. (MCSWEEN 1987:70)

Die Chondrite erhielten ihren Namen von den etwa 0,2 - 2 mm großen Kügelchen aus Hochtemperatur-Silikaten, die in den meisten Chondriten in großer Zahl vorhanden sind und Chondren genannt werden. Ihre Existenz ver-

rät, dass die Chondrite seit ihrer Bildung nie mehr geschmolzen wurden (sonst gäbe es ja keine Chondren mehr). Petrologisch gesehen gehören die Chondren zum frühesten Material des Sonnensystems, das heute einer direkten Analyse zugänglich ist.

Unter allen Steinmeteoriten sind die *kohligen Chondrite* die urtümlichsten. Sie enthalten, wie ihr Name andeutet, verhältnismäßig viel Kohlenstoff, und zwar auch in Form von Graphit und organischen Verbindungen bis hin zur Aminosäure. Alle Chondrite zeichnen sich durch einen hohen Anteil an (mineralogisch gesehen) flüchtigen Elementen aus. Die kohligen Chondrite enthalten davon aber am meisten, haben also nach ihrer Bildung die geringste thermische Überprägung erfahren. Die Indizien deuten darauf hin, dass sie seit ihrer Entstehung die Temperatur von 200°C nie mehr überschritten haben (DALRYMPLE 1991:269). Ihre chemische Zusammensetzung stimmt, wie *Abb 13* zeigt, weitgehend mit derjenigen der Sonne überein. Punkte, die auf der schrägen Geraden liegen, zeigen Elemente, die in der Sonne und in den Meteoriten exakt gleich häufig sind. Ein nicht unwesentlicher Teil der Streuung der Punkte dürfte übrigens auf Messunsicherheiten zurückzuführen sein (KERRIDGE UND MATTHEWS 1988:1006). Ein echtes Defizit zeigen die Chondrite aus verständlichen Gründen bei den sehr leicht flüchtigen Elementen C, H, O, N, die gasförmige Verbindungen wie CH₄, CO₂, H₂O, N₂ usw bilden. – Die chemische Übereinstimmung von Sonne und Chondriten ist ein starker Hinweis auf den gemeinsamen Ursprung. Altersbestimmungen an Meteoriten geben deshalb auch Auskunft über Alter und Entwicklung des Sonnensystems.

Die kohligen Chondrite haben also den ganzen Zeitraum seit der Bildung des Sonnensystems fast unverändert überdauert und sind ein gutes Abbild der kühleren äußeren Partien der *protosolaren Wolke**, aus welcher das ganze Sonnensystem hervorgegangen ist. Einzig Kometen sagen über diese Bereiche noch mehr aus, wie die Forschungen an Komet Halley zeigten (FECHTIG 1992, GEISS 1988:12).

Zusammenfassend können wir also sagen: Meteorite sind Glieder des Sonnensystems und zusammen mit der Sonne entstanden. Dies beweisen die chemische Zusammensetzung und die Bahn der Ausgangskörper. Sie sind in der überwiegenden Mehrheit Bruchstücke von Asteroiden, jenen Kleinplaneten, die im wesentlichen zwischen Mars und Jupiter umlaufen. Meteorite haben eine breit gestreute chemisch-mineralogische Zusammensetzung. Chondrite – die weitaus häufigsten Vertreter – wurden nach ihrer Bildung nie mehr aufgeschmolzen; kohlige Chondrite erfuhren seit der Entstehung höchstens noch eine sehr milde Metamorphose und kommen damit dem Grundmaterial nahe, aus dem das Sonnensystem aufgebaut ist.

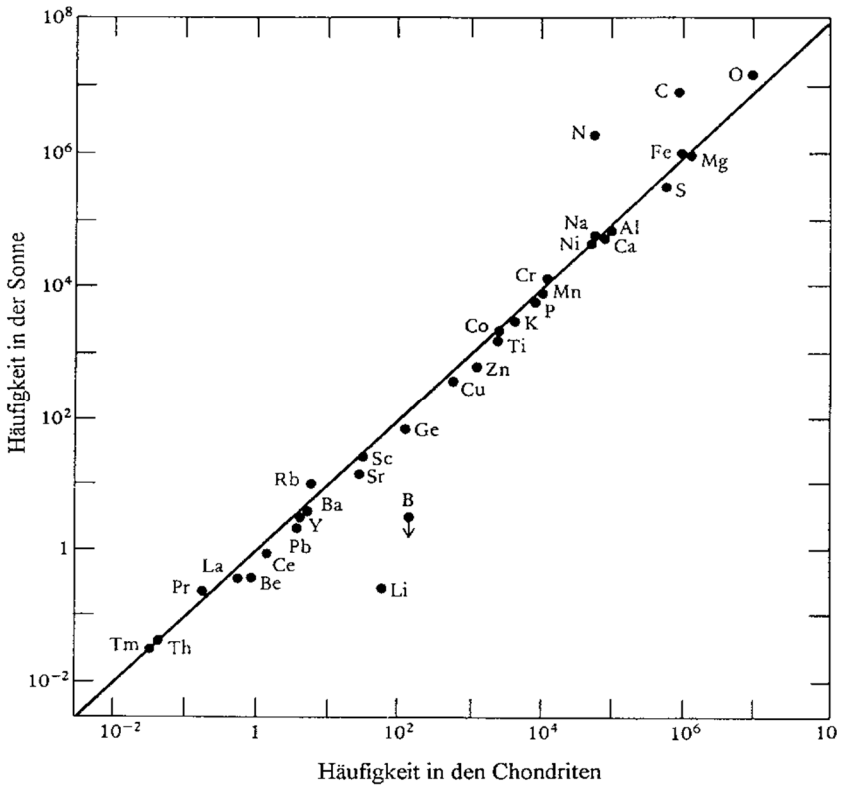


Abb 13. Die chemische Zusammensetzung der kohligen Chondrite und der Sonne stimmt weitgehend überein. Punkte auf der schrägen Gerade bedeuten gleiche Häufigkeit für das betreffende chemische Element. Die gute Übereinstimmung deutet darauf hin, dass die Chondrite Verhältnisse anzeigen, wie sie ähnlich bei der Bildung des Sonnensystems in den äußern Partien des Sonnennebels geherrscht haben. (MCSWEEN 1987:42)

3.5. Das Alter der Meteorite

In der Entwicklung eines Meteorits eignen sich vier Ereignisse zur Angabe eines Alters:

- a) Die Entstehung der chemischen Elemente, aus denen der Meteorit zusammengesetzt ist. Darauf werden wir in Abschnitt 4.5 zurückkommen.
- b) Die Kristallisation oder die Bildung des Meteoriten-Mutterkörpers.
- c) Die letzte Metamorphose des Mutterkörpers.
- d) Der Moment der Entstehung des Meteoroids.

Wir wenden uns gleich dem letzten Punkt zu und werden b) und c) auf den nächsten Seiten aufgreifen. Wie im letzten Abschnitt beschrieben, entstehen

Meteorite in der Regel durch den Zusammenstoß zweier Asteroiden (oder zweier Bruchstücke). Fragmente aus dem Innern der kollidierenden Körper werden dadurch zum ersten Mal der kosmischen Strahlung ausgesetzt. Diese besteht aus hochenergetischen Teilchen (meist Protonen), die auf einem Weg von höchstens einem Meter im Meteoroid gebremst werden. Dabei entstehen durch Kernreaktionen neue, auch radioaktive Isotope (zum Beispiel He-3, Ne-21, Al-26, Mn-53). Aus der Konzentration dieser Isotope lässt sich also für Meteorite unter rund 2 m Durchmesser das sogenannte *Bestrahlungsalter* bestimmen, das heißt die Zeit, die das Meteoroid seine Bahnen zog, bis es auf die Erde fiel. Für rund 300 Steinmeteorite ergaben sich (mit einer Häufung bei 5 Ma) Bestrahlungsalter bis 50 Ma, für etwa 50 Eisenmeteorite dagegen solche bis 1200 Ma (MCSWEEN 1987:212). Der große Altersunterschied dürfte darauf zurückzuführen sein, dass sich ein lockerer Steinbrocken gegenüber Stößen viel zerbrechlicher zeigt als ein massives Eisenstück. Andererseits beweisen diese Alter, dass Meteorite wirklich Bruchstücke sind und nicht etwa „übriggebliebenes Baumaterial“ aus der Frühzeit des Sonnensystems, welches – wie wir gleich zeigen werden – rund 4,5 Ga alt wäre.

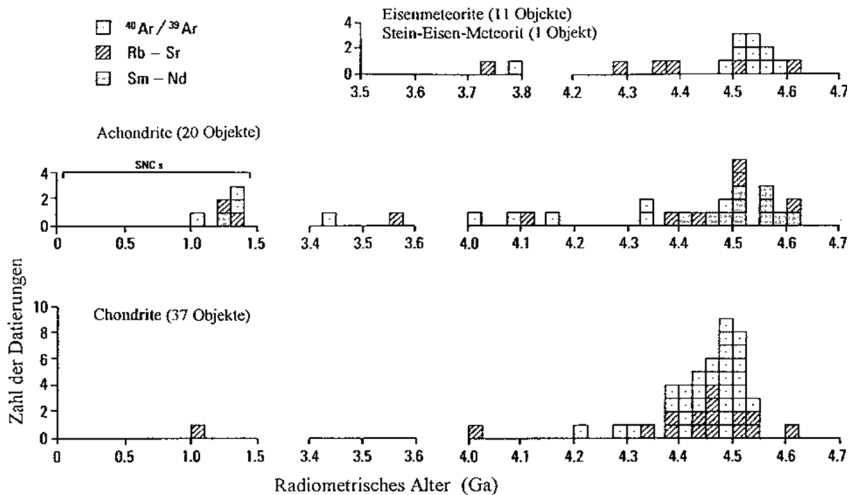


Abb 14. Radiometrische Datierung von Meteoriten nach drei Methoden. Dargestellt sind alle Messungen an 69 Meteoriten, die analytische Fehler unter 0,2 Ga zeigen, total 94 Datierungen. Fast alle Proben haben Alter um 4,5 Ga, und zwar unabhängig von der sehr unterschiedlichen chemischen und mineralogischen Zusammensetzung. Alter unter 4,4 Ga stammen von Meteoriten, die Spuren einer Metamorphose aufweisen. (Dalrymple 1991:286)

Über die *Zeit seit der Kristallisation oder der letzten Metamorphose* der Meteorite, die wir als Nächstes betrachten wollen, lässt sich eine ebenso einfache

wie wichtige Aussage machen: *Der Großteil aller Meteorite* ist so alt wie die ältesten Mondgesteine, nämlich *rund 4,5 Ga*. Das trifft für Chondrite ebenso wie für Achondrite und Eisenmeteorite zu. *Abb 14* zeigt umfassend die radiometrischen Alter jener 69 Meteorite, deren Daten eine analytische Unsicherheit von weniger als 0,2 Ga aufweisen.

Rund *zwei Drittel aller Datierungen* liegen im engen Intervall von 4,4 - 4,6 Ga. Proben mit einem Alter zwischen 3,4 und 4,4 Ga tragen ausnahmslos Zeichen einer Schockmetamorphose, sind also nach der Bildung noch einmal verändert worden. Eine besondere Gruppe in *Abb 14* bilden die Achondrite mit einem Alter um 1,3 Ga, die alle zu den sogenannten SNC-Meteoriten gehören. Sorgfältige chemische und Isotopenanalysen lassen es als sehr wahrscheinlich erscheinen, dass es Fragmente vom Planeten Mars sind, die durch einen heftigen Meteoriteneinschlag aus seinem Gravitationsfeld entkamen. Dabei wurde die „radiometrische Uhr“ wieder zurückgestellt.

An *Abb 14* ist beachtenswert, dass die Alter unabhängig vom radioaktiven Mutterisotop und unabhängig von der chemischen Zusammensetzung sind: K-40, Rb-87 und Sm-147 ergeben gleiche Alter und dies für alle Arten von Meteoriten. Dies zeigt sich deutlich am Chondrit *St Severin (Tabelle 4)*, der nach allen drei Methoden untersucht worden ist. Offensichtlich sind diese Datierungsmethoden seit den Siebzigerjahren zuverlässig und ausgereift. Die *Übereinstimmung aller Meteoritenalter* widerspiegelt sich auch in den übrigen Angaben von *Tab 4*, in der einige typische Einzelmessungen an ganz unterschiedlichen Meteoriten zusammengestellt sind. Der in der letzten Zeile genannte Meteorit *Pitts* zeigte bei stufenweisem Aufheizen eines Silikateinschlusses ein Ar-Ar-Altersspektrum (vgl Abschnitt 2.1) nach *Abb 15*. Beachtenswert ist das schöne Plateau, das eine ungestörte Entwicklung der Probe anzeigt.

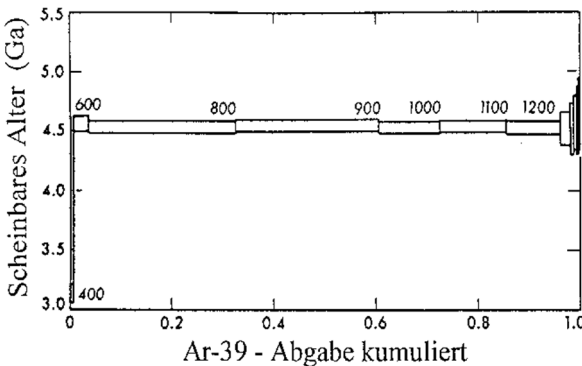


Abb 15. Ar-40/Ar-39 - Datierung des Eisenmeteorits Pitts.

Die Argonfreigabe im Temperaturbereich 600-1425°C zeigt ein klares Plateau, das zu einem Alter von $4,54 \pm 0,06$ Ga gehört.

(Niemeyer 1979)

Tabelle 4. Typische radiometrische Alter ausgewählter Meteorite

Name ¹	Beschreibung	Methode ²	Alter (Ga)	Autor
Allende	Kohliger Chondrit CV3, Silikateinschlüsse	Ar-Ar	4,53±0,03	JESSBERGER ET AL 1980
Tieschitz	Chondrit H3	Rb-Sr, 7 Proben	4,52±0,03	MINSTER UND ALLÈGRE 1979
St Severin	Chondrit LL6	Sm-Nd, 4 Proben	4,55±0,33	JACOBSEN UND WASSERBURG 1984
"	"	Rb-Sr, 10 Proben	4,51±0,15	MANHES ET AL 1978
"	"	Ar-Ar	4,43±0,04	ALEXANDER UND DAVIS 1974
"	"	Ar-Ar	4,38±0,04	HOHENBERG ET AL 1981
"	"	Ar-Ar	4,42±0,04	HOHENBERG ET AL 1981
Juvinas	Eukrit (= basaltischer Achondrit)	Sm-Nd, 5 Proben	4,56±0,08	NAKAMURA ET AL 1976
"	"	Rb-Sr, 5 Proben	4,50±0,07	ALLÈGRE ET AL 1975
Pitts	Eisenmeteorit IAB, Silikateinschluss	Ar-Ar	4,54±0,06	NIEMEYER 1979

¹ Meteorite tragen den Namen ihrer Fundstelle.

² Es wurden ausschließlich altersdiagnostische Verfahren verwendet, also Isochron- bzw Ar-Ar-Methode.

Es wäre nun allerdings ein Irrtum, die Möglichkeit der genauen Datierung eines Meteorits als Selbstverständlichkeit zu betrachten. Abgesehen vom großen apparativen Aufwand und der reichen Erfahrung, die dazu nötig sind, gilt es zu bedenken, dass die Proben immerhin ein Alter von mehreren Milliarden Jahren haben. Die Wahrscheinlichkeit, dass sie einmal einen *heftigen Zusammenstoß* erlitten haben könnten, ist darum nicht vernachlässigbar. Vorsicht ist insbesondere bei der Ar-Ar-Methode geboten, bei der das radiogene Ar-40 schon durch eine relativ geringe Aufheizung ausgetrieben wird. Ferner gelang es beispielsweise nicht, für den wichtigen, weil urtümlichen kohligen Chondrit Allende (eine Brekzie!) eine befriedigende Rb-Sr-Isochrone zu gewinnen (KERRIDGE UND MATTHEWS 1988:260). Das in Tab 4 genannte Alter seiner Silikateinschlüsse weist nach JESSBERGER ET AL (1980) auf den Zeitpunkt der letzten Störung des Systems und nicht auf seine Bildung hin. Allerdings zeigen sehr Rb-arme Einschlüsse in Allende den tiefsten je beobachteten Wert der Sr-87/Sr-86 - Anfangskonzentration, was auf ein sehr frühes Bildungsalter hinweist. (Die Sr-87 - Konzentration eines geschlossenen Systems kann ja wegen des Rb-87 - Zerfalls im Verlaufe der Zeit nur zunehmen.) Das bereits in Abschnitt 3.4 angedeutete hohe Alter der kohligen Chondrite wird also durch die Isotopenanalyse bestätigt.

MINSTER ET AL (1982) wiesen bei Präzisionsmessungen nach, dass Rb-Sr-*“whole rock“*-Isochronen von mehreren gewöhnlichen Chondriten ihr Entstehungsalter anzeigen. Auch wenn das einzelne Mineralkorn nach der Bildung des Mutterkörpers noch eine Störung erfährt, wird doch das Rb-Sr-System in einem größeren Volumen nicht mehr verändert (vgl Abschnitt 2.3, wo bei den Isua-Gneisen ebenfalls diese Methode zum Ziel führte). MINSTER ET AL konnten nachweisen, dass drei ganz verschiedene Meteoritengruppen (H, LL und E) innerhalb der analytischen Fehlergrenzen dasselbe Rb-Sr-Alter haben, somit gleichzeitig gebildet worden sind. Die 38 Meßpunkte aus allen drei Gruppen liegen auf einer einzigen, sehr präzisen Rb-Sr-Isochrone, die zu einem *Entstehungsalter von $4,555 \pm 0,010$ Ga* führt.

Es fällt auf, dass diese Größe kaum von den Zeiten in Abb 14 und Tab 4 abweicht, in welchen unterschiedlichste Meteorite mit dem Alter seit der letzten thermischen Überprägung aufgelistet sind. Das weist stark darauf hin, a) dass alle Meteoriten-Mutterkörper innerhalb der analytischen Fehlerschranken *dasselbe Alter von 4,5 - 4,6 Ga* haben und b) dass sie sich in der relativ kurzen Zeit von *0,1 Ga differenzierten* (Metamorphose, eventuell Schmelzen, eventuell Gliederung in Silikatmantel und Eisenkern).

Verschiedene Beobachtungen beweisen ferner, dass das ganze Sonnensystem in relativ kurzer Zeit durch die Kontraktion und Differentiation der protosolaren Wolke entstanden ist. Die Altersbestimmung mit Bleiisotopen (DALRYMPLE 1991:305-56) zeigt insbesondere, dass *die Erde und die Meteoriten*

das gleiche Alter von $4,55 \pm 0,03$ Ga besitzen, worauf wir leider aus Raumgründen nicht genauer eingehen können. Dieser Zahlenwert ist logisch konsistent mit den Datierungen der individuellen Meteorite und der ältesten Gesteine auf Erde und Mond. Wegen der übereinstimmenden chemischen Zusammensetzung von Sonne und Meteoriten (Abschnitt 3.4) werden die

4,55 Ga als Alter des Sonnensystems*

bezeichnet. Die Zahl kann als die Quintessenz von Tausenden von hochpräzisen Isotopenmessungen der letzten Jahrzehnte angesehen werden.

4. Wenn Sterne altern

4.1. HRD – das Diagramm der Stellar-Astrophysik

Alle Sterne, die wir nachts am Himmel erblicken, sind, abgesehen von ganz wenigen Ausnahmen, ferne Sonnen, also *Fixsterne*. Heute wissen wir, dass es heiße Gaskugeln sind, deren Energie aus der Verschmelzung von leichten Atomkernen im Sternzentrum bei Millionen Kelvin stammt. (Die *absolute Temperatur**, gemessen in *Kelvin*, ist im Glossar erläutert.) Die nächsten drei Abschnitte sollen zeigen, wie es zu diesen Erkenntnissen kam.

Um 1912 hatten EJNAR HERTZSPRUNG und HENRY N RUSSELL eine sehr fruchtbare Idee. Sie trugen auf der Vertikalachse eines Diagramms die Leuchtkraft des Sterns ab, meist in Vielfachen der bekannten Sonnenleuchtkraft. Auf der Horizontalachse finden wir (ansteigend nach links) die absolute Oberflächentemperatur oder eine dazu äquivalente, der direkten Beobachtung leichter zugängliche Größe. Dieses Diagramm wird *HERTZSPRUNG-RUSSELL-Diagramm** oder *HRD* genannt. *Abb 16* zeigt das HRD für die uns nächsten Sterne.

Am Diagramm fällt auf, dass die große Mehrheit der Sterne auf einem Band liegt, das sich von links oben nach rechts unten zieht. Sie alle gehören zur sogenannten *Hauptreihe**. Im einzelnen sind Sterne rechts unten ihrer Lage gemäß lichtschwach und relativ kühl, leuchten also rötlich. Die Objekte links oben dagegen sind sehr hell, heiß und darum von bläulicher Oberflächenfarbe. Eine weitere Gruppe von Sternen befindet sich links unten. Da sie hohe Oberflächentemperatur haben, müssen sie je m^2 Oberfläche viel Energie abstrahlen. Die geringe Leuchtkraft kann also ihre Ursache nur in der kleinen Oberfläche und damit einem kleinen Radius haben. Wir sprechen darum von *Weissen Zwergen*, die in der Tat nur etwa Erdgröße, aber extrem hohe Dichte haben. Schließlich bleibt eine Sternklasse rechts über der Hauptreihe. Entsprechend ihrer Temperatur sind es eher rötliche Sterne, die deshalb je m^2 nur wenig Energie abstrahlen. Wegen ihrer Stellung oben im Hertzsprung-Russell-Diagramm gehören sie aber zu den leuchtkräftig-

sten Objekten überhaupt und müssen darum eine sehr große Oberfläche, also einen großen Radius haben. Sie sind *Rote Riesen** getauft worden.

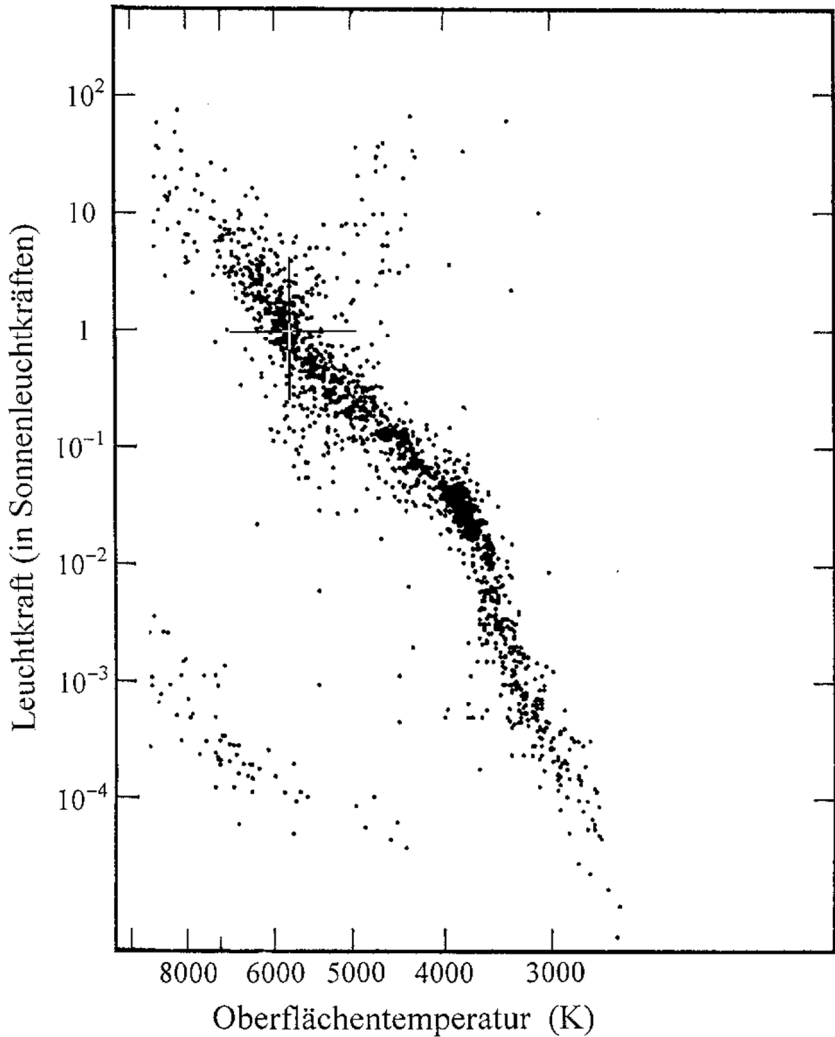


Abb 16. Hertzsprung-Russell-Diagramm oder HRD der 2241 Sterne, die weniger als 72 Lichtjahre entfernt sind. Nach oben ist die Leuchtkraft in Einheiten der Sonnenleuchtkraft abgetragen, nach links die absolute Oberflächentemperatur in Kelvin. Die Lage der Sonne ist durch ein Kreuz gekennzeichnet. (Gliese 1979)

Warum sind die Sterne nur an ganz bestimmten Orten im HRD anzutreffen? Es gehört zu den großen Triumphen der Astrophysik dieses Jahrhunderts, dass wir diese Verteilung auch theoretisch verstehen. Davon handeln die nächsten Abschnitte.

4.2. Der physikalische Aufbau eines Sterns

Anfangs dieses Jahrhunderts wurde klar, dass die gewaltige Energieproduktion eines Sterns nur aus kernphysikalischen Prozessen stammen konnte. Die theoretischen Grundlagen zum *Sternaufbau* hat dann ARTHUR S EDDINGTON in den Zwanzigerjahren erarbeitet. Aber erst ein gutes Jahrzehnt später konnten HANS A BETHE und CARL FRIEDRICH V WEIZSÄCKER mit dem sogenannten CNO-Zyklus einen konkreten thermonuklearen Prozess angeben, nach welchem im Sternzentrum Wasserstoff zu Helium fusioniert wird. Wir sprechen dabei vom sogenannten *Wasserstoffbrennen*. Im seither vergangenen halben Jahrhundert wurden diese Themen intensiv weiterverfolgt, so dass wir heute weitgehend Klarheit haben über den Aufbau eines Sterns.

Wie berechnet man nun konkret die Verhältnisse in seinem Innern? Die physikalische Idee ist im Grunde einfach: Unter dem Einfluss der eigenen Schwerkraft möchte sich die Gasmasse so stark wie möglich zusammenziehen. Andererseits übt das heiße Gas im Innern einen starken, nach außen gerichteten Druck aus. In einem stabil aufgebauten Stern – und das sind die allermeisten – herrscht an jedem Ort Gleichgewicht zwischen diesen beiden Kräften. Unter Berücksichtigung des Kräftegleichgewichts arbeitet man sich nun in der Rechnung Schicht für Schicht in die Tiefe vor. Die Gasgesetze gestatten dann die Bestimmung der zugehörigen Temperatur, die gegen innen immer mehr ansteigt. Nur im Zentrum ist sie so hoch, dass Fusion eintritt.

Schon EDDINGTON konnte zeigen, dass Druck, Dichte und Temperatur im Innern aus allgemein bekannten physikalischen Gesetzen berechenbar sind. Ferner wies er darauf hin, dass bei gegebener chemischer Zusammensetzung ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Masse eines Sterns und seiner Strahlungsleistung, also der Leuchtkraft, besteht. Diese *Masse-Leuchtkraft-Beziehung* konnte durch die Beobachtungen bestätigt werden (UNSÖLD UND BASCHEK 1988:143).

Seit dem Aufkommen der Computer sind Rechnungen nach der oben ange deuteten Methode für Modellsterne mit verschiedenen Massen vielfach durchgeführt worden. Werden die Daten in einem HRD eingetragen, so zeigt sich, dass alle Modellsterne beim Beginn des Wasserstoffbrennens auf einer einzigen Linie liegen, die wieder von links oben nach rechts unten verläuft und in *Abb 17* als *Alter-null-Hauptreihe* bezeichnet ist. Die Ähnlichkeit zur Hauptreihe im beobachteten HRD (*Abb 16*) ist offensichtlich.

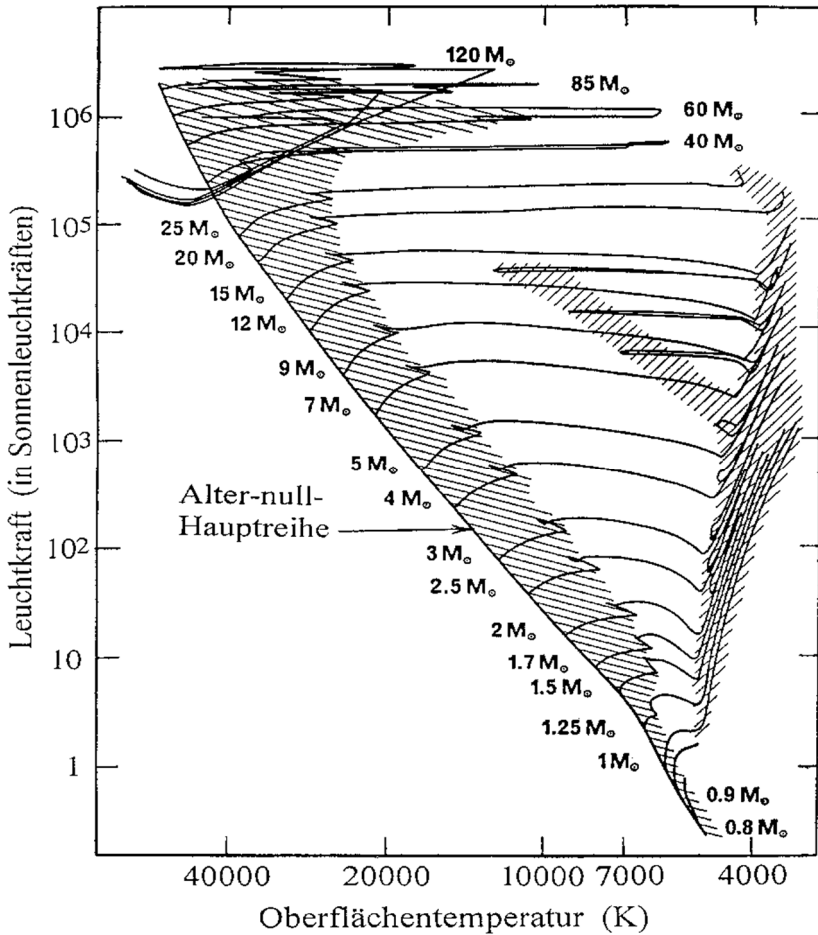


Abb 17. (Zu Abschnitt 4.2) Theoretisches Hertzsprung-Russell-Diagramm HRD für Sterne verschiedener Masse, ausgedrückt in Sonnenmassen M_{\odot} . Die ausgezogene von links oben nach rechts unten verlaufende Linie zeigt Leuchtkraft und Oberflächentemperatur der Sterne bei Beginn des Wasserstoffbrennens und heißt darum *Alter-null-Hauptreihe*.

(Zu Abschnitt 4.3) Die von der Hauptreihe nach rechts verlaufenden Kurven stellen das weitere Schicksal eines Sterns dar (= *Entwicklungslinie*). Im linken schraffierten Gebiet findet Wasserstoffbrennen im Sternzentrum statt. Nachdem sich der Wasserstoff-Vorrat in der Mitte erschöpft hat, geht die Fusion in einer darüberliegenden Kugelschale weiter. Dabei nimmt der Radius stark zu und die Sterne werden an der Oberfläche gleichzeitig kühler und heller. Sie wandern darum ins Gebiet der Roten Riesen nach rechts und oben (rechtes schraffiertes Band). Die Linien zeigen den Werdegang für Sterne verschiedener Masse bis zum Zünden des Heliumbrennens. Die Berechnungen basieren auf einer sonnenähnlichen chemischen Zusammensetzung. (SCHALLER ET AL 1992)

Wir sehen damit die von Eddington vorausgesagte Masse-Leuchtkraft-Beziehung bestätigt: Bei vorgegebener chemischer Zusammensetzung sind die Sterneigenschaften (zB Radius, Leuchtkraft, Oberflächentemperatur) durch die Angabe der Masse eindeutig bestimmt. Unter diesen Voraussetzungen *müssen* alle Sterne auf einer einzigen Linie im Hertzsprung-Russell-Diagramm liegen. Abweichungen sind nur bei veränderter chemischer Zusammensetzung möglich.

Die Alter-null-Hauptreihe zeigt jene Sterne, die bis zuinuerst aus Wasserstoff bestehen, also am Anfang ihrer Entwicklung stehen. Mit der Zeit aber sammelt sich im Zentrum das in der Fusion entstandene Helium an, und die Bedingungen ändern sich. Damit kommen wir zu einer zweiten wichtigen Frage: Wie kommt es eigentlich zur Bildung von Sternen und wie entwickeln sie sich auf dem HRD weiter?

4.3. Geburt und Tod der Sterne

Vor allem durch die Radio- und die Infrarot-Astronomie haben wir gelernt, dass die Milchstraße* nicht nur Sterne, sondern auch viel *interstellare** Materie beherbergt, die zur Hauptsache aus Wasserstoff- und etwas Heliumgas besteht. In diesen Gasmassen entwickeln sich unter geeigneten Umständen junge Sterne. Hat ein Gaswolken-Fragment hinreichend große Masse und genügend tiefe Temperatur, so zieht es sich unter dem Einfluss der eigenen Schwerkraft zusammen. Ein Fragment umfasst in der Regel 10 - 1000 Sonnenmassen, ist also die Wiege für einen Sternhaufen mit einem Dutzend oder einigen hundert Sternen. Lokale Dichtemaxima und Verwirbelung sorgen während der Kontraktion dafür, dass sich die kollabierende Wolke durch *Fragmentation* in Einzelwolken auflöst, die sich, immer noch unter dem Einfluss der Gravitation, zu *Protosternen* zusammenziehen. Dabei wird ihr Inneres stark aufgeheizt.

Überschreitet die Zentrumstemperatur einige Millionen Kelvin, so zündet die *Kernfusion**, welche Wasserstoff zu Helium „verbrennt“, und die Kontraktion des Gases hört wegen des gestiegenen Drucks auf. Ein *Hauptreihenstern ist entstanden*. Für relativ lange Zeit besteht nun in seinem Inneren das oben erwähnte Gleichgewicht zwischen Schwerkraft und Gasdruck. Die Phase des Wasserstoffbrennens ist für alle Sterne die erste und zugleich zeitlich längste, sodass wir die meisten Sterne am Himmel in diesem Abschnitt der Entwicklung beobachten. Sie ist in *Abb 17* für die verschiedenen Sternmassen durch das linke schraffierte Band dargestellt. Die Entwicklung des einzelnen Sterns ergibt sich nach den Berechnungen aus den leicht nach oben und rechts verlaufenden Kurven, die *Entwicklungslinien* heißen.

Früher oder später allerdings ist der Wasserstoff im Zentrum aufgebraucht und es bleibt ein Kern aus reinem Helium, der keine Energie liefert. Dieser kontrahiert unter der eigenen Gravitation, die Zentraltemperatur steigt an und die Wasserstoff-Fusion geht in einer Schale um das Zentrum weiter. Dabei blähen sich die äußeren Zonen des Sterns stark auf, womit die Temperatur an der Oberfläche sinkt und diese sich nach rot verfärbt. Aus dem Hauptreihenstern wird damit ein *Roter Riese**, der sich im HRD Abb 17 im rechten schraffierten Band befindet. Diese Entwicklung ist für verschiedene Massen dargestellt. So wird beispielsweise die Sonne in rund 5 Ga ein Roter Riese sein und dann für kurze Zeit eine mehr als hundertmal größere Leuchtkraft haben als heute und einen Radius, der bis fast zur Erdbahn reicht! (Abb 17, KIPPENHAHN 1980:85, MARAN 1992:866). Der Übergang vom geruhsamen Hauptreihenstern zum neuen Regime ist somit klar beobachtbar.

Für Rote Riesen, die mehr als etwa 0,5 Sonnenmassen aufweisen (MARAN 1992:838) steigt die Zentraltemperatur auf über 100 Millionen Kelvin. Nun tritt ein neuer Energielieferant auf den Plan: Das Helium-4, das sich vom Wasserstoffbrennen her im Zentrum angesammelt hat, beginnt unter Energieabgabe zu Kohlenstoff-12 und Sauerstoff-16 zu fusionieren. Der weitere Verlauf der Sternentwicklung hängt nun stark von der Sternmasse ab. Ein massenreicher Stern von zB 10 Sonnenmassen findet in einer *Supernova-Explosion** sein flammendes Finale, bei dem ein bizarrer *Neutronenstern* von nur 10 km Durchmesser übrig bleibt. Die Sonne andererseits wird nach dem Roten Riesen-Stadium in einer kurzen Phase des *planetarischen Nebels* einen großen Teil ihrer Hülle abstoßen und dann als lichtschwacher *Weißer Zwerg* von nur Erdgröße sich über viele Jahrmilliarden hinweg langsam abkühlen (MARAN 1992:866).

Ein wesentlicher Aspekt der Stern-Modellrechnungen ist die Tatsache, dass die Leuchtkraft in der Hauptreihe sehr empfindlich von der Masse abhängt. Nach Abb 17 hat ein Hauptreihenstern von 25 Sonnenmassen eine 100'000 mal größere Leuchtkraft als die Sonne. Das wirkt sich natürlich stark auf die *Entwicklungszeit auf der Hauptreihe* (UNSÖLD UND BASCHEK 1988:283) aus: Die „verschwenderische“ Energieabgabe des massenreichen Sterns führt dazu, dass sein Brennstoff trotz der größeren Anfangsmasse sehr schnell aufgebraucht ist und er sich nur rund 2 Ma auf der Hauptreihe aufhält. Die „haushälterische“ Sonne dagegen verbleibt während 10'000 Ma im Wasserstoffbrennen (wovon 4600 Ma bereits vergangen sind). Diese Beziehung zwischen Leuchtkraft und Entwicklungszeit wird nun benützt, um das Alter von Sternhaufen zu bestimmen, wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden.

4.4. Das Alter der Sternhaufen

In den letzten beiden Abschnitten kamen die theoretischen Astrophysiker zu Wort. Für das Kommende sind vor allem zwei ihrer Ergebnisse wesentlich:

- a) Ein Stern verbleibt für die größte Zeit seines „Lebens“ auf der Hauptreihe und fusioniert Wasserstoff zu Helium. Danach entwickelt er sich zum Roten Riesen.
- b) Je größer die Masse des Sterns, desto höher seine Leuchtkraft, desto kürzer seine Verweilzeit auf der Hauptreihe.

Was sagt nun der beobachtende Astronom zu diesen Voraussagen? Für ihn sind die Sternhaufen* unserer Milchstraße* ausgezeichnete Testobjekte, um die Theorie zu überprüfen. In einem *galaktischen Sternhaufen* sind typischerweise einige Dutzend bis einige hundert Sterne auf einem Gebiet von gut 10 Lichtjahren Durchmesser vereinigt, die alle praktisch zur selben Zeit entstanden sein müssen. Das HRD von neun typischen Haufen ist in *Abb 18* zusammengefasst.

Wir erkennen unschwer die Hauptreihe, die von links oben (beim Haufen mit der Bezeichnung NGC 2362) nach rechts unten verläuft. Bemerkenswert (und von RUSSELL-VOGT vorausgesagt) ist die Tatsache, dass die lichtschwächeren Abschnitte für alle Haufen zusammenfallen, dh auf einer einzigen Kurve liegen. Weiter fällt auf, dass bei den unteren Kurven die hellen Sterne auf der Hauptreihe fehlen, dafür aber zahlreiche Haufenmitglieder im Roten Riesenast auftreten. Das Bild ist somit genau das nach Abschnitt 4.3 erwartete, wenn wir daran denken, dass nur massenreiche Sterne sich schnell weiterentwickeln. Bei NGC 2362 liegen auch die sehr hellen Sterne noch auf der Hauptreihe; sie können darum erst vor kurzem entstanden sein. Andererseits befinden sich bei NGC 188 nur noch Objekte mit maximal etwa Sonnenleuchtkraft auf dieser Linie. Die helleren und damit massenreicheren haben sich weiterentwickelt und sind zu „Greisen“ geworden, konkret zu Roten Riesen, Neutronensternen, Weißen Zwergen oder vielleicht schwarzen Löchern. Das Abbiegen von der Hauptreihe, das „Knie“, hängt also stark vom Alter ab. Durch den Vergleich der Beobachtungen mit den Rechnungen an Modellsternen wird eine *direkte Bestimmung des Haufenalters* möglich. So geben MEYNET ET AL (1993) für die Plejaden in *Abb 18* ein Alter von nur 0,10 Ga, für NGC 188 aber ein solches von 6,6 Ga an. –

Gegenüber den eben genannten galaktischen sind die *Kugelsternhaufen** wahre Riesen: Sie umschließen in einem Gebiet von rund 100 Lichtjahren Durchmesser einige 100'000 Sterne (*Abb 19*). Auch ist ihre Verteilung im Weltraum eine völlig andere: Während die galaktischen Haufen sich eng an die Milchstraßenebene anschmiegen, sind die Kugelhaufen auf ein riesiges Gebiet verteilt, das die ganze Milchstraße umspannt und *galaktischer Halo** genannt wird.

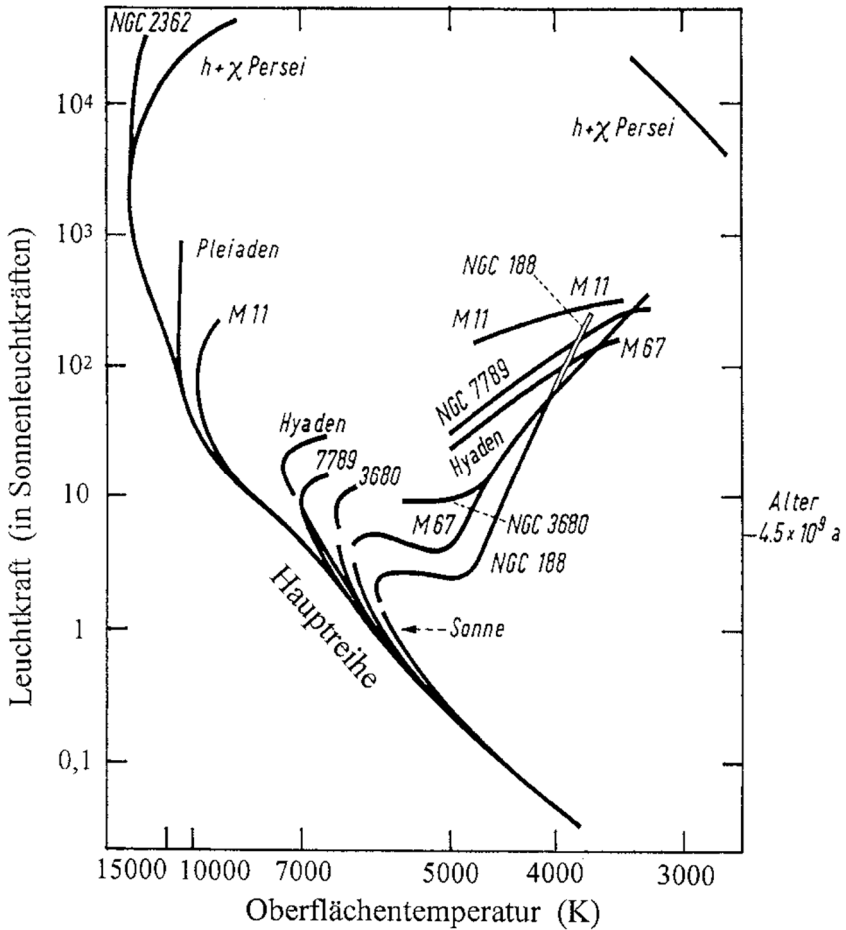


Abb 18. Beobachtetes Hertzsprung-Russell-Diagramm einiger galaktischer Sternhaufen. Die gemeinsame, nach rechts abfallende Kurve ist die Hauptreihe. Der Abknickpunkt von der Hauptreihe, das „Knie“, bestimmt das Alter des Haufens, wie die Erläuterungen im Text zeigen. (UNSÖLD UND BASCHEK 1988:279 nach SANDAGE)

Die wieder nach der obigen Methode durchgeführten Datierungen beweisen, dass alle Kugelsternhaufen sehr alt sind. Abb 20 zeigt für den Haufen 47 Tucanae eindrücklich das „Knie“ über der Hauptreihe und lässt erkennen, wie gut Theorie und Beobachtung übereinstimmen. Die drei ausgezogenen Linien (man nennt sie Isochronen) stützen sich auf Modellrechnungen und zeigen (von oben nach unten) die Lage von Sternen, die 12, 13 bzw 14 Ga alt sind. Die Beobachtungen sind durch Punkte dargestellt.

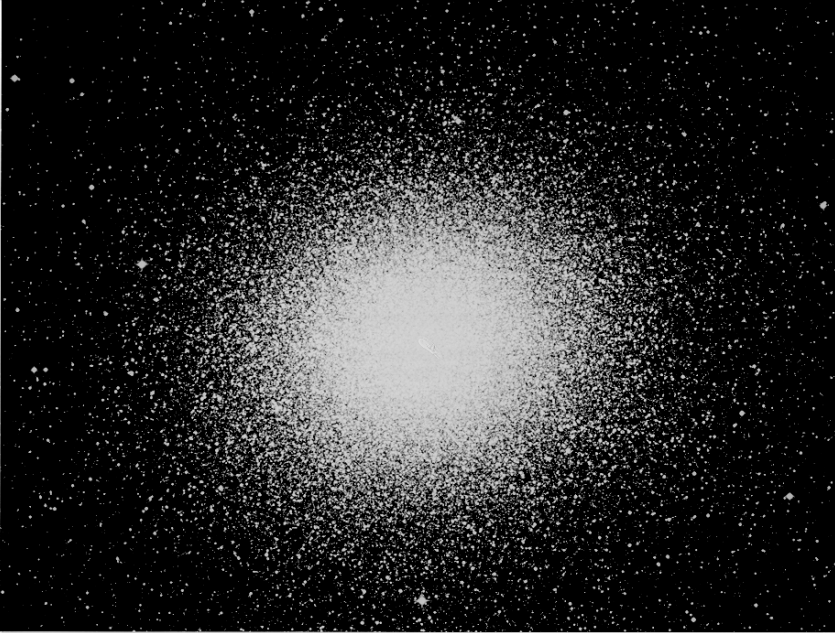


Abb 19. Der Kugelsternhaufen *Omega Centauri* ist der hellste am Himmel, aber nur im Süden sichtbar. Der dichte Teil überdeckt etwa die Fläche des Vollmonds und zählt über eine Million Sterne. (Mit freundlicher Erlaubnis der Europäischen Südsternearte ESO)

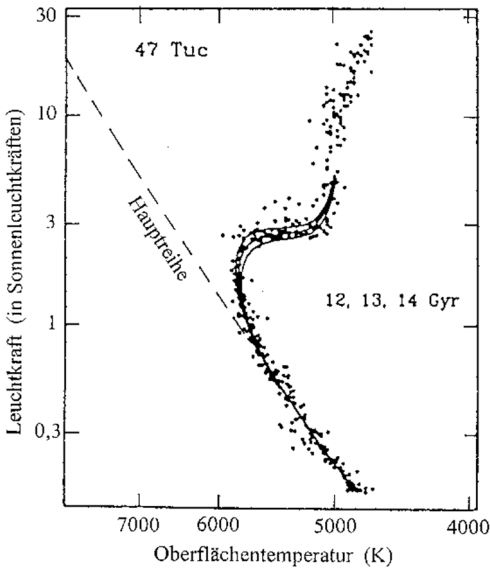


Abb 20. Hertzsprung-Russell-Diagramm für den Kugelsternhaufen *47 Tucanae*. Punkte = Beobachtungen. Die schwarzen Linien (= Isochronen) zeigen an, wo sich die Sterne gemäß den Berechnungen bei einem 12, 13 bzw 14 Ga alten Haufen befinden würden. (VANDENBERG 1990)

Abgesehen von kürzlich gefundenen, möglicherweise noch etwas älteren Sternen im galaktischen Zentrum gehören die Kugelsternhaufen zu den ältesten Objekten der Milchstraße. Die Veteranen unter ihnen haben ein Alter

von 15 - 17 Ga (VAN DEN BERGH UND HESSER 1993). Sie zeichnen sich durch einen sehr geringen Gehalt an schweren chemischen Elementen aus – ein Umstand, der uns in Abschnitt 4.5 noch beschäftigen wird.

Die *Entstehung der Milchstraße* kann in den wesentlichen Zügen nach dem bekannten Modell von EGGEN, LYNDEN-BELL UND SANDAGE (1962) erklärt werden: Danach kollabierte unter dem Einfluss ihrer eigenen Schwerkraft eine riesige *protogalaktische* Gaswolke*, die fast ausschließlich aus Wasserstoff und etwas Helium bestand. In den Außenbezirken entstanden durch die Massenkonzentration vorerst die Kugelsternhaufen, während sich der Hauptteil des Gases in der galaktischen Ebene anordnete und erst nach und nach für die Sternbildung gebraucht wurde. – Eine vollständige Theorie zur Entstehung der Milchstraße und der Galaxien besteht allerdings bis heute nicht.

Die Datierung der Kugelsternhaufen ist für Astronomie und Kosmologie von großer Bedeutung. Als Objekte der Milchstraße setzen sie mit rund *15 Milliarden Jahren eine untere Grenze für das Alter der Milchstraße und des Weltalls*. Erfreulich ist, dass sie als Zeugen aus der Frühzeit des Universums eine relativ präzise Datierung zulassen. Positiv ist auch die Tatsache, dass die nötigen Sternmodellberechnungen auf gut erforschten, im Labor messbaren physikalischen Gesetzen ruhen und keine schwer überprüfbar kosmologischen Hypothesen enthalten.

4.5. Kosmische Alchemie: Wie sind die Elemente entstanden?

Sie, verehrte Leserin, verehrter Leser, tragen vielleicht einen Goldring. Auf welche Weise wurde dieses Gold geschaffen? – Sie brauchen Strom, der von einem Kernkraftwerk erzeugt wird. Wie aber entstand das benötigte Uran, das doch als radioaktives Element immer weniger wird? Es gehört zu den großen Erfolgen der Astrophysik, dass wir in den letzten Jahrzehnten Antworten auf diese grundlegenden Fragen gefunden haben.

Kosmologen und Kernphysiker sind sich einig, dass aller Wasserstoff und der größte Teil des Heliums im Weltall in den ersten 15 Minuten nach dem Urknall gebildet worden sind (SILK 1989:143; siehe auch Abschnitt 5.4). Wie aber kam es zu den *schweren Elementen*? (Die Astronomen pflegen alle Elemente von Kohlenstoff an als schwer zu bezeichnen.) Ihre Entstehung ist an die massenreichen Sterne geknüpft, deren Entwicklung hier wenigstens in groben Zügen skizziert sei: Im Stadium des Roten Riesen setzt, wie wir bereits im Abschnitt 4.3 gesehen haben, das Heliumbrennen ein, bei dem Heliumkerne zu Kohlenstoff und Sauerstoff fusionieren. Ist der Stern massenreich genug, synthetisiert er daraus später bei höherer Zentraltemperatur noch schwerere Elemente wie Neon, Magnesium, Silizium... bis hin zu Eisen und Nickel. Dies sind die schwersten Elemente, bei denen durch

Kernfusion noch Energie gewonnen werden kann. Noch schwerere Kerne können nur durch Energiezufuhr gebildet werden. Auf diese Weise wächst im Sternzentrum mit der Zeit eine reaktionsträge Eisenkugel, die nichts mehr zur Energieproduktion beiträgt. Überschreitet sie eine gewisse kritische Masse, so kollabiert das Sternzentrum unter dem ungeheuren Druck der Schwerkraft in Sekundenschnelle und eine *Supernova-Explosion** (genau gesagt vom Typ II) setzt ein (SILK 1989:331). Dabei werden sehr viele Neutronen (Symbol = n) freigesetzt, die sofort an die schweren Atomkerne wie Eisen angelagert werden, zB:

$\text{Fe-56} + \text{n} \rightarrow \text{Fe-57} + \gamma$; $\text{Fe-57} + \text{n} \rightarrow \text{Fe-58} + \gamma$; $\text{Fe-58} + \text{n} \rightarrow \text{Fe-59} + \gamma$ usw. (γ bedeutet dabei ein Gammaquant).

Darauf folgen Betazerfälle mit sehr kurzer Halbwertszeit, die zu Kobalt- und Nickelisotopen führen, dann weitere Anlagerungen von Neutronen usw. In kürzester Zeit entstehen so die *neutronenreichen Isotope* jenseits des Eisens. Bei den Elementen, die deutlich schwerer als Uran und Thorium sind, findet die Synthese aber ein natürliches Ende. Hier ist der Zerfall der Kerne wegen der sehr kurzen Halbwertszeiten schneller als der Aufbau durch Neutroneneinfang. –

Der Kollaps im Sternzentrum führt zur Bildung eines extrem dichten *Neutronensterns*. Das aus den äußeren Schichten nachfallende Material prallt hart daran ab und wird dann mit Geschwindigkeiten bis über 20'000 km/s ausgeschleudert. Daran ist der Wasserstoff aus der Hülle genau so beteiligt wie die schweren Elemente, die im Verlaufe der Sternentwicklung und während der Supernova-Explosion gebildet worden sind. So entsteht ein expandierender *Supernova-Überrest*, der gegenüber der Umgebung mit schweren Elementen stark angereichert ist (MARAN 1992:898). Das Explosionsmaterial wird ausgestreut, in langen Zeiträumen gebremst und mit der interstellaren Materie vermischt. Aus diesem Gasgemisch geht eine nächste Sternengeneration hervor, die nun neben Wasserstoff und Helium auch schwere Elemente enthält. Damit setzt im Weltall ein *Anreicherungsprozess* ein, der bis heute weitergeht. Man beobachtet, dass die ältesten Objekte in der Milchstraße, die Kugelsternhaufen, nur 1 - 10 % des Gehaltes an schweren Elementen haben, den wir in der Sonne und in den (jungen) galaktischen Haufen vorfinden. Dies ist ein wichtiger Hinweis für die Richtigkeit unserer Vorstellungen. – Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass die Sterne auch durch mächtige Sternwinde, insbesondere im Roten Riesenstadium, viel Materie an den interstellaren Raum verlieren. Die neutronenreichen schweren Elemente scheinen aber nur in Supernova-Explosionen zu entstehen (MATHEWS UND COWAN 1990).

Zusammenfassend stellen wir also eine weiträumige und über alle Zeiten des Universums hinweg verlaufende *Entwicklung der chemischen Elemente*

fest: Während am Anfang der Galaxienbildung nur Wasserstoff und Helium vorlagen, wird seither durch das schnelle Werden und Vergehen der massenreichen Sterne das Weltall laufend mit schweren Elementen angereichert. Die Bildung von erdähnlichen Planeten, und damit die Entstehung des Lebens, wäre ohne diese Entwicklung unmöglich gewesen – eine Tatsache, die uns zum Staunen bringen kann.

4.6. Die frühe Milchstraße

Im Abschnitt 4.4 lernten wir das Alter der ältesten Kugelsternhaufen mit etwa 15 - 17 Ga kennen. Gewisse Anzeichen sprechen dafür, dass sich eine Gaswolke mit rund 10^{12} Sonnenmassen nur wenig früher aus der allgemeinen Expansion des Universums abgekoppelt hat und zur Urmilchstraße, zur Protogalaxis, wurde. (Mehr darüber in Abschnitt 5.4.) Die Sternhaufen liefern also nur eine *untere Grenze* für das Alter der Milchstraße.

Eine weitere Möglichkeit, in jene Frühzeit vorzustoßen, ergibt sich durch Datierungen mit radioaktiven Isotopen, ähnlich wie wir sie bei den radiometrischen Messungen an Gesteinen kennen gelernt haben. Dieser Zweig der Wissenschaft trägt den etwas umständlichen aber zutreffenden Namen *Nukleokosmochronologie** (COWAN ET AL 1991). Eine ihrer zuverlässigsten Methoden benützt gleichzeitig den Zerfall von Thorium-232 und von Uran-238. Welche Informationen müssen wir nun aber für eine Datierung haben? Für den radioaktiven Zerfall ist alles Nötige, wie zB die Halbwertszeit, in Tab 1, Abschnitt 1.2 zusammengestellt. Aus der Analyse der Meteorite ist auch das heutige Isotopenverhältnis Th-232/U-238 im Sonnensystem bekannt. Da diese radioaktiven Elemente in den Planeten sicher nicht neu produziert worden sind, können wir auch das Verhältnis zur Zeit der Geburt der Sonne angeben.

Wir haben im letzten Abschnitt darauf hingewiesen, dass Thorium und Uran nur entstehen können, wenn ein Atomkern schnell viele freie Neutronen einfängt, bevor er eine Chance hat, radioaktiv zu zerfallen. Eine solche Umgebung scheint es nur während einer Supernova-Explosion vom Typ II zu geben, die ihrerseits auf den Kollaps eines Sterns mit mehr als 8 Sonnenmassen zurückgeht. Der Kernphysiker ist heute in der Lage, für diese Situation recht genau anzugeben, wie durch Neutronenanlagerung und einzelne Betazerfälle die Thorium- und Uran-Isotope gebildet werden. Damit kann er auch das *Produktionsverhältnis*, also $(\text{Th-232}/\text{U-238})_0$ gleich nach der Supernova, ermitteln. Diese theoretischen Betrachtungen können als zuverlässig angesehen werden, weil es mit ihrer Hilfe auch gelingt, die beobachtete Häufigkeit *aller* Elemente schwerer als Eisen theoretisch zu erklären (COWAN ET AL 1991).

Ein Stern von mehr als 10 Sonnenmassen hat eine Lebensdauer von weniger als 30 Ma (Abschnitt 4.3). Das ist gegenüber dem vermuteten Alter der Milchstraße fast vernachlässigbar wenig. Hätten alle Supernovae gleich bei der Bildung der Milchstraße aufgeleuchtet, so könnte ihr Alter aus dem damaligen und dem heutigen Isotopenverhältnis sehr einfach berechnet werden. In Wirklichkeit aber explodierten sie ja in unterschiedlicher Rate während des ganzen Zeitabschnitts, vom Aufleuchten des ersten Kugelsternhaufens bis zur Bildung der protosolaren Wolke. Bei Berechnungen sind deshalb zum Beispiel folgende Fragen zu klären: Wie änderte sich die Bildungsrate der Sterne im Verlauf der Zeit? Wie häufig sind große bzw kleine Sternmassen? Wie lange fiel interstellare Materie in die galaktische Scheibe ein?

In den letzten Jahren sind Arbeiten publiziert worden, die der chemischen Entwicklung in verschiedener Weise Rechnung trugen, aber gleichwohl ähnliche Alter lieferten. Zusammenfassend schreiben COWAN ET AL (1991:491), dass die *nukleokosmochronologische Altersbestimmung für die Milchstraße* typischerweise Werte im Bereich von 13-15 Ga liefert, dass aber „der breitere Bereich von 10-20 Ga nicht ausgeschlossen werden kann“, weil nach wie vor Unsicherheiten beim Produktionsverhältnis und beim Ablauf der Kernsynthese bis zur Bildung des Sonnensystems bestehen.

Neben dem Thorium/Uran-Chronometer ist auch der Betazerfall von Rhenium-187 zu Osmium-187 zur Bestimmung des Milchstraßenalters benutzt worden (CLAYTON 1988). BUTCHER (1987) und LAWLER ET AL (1990) beschritten einen ganz anderen Weg, indem sie die Thorium-232-Konzentration verschieden alter sonnenähnlicher Sterne im sichtbaren Spektrum untersuchten. Alle Methoden ergaben ähnliche Alter wie die oben genannten, dürften aber prinzipiell größere Unsicherheiten beinhalten.

Im Kapitelrückblick stellen wir fest, dass das *Alter der Milchstraße mit rund 15 Milliarden Jahren* sowohl durch die Beobachtungen an Kugelsternhaufen wie durch die Analyse der radioaktiven Isotope gut gesichert ist. Es bleibt aber der Forschung der nächsten Jahre vorbehalten, den genauen zeitlichen Ablauf, angefangen bei der Bildung der protogalaktischen Wolke bis zur Entstehung des Sonnensystems, zu rekonstruieren.

5. Hubble und das Alter der Welt

5.1. In den Tiefen des Raums

Entfernungsmessungen bereiteten den Astronomen und Astronominnen schon immer großes Kopfzerbrechen. So konnte KOPERNIKUS 1543 wohl die Hypothese aufstellen, die Planeten würden um die Sonne kreisen – aber er wusste nicht, wie weit die Erde von der Sonne entfernt ist. Seine Schätzung

war 16mal zu klein. Es dauerte dann noch fast drei Jahrhunderte, bis FRIEDRICH WILHELM BESSEL 1838 als Erster die Distanz eines Fixsterns messen konnte. Auch heute kennen wir leidlich genaue Entfernungen nur für wenige tausend Sterne (unter den 100 Milliarden der Milchstraße!). Die Situation dürfte sich allerdings hinsichtlich Sternzahl und Präzision in den nächsten Jahren rapid ändern, wenn die Daten des Astrometrie-Satelliten Hipparcos ausgewertet sind.

Ein *Modell* möge uns die fast unvorstellbar großen Entfernungen näher bringen! Dazu wollen wir unsere kosmische Nachbarschaft in zehnmilliardenfacher Verkleinerung betrachten. Die Sonne schrumpft dann zur Größe einer Kokosnuss und die Erde, kaum so groß wie ein Stecknadelkopf, umkreist die Modellsonne in 15 m Entfernung. Die nächsten Fixsterne dagegen befänden sich in gut 4000 km Entfernung, zB einer von Apfelgröße am persischen Golf und einer in Nigeria. Dazwischen ist nichts als gähnende Leere! – Die Modell-Andromedagalaxie als benachbartes Milchstraßensystem käme fast in die Entfernung des Uranus zu liegen. Doch die fernste beobachtete Galaxie ist mindestens fünftausendmal weiter weg! Das sind Dimensionen, die jegliche Vorstellungskraft übersteigen.

Die Astronomen kennen keine Universalmethode zum Messen von Distanzen. Vielmehr benützen sie für jeden Bereich das angepasste Verfahren und bauen so eine *kosmologische Distanzleiter* auf. Zollstock ist das *Lichtjahr** = 1 Lj, also der Weg, den Licht im Vakuum in einem Jahr zurücklegt; das sind $9,46 \cdot 10^{15}$ m. Bei kosmologischen Betrachtungen brauchen wir als größere Maßstäbe das *Megalichtjahr* = 1 MLj = 1 Million Lj und das *Gigalichtjahr* = 1 GLj = 1 Milliarde Lj.

Für Sterne bis 100 Lichtjahre reicht für Distanzmessungen ganz normale Trigonometrie: Man macht mindestens jedes halbe Jahr eine Sternaufnahme höchster Präzision und ermittelt, unter welchem Winkel der Erdbahnradius vom Stern aus gesehen würde. Aus diesem Winkel, der sogenannten Parallaxe, und der Entfernung Sonne – Erde berechnet sich leicht die Stern-distanz.

Bei Entfernungen bis zu etwa 50 Millionen Lichtjahren helfen die pulsierenden und leuchtkräftigen *Delta Cephei-Sterne*, für die ein gut erforschter Zusammenhang zwischen Leuchtkraft und Pulsperiode besteht: Je leuchtkräftiger sie sind, desto langsamer ist ihre Schwingung. Die Periode können wir relativ leicht messen und damit auf die Strahlungsleistung schließen. Aus dieser und der beobachteten Helligkeit ergibt sich die Distanz. Nach dieser Methode konnte EDWIN HUBBLE 1924 die fundamentale Entdeckung machen, dass die sogenannten Spiralnebel in Wirklichkeit Welteninseln wie unsere Milchstraße sind, mit Entfernungen von Millionen Lichtjahren.

Heute werden solche Sternsysteme allgemein *Galaxien** genannt. Sie sind die Grundbausteine des Weltalls im Großen; es scheint kaum Sterne außerhalb dieser Welteninseln zu geben. Die Größe der Galaxien ist sehr unterschiedlich: Typischerweise beinhalten sie 10^8 - 10^{12} Sterne und haben einen Durchmesser zwischen 1000 und 100'000 Lj. Doch sind sie keineswegs gleichmäßig im Raum verteilt. Unsere Milchstraße gehört zu einer kleinen Ansammlung von Galaxien, der *lokalen Gruppe*, mit gut 25 meist lichtschwachen Mitgliedern in einem Raum von 3 MLj Durchmesser. Es gibt aber auch *Galaxienhaufen** und *Galaxien-Superhaufen* mit Tausenden von hellen Galaxien. Unsere lokale Gruppe befindet sich im Einflussbereich des Virgo-Galaxienhaufens mit über 1000 Mitgliedern (Virgo = Sternbild Jungfrau). Dieser wiederum gehört samt lokaler Gruppe zum *lokalen Superhaufen* von 100 MLj Kantenlänge. Daneben hat man aber auch riesige *Leerräume* (voids) mit 100 MLj Durchmesser entdeckt, die kaum eine einzige leuchtkräftige Galaxie enthalten. *Abb 21* zeigt den Zentralteil des Galaxienhaufens im Sternbild Coma Berenice.

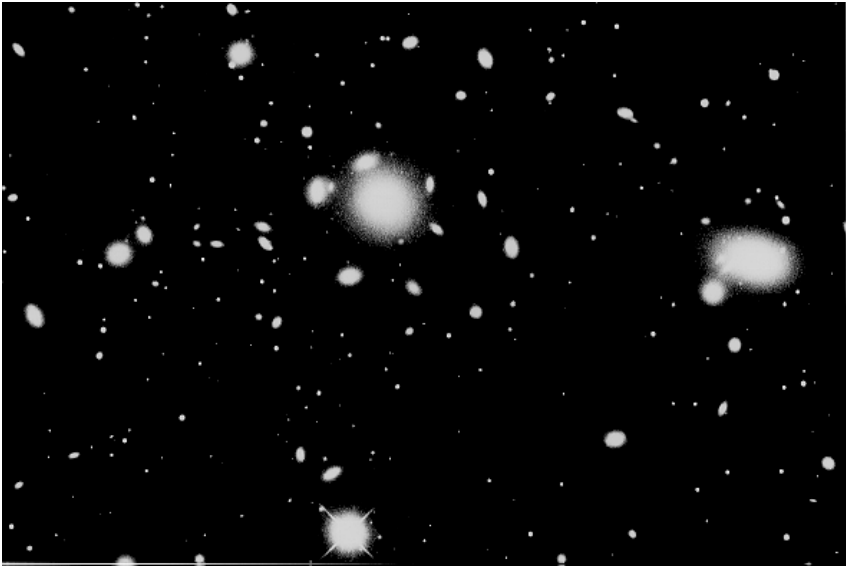


Abb 21. Ausschnitt aus dem Coma-Galaxienhaufen. Die ausgedehnten Objekte mit etwas verwaschenen Rändern sind einzelne Galaxien, die je etwa 10^{10} - 10^{12} Sterne enthalten und rund 400 MLj entfernt sind.

Wie aber misst man so unvorstellbar große Distanzen? In der nähern Umgebung finden wir Objekte, von denen wir annehmen können, dass sie überall im Weltraum dieselbe Leuchtkraft besitzen. Sie eignen sich darum als

Standardkerzen. Als solche dienen zum Beispiel die hellsten Galaxien in reichen Haufen und die Supernovae vom Typ Ia, die auf der Explosion eines klar bestimmten Sterntyps (eines weißen Zwergs) beruhen. Misst man ihre Helligkeit am Fernrohr, so kann man direkt auf die Entfernung schließen. In beiden Fällen geht es um sehr helle Objekte, sodass die Distanzmessung bis zu Milliarden von Lichtjahren vorgetrieben werden kann.

Trotz aller Bemühungen sind kosmologische Distanzen auch heute bis zu einem gewissen Grad unsicher. Seit etwa 1965 gibt es eine Forschergruppe, angeführt von ALLAN SANDAGE und GUSTAV A TAMMANN, deren Ergebnisse immer wieder auf eine „lange“ *Distanzskala* hinweisen, während eine zweite Gruppe mit GÉRARD DE VAUCOULEURS regelmäßig eine „kurze“ *Distanzskala* ermittelt (zB TRAVIS 1992). Die Entfernungen, die die beiden Teams für dasselbe Objekt angeben, unterscheiden sich heute noch um ca 30% (Glanz 1996). Aus Gründen, die wir im Abschnitt 5.3 darlegen, entscheiden wir uns für die lange Distanzskala. Völlig einig sind sich aber alle Fachleute, dass die fernen Galaxien in Entfernungen von *Milliarden* von Lichtjahren liegen und nicht nur bei 15,7 Lj, wie vor etlichen Jahren zwei Gegner der Relativitätstheorie (MOON UND EBERLE SPENCER 1953) behaupteten. Mit diesen großen Distanzen sind aber automatisch auch lange Lichtlaufzeiten verknüpft, die wir im Abschnitt 5.3 betrachten wollen.

Das Licht der Sterne und Galaxien informiert uns aber nicht nur über ihre Entfernung, sondern auch über ihre *Bewegung*. Sicher ist uns schon aufgefallen, dass der Sirenton eines Polizeiautos seine Tonhöhe ändert, wenn der Wagen an uns vorbeifährt. Entfernt er sich, so ist die Tonhöhe tiefer als beim Näherkommen. Die Erklärung für dieses Phänomen konnte 1842 CHRISTIAN DOPPLER geben: Bewegt sich die Schallquelle von uns weg, so registriert das ruhende Ohr weniger Schallwellen pro Sekunde, somit einen tieferen Ton, als im Fall der Annäherung. Diese Erscheinung nennen wir den *Dopplereffekt**, den wir in ähnlicher Weise auch beim Licht beobachten. Entfernt sich die Lichtquelle vom Beobachter, so fallen je Sekunde weniger Lichtwellen ins Auge, als wenn sie ruht. Dies hat eine Verschiebung aller Farben gegen Rot zur Folge. Aus der Größe dieser *Rotverschiebung** können wir direkt auf die Fluchtgeschwindigkeit der Lichtquelle schließen (genau gesagt auf ihre Radialkomponente). – Eine weitere Art von Rotverschiebung, die auf die Ausweitung des Weltraums zurückgeht, werden wir im nächsten Abschnitt kennen lernen.

5.2. Die Expansion des Universums

ALBERT EINSTEIN stellte 1915/16 die *Allgemeine Relativitätstheorie* auf und erbrachte damit eine für die Physik in unserem Jahrhundert einmalige Leistung. Sie beschreibt, wie die Raum-Zeit-Verhältnisse des Weltalls unter

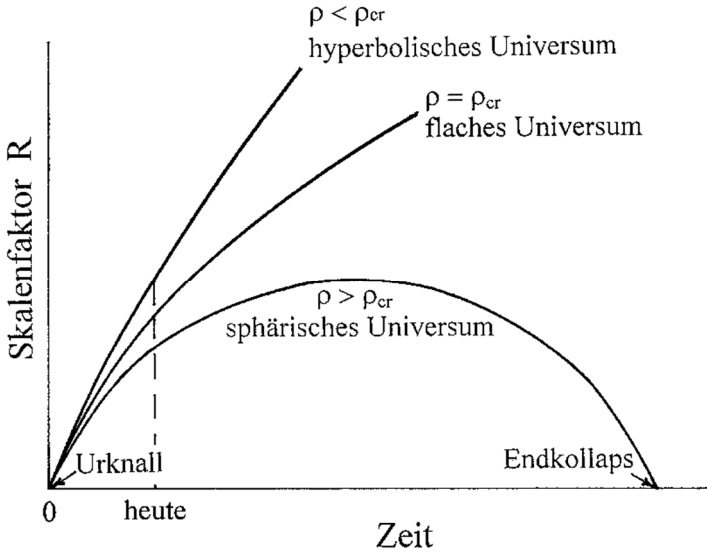
dem Einfluss der Schwerkraft durch die vorliegenden Massen und Energien bestimmt sind. Die Allgemeine Relativitätstheorie, die bisher alle Tests mit zum Teil hoher Präzision bestanden hat (WILL 1993), ist die moderne Feldtheorie der Gravitation. In den auf die Entdeckung folgenden zwei Jahrzehnten versuchten Theoretiker wie DE SITTER, EINSTEIN, FRIEDMANN, LEMAÎTRE (vgl zB HARRISON 1983:459; UNSÖLD UND BASCHEK 1988:364) Modelle für das großmaßstäbliche Verhalten des Universums auf dieser Basis aufzustellen.

Bevor wir diese besprechen können, müssen wir aber noch ein weitverbreitetes Missverständnis zur *Expansion des Weltraums* aus dem Weg räumen. Nehmen wir an, zwei Galaxienhaufen seien je im Bezugssystem ihrer Umgebung in Ruhe. Wir bezeichnen mit $r(t)$ ihren Abstand zu einer beliebigen Zeit t und mit r_0 den heutigen. Die Berechnungen auf der Grundlage der Allgemeinen Relativitätstheorie zeigen nun, dass die Entfernung mit der Zeit zunimmt, aber nicht etwa, weil die Galaxienhaufen voneinander fliehen, sondern weil der Raum zwischen ihnen wächst, weil das Universum als solches *sich ausweitet*. Robertson und Walker führten als Maß für diese Expansion den *Skalenfaktor* $R = r(t)/r_0$ ein, der bei einer Ausweitung immer weiter zunimmt. Ein konstanter Abstand ist übrigens physikalisch unmöglich, weil ein instabiler Zustand vorläge, der bei der kleinsten Störung in eine Ausweitung oder eine Schrumpfung des Weltraums überginge.

Ein *Modell* möge das uns schwer verständliche kosmische Geschehen veranschaulichen. Stellen wir uns vor, wir könnten uns nur auf der zweidimensionalen Gummihaut eines Kinderballons bewegen. Zwei feste Farbtupfer darauf symbolisieren die genannten Galaxienhaufen. Wird der Ballon nun gleichmäßig aufgeblasen, so behalten zwar die beiden Tupfer ihre Lage auf dem Gummi bei, aber ihr gegenseitiger Abstand, gemessen auf der gekrümmten Haut, wird immer größer. Der „Raum“ zwischen den Tupfern weitet sich, er expandiert. So ähnlich müssen wir uns die wirkliche Expansion des vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuums vorstellen. (Eine eingehende Beschreibung gibt KIPPENHAHN 1984:154).

Kehren wir nun wieder zu den Berechnungen zurück, die das Verhalten des Universums beschreiben. Macht man die naheliegende Voraussetzung, das Weltall im Großen sei homogen und isotrop, so ergeben sich als einfache Lösungen die *drei Varianten des Standardmodells* des Urknalls*. Sie gehen auf ALEXANDER FRIEDMANN 1922/24 zurück und sind durch die mittlere Massendichte ρ im Kosmos voll bestimmt. *Abb 22* zeigt, wie der Skalenfaktor R , als Maß für den typischen Abstand zweier Galaxienhaufen, sich zeitlich ändert.

Bei allen drei Varianten besteht das ganze überschaubare Universum anfänglich aus einem extrem kleinen Raum, der im „Urknall“ beginnt. Die



*Abb 22. Die Entwicklung eines homogenen und isotropen Universums nach dem Standardmodell des Urknalls (schematisch). Der Skalenfaktor R ist ein Maß für großräumige Entfernungen, zum Beispiel zwischen zwei Galaxienhaufen. Seine Entwicklung hängt von der mittleren Massendichte ρ im Raum ab. Ist diese kleiner oder gleich der kritischen ρ_{cr} , so wird das Weltall für immer expandieren und wir nennen dieses *offen*. Ist sie größer, so kommt die Expansion zum Stillstand und die Galaxienhaufen rücken danach wieder näher zusammen. Dann sprechen wir von einem *geschlossenen* Universum. – Zur Zeit $t = 0$, im Urknall, ist die Dichte unendlich hoch und der Zustand physikalisch singular, also nicht beschreibbar.*

Teilchen streben sofort mit großer Geschwindigkeit auseinander und lassen neuen Raum entstehen. Der „Anfangsschwung“ geht aber mit der Zeit etwas verloren, weil die Gravitation an den Teilchen wirkt und diese sich gegenseitig bremsen. Die Massendichte im Weltall bestimmt aber nicht nur die Stärke der Bremsung, sondern legt nach der Allgemeinen Relativitätstheorie auch die *Art der Geometrie* fest, die in diesem Modelluniversum gilt. Damit sind die Eigenschaften des Raums gemeint, ob zB auch in einem sehr großen kosmischen Dreieck die Winkelsumme 180° beträgt, ob der Umfang eines großen Kreises exakt $U = 2\pi r$ ist, ob der altbekannte Satz des PYTHAGORAS am rechtwinkligen Dreieck zutrifft usw. Hier seien die drei Varianten des Urknall-Standardmodells im Einzelnen vorgestellt:

Variante 1: Flaches Universum. Ist die mittlere Massendichte ρ im Raum exakt gleich der *kritischen Dichte* ρ_{cr} , so nennt man das Weltall *flach*, weil dann der Raum nicht gekrümmt ist und deshalb die uns wohlbekannt

Euklidische Geometrie mit den oben genannten drei Sätzen gilt. Kritische Dichte heute bedeutet etwa 3 H-Atome/m^3 . In diesem Fall muss nach Abb 22 das Weltall *für immer expandieren*; man nennt es darum auch *offen*. Die Expansionsgeschwindigkeit strebt aber gegen null, weil verhältnismäßig viel Materie vorhanden ist, die sich durch die Gravitation wechselseitig bremst.

Variante 2: Hyperbolisches Universum. Liegt die mittlere Massendichte unter der kritischen, so heisst das Weltall *hyperbolisch*. Die Geometrie in diesem Raum ist nichteuklidisch und ähnelt derjenigen auf einer Sattelfläche (= Hyperboloid). Die oben genannten drei Sätze aus der Schulplanimetrie gelten hier also *nicht*, indem beispielsweise die Winkelsumme in einem großen Dreieck kleiner ist als 180° . Da die verzögernde Wirkung der Gravitation geringer ist als im vorigen Modell, geht jetzt erst recht die *Expansion für immer weiter* (Abb 22); das Weltall ist *offen*.

Variante 3: Sphärisches Universum. In diesem Fall ist die Massendichte größer als die kritische. Auch hier ist die Geometrie nichteuklidisch, gleicht aber eher derjenigen auf einer Kugelfläche. Die höhere Massendichte führt zu einer stärkeren Bremsung; das heisst die heute beobachtete Expansion kommt in der fernen Zukunft *zum Stillstand* und kehrt sich in eine *Kontraktion* um. Am Ende besteht das ganze Universum wieder aus einem sehr kleinen Raum, der nach Abb 22 zum *Endkollaps* führt. Ein solches Weltall nennen wir *geschlossen*.

Wenden wir uns nach diesen abstrakten Gedankengängen den Ergebnissen der *beobachtenden Astronomie* in den Zwanziger- und Dreißigerjahren zu! Aufbauend auf Arbeiten von SLIPHER UND HUMASON gelang EDWIN HUBBLE 1929 nochmals eine fundamentale kosmologische Entdeckung. Er stellte fest, dass die Rotverschiebung einer Galaxie (genau gesagt die Rotverschiebung ihrer Spektrallinien) proportional zu ihrer Entfernung zunimmt. Hat beispielsweise ein Sternsystem die doppelte Entfernung, so ist auch seine Rotverschiebung doppelt so groß. Das ist die sogenannte *Hubble-Beziehung**, welche die Wissenschaftler anfänglich sehr überraschte. Deuteten sie nämlich die beobachtete Rotverschiebung nach dem Dopplereffekt als Fluchtgeschwindigkeit, so zeigten sich schon anfangs der Dreißigerjahre Werte von über $30'000 \text{ km/s}$, was die typische Radialgeschwindigkeit von Milchstraßensternen um das Tausendfache übertrifft. Erst mit der Zeit wurde klar, dass die Rotverschiebung gar nicht auf besonders schnell laufende Galaxien (also auf den Dopplereffekt) zurückzuführen ist, sondern auf die *allgemeine Expansion des Weltraums*, wie wir sie am Anfang dieses Abschnitts beschrieben haben. Es geht um die *kosmologische Rotverschiebung**, und das war genau das, was die theoretischen Kosmologen im Standardmodell des Urknalls vorausgesagt hatten! Die Rotverschiebung

rührt von der Tatsache, dass sich der Raum in der Zeit zwischen der Emission des Lichts und seiner Ankunft beim Beobachter gedehnt hat. Im selben Maß ist auch die Wellenlänge größer geworden. Der Astronom wird das als *Expansionsgeschwindigkeit* v interpretieren, für welche die *Hubblebeziehung* gilt:

$$v = H_0 \cdot r \quad (5.1)$$

Dabei ist r die Entfernung der Galaxie und H_0 der heutige Wert des *Hubbleparameters** (oder der Hubblekonstanten). Letzterer wird in wissenschaftlichen Arbeiten in km/s/Mpc angegeben. Für die Längeneinheit Megaparsec gilt die Umrechnung 1 Mpc = 3,26 MLj, sodass wir H_0 auch in km/s/MLj umrechnen können. In der „langen“ Distanzskala hat der Hubbleparameter den Wert $H_0 \cong 50 \text{ km/s/Mpc} = 15 \text{ km/s/MLj}$ (SILK 1989:56, SANDAGE 1993). Eine Galaxie, die beispielsweise 10 MLj weiter von uns entfernt ist als eine andere, wird somit eine um 150 km/s größere Expansionsgeschwindigkeit aufweisen. Die Anhänger der „kurzen“ Distanzskala ziehen heute $H_0 \cong 70 \text{ km/s/Mpc}$ vor (Glanz 1996).

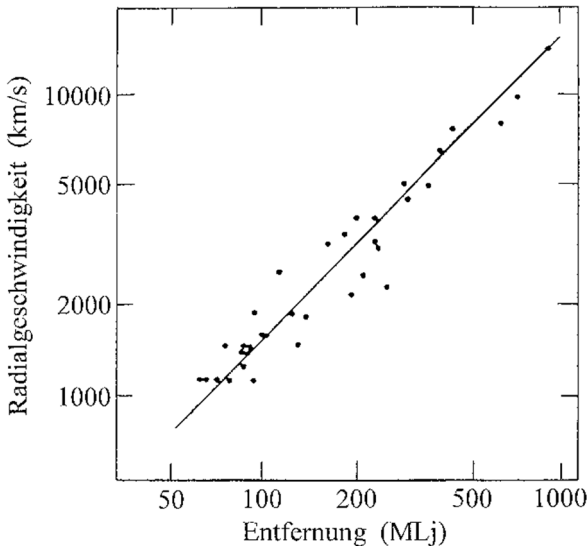


Abb 23. Das Hubble-Diagramm. Die Expansionsgeschwindigkeit der Galaxien ist im logarithmischen Maßstab als Funktion der Entfernung dargestellt gemäß der Hubblebeziehung $v = H_0 \cdot r$. Die Distanz wurde aus der Maximalhelligkeit von Supernovae Ia in den Galaxien bestimmt, die Geschwindigkeit aus der Rotverschiebung. Für den Hubbleparameter ergibt sich in diesem Fall $H_0 = 47 \pm 5 \text{ km/s/Mpc} = 14,5 \pm 1,5 \text{ km/s/MLj}$. (Nach SANDAGE UND TAMMANN 1993).

Die Hubblebeziehung (5.1) wird im *Hubble-Diagramm* Abb 23 dargestellt, in welchem die Expansionsgeschwindigkeit der Galaxien in Abhängigkeit von der Distanz aufgetragen ist (nach SANDAGE UND TAMMANN 1993). Als Standardkerzen für die Entfernungsbestimmung wurden in diesem Fall Supernovae verwendet, die in den betreffenden Galaxien beobachtet worden sind. Deutlich ist die Proportionalität der Hubblebeziehung zu erkennen. So gehört beispielsweise zur zehnfachen Entfernung auch die zehnfache Fluchtgeschwindigkeit.

5.3. Das Alter des Weltalls

Die eben eingeführte Hubblebeziehung gibt uns ein mächtiges Werkzeug in die Hand, um die Tiefen des Weltalls auszuloten. Es ist auch für ferne Objekte relativ leicht, ein Spektrum aufzunehmen und daraus die Rotverschiebung und die Expansionsgeschwindigkeit zu ermitteln. Über die Hubblebeziehung schließen wir dann auf die Entfernung und die Zeit, die seit der Aussendung des Lichts verflissen ist.

Betrachten wir als erstes Beispiel den fernsten bisher beobachteten Einzelstern, eine *Supernova**! (Wir sind den Supernovae schon im Abschnitt 4.5 begegnet.) Dabei handelt es sich um eine Sternexplosion, die für einige Wochen so hell leuchtet wie eine mittlere Galaxie mit ihren 10 Milliarden Sternen. Eine der fernsten Supernovae trägt die Bezeichnung 1992bi, und strahlte in einer unbenannten Galaxie mit einer Rotverschiebung von 0,457 auf (NEESER 1993). Sie explodierte zu einer Zeit, da die Galaxienhaufen wegen der Expansion des Weltraums nur 69 % so weit auseinander lagen wie heute. Wir berechnen daraus, dass dies *vor 6 Ga* der Fall war. So lange brauchte das Licht, um den riesigen Weg von 6 GLj bis zu uns zu durchheilen und mindestens so lange schon gibt es im Universum massenreiche Sterne, die ihr „Leben“ mit diesem ungeheuren Feuerwerk beenden. Die Beobachtung bestätigt also nicht nur, dass das Alter des Universums mindestens 6 Ga betragen muss, sondern zeigt auch, dass schon damals Sternentwicklungen stattgefunden haben, wie wir sie heute an nahen Systemen beobachten.

Noch viel weiter zurück in der Geschichte des Weltalls führt uns der *fernste Quasar*. Der derzeitige Rekordhalter weist eine Rotverschiebung von 4,897 auf (KOCK 1992). Quasare sind extrem stark leuchtende, „aktive“ Galaxienkerne, die in der kosmologischen Urzeit viel häufiger waren als in der Gegenwart. Möglicherweise lauert in ihrem Zentrum ein Schwarzes Loch. Als jener Quasar strahlte, waren die typischen Galaxienhaufen-Abstände (der Skalenfaktor) nur ein Sechstel so groß wie heute. Nimmt man an, die Massendichte im Universum sei exakt gleich der kritischen, so stammt das Licht aus einer Epoche, da das Weltall nur gerade 7 % so alt war wie heute; es wurde also *knapp 1 Ga nach dem Urknall* emittiert. So gesehen sind Kos-

mologen „extreme Historiker“. Während aber konventionelle Geschichtsforscher die Vergangenheit mühsam aus verschiedenen Quellen rekonstruieren müssen, können die Astronomen heute im Teleskop direkt verfolgen, was vor vielen Jahrmilliarden ablief. Nachteilig ist einzig, dass man so nur die allerhellsten Ereignisse verfolgen kann.

Besondere Erwähnung verdient noch der *Urknall**. Wenn man die Standardmodelle bis zum „Anfang“ zurückrechnet, so strebt der Skalenfaktor $R(t)$ gegen null. Krass (aber sachlich richtig) formuliert besagt das, dass das ganze heute beobachtbare Universum mit all seiner Energie und Materie einmal in einem Raum kleiner als eine Bakterie Platz fand! Die Dichte muss im Urknall unendlich groß gewesen sein, was eine *Singularität* bedeutet. Hier brechen alle physikalischen Gesetze zusammen. Man ist zwar heute in der Lage, gewisse wissenschaftlich begründete Aussagen bis 10^{-43} s an den Urknall heran zu machen (= Planckzeit). Aber der Urknall selbst bleibt uns grundsätzlich verborgen. Vielleicht (aber das ist eine weltanschauliche und keine physikalische Aussage) wurde „damals“ das Universum aus dem Nichts geschaffen.

Wann fand der Urknall statt? Wie alt ist das Universum? Wie wir gesehen haben, hängt im Standardmodell die Expansion nur von der mittleren Massendichte im Weltall ab, welche vorläufig nur sehr ungenau bekannt ist. Sicher ist, dass die Dichte der *leuchtenden Materie* in den Sternen und Gaswolken nur einige Prozent der kritischen ausmacht. Ebenso sicher ist, dass es im Weltall viel *dunkle Materie* geben muss, die wir zwar bisher nicht direkt entdecken konnten, die sich aber durch Gravitationswirkungen, zum Beispiel bei der Bewegung der Galaxien in den Haufen, bemerkbar macht. Nach dem heutigen Stand der Messungen macht die Dichte der beobachtbaren Massen rund 10 % der kritischen aus (SILK 1989:233; TRIMBLE in MARAN 1992:162). Viele Theoretiker erwarten jedoch, dass die wirkliche Massendichte exakt gleich der kritischen ist. In beiden Fällen wäre das Universum offen, würde also für immer expandieren.

Wir sind damit in der Lage, das *Alter des Universums** als Zeit seit dem Urknall zu berechnen. Nehmen wir für eine erste grobe Abschätzung an, die Galaxien seien seit dem Anfang nicht gebremst worden. Das bedeutet, dass ihre Expansionsgeschwindigkeit v konstant geblieben ist. Wenn t_H das jetzige Alter des Weltalls bedeutet, so hat eine beliebige Galaxie aus unserer Sicht seit dem Urknall die Strecke $r = v \cdot t_H$ durchlaufen. Berücksichtigen wir die Hubblebeziehung $v = H_0 \cdot r$, so wird daraus

$$r = H_0 r \cdot t_H \quad \text{oder} \quad t_H = \frac{1}{H_0}. \quad (5.2)$$

t_H heisst die *Hubblezeit*. Durch Umrechnung in geeignete Einheiten finden wir leicht, dass die Hubblezeit in der „langen“ Distanzskala $t_H = 20 \text{ Ga}$ be-

trägt. Bemerkenswert ist, dass sie unabhängig von der Expansionsgeschwindigkeit der Galaxie ist. Ein Sternsystem mit hoher Geschwindigkeit hat eben seit dem Urknall eine große Strecke von uns weg zurückgelegt, ein langsames nur eine kleine, und genau das drückt die Hubblebeziehung aus. Ist die Massendichte gleich der kritischen ρ_{cr} , so zeigt die Rechnung, dass das Alter der Weltalls noch $t = \frac{2}{3} \cdot t_H = 13 \text{ Ga}$ beträgt. Sollte die aktuelle Massendichte aber beispielsweise nur 10 % der kritischen betragen, so wäre eine Zeit von 18 Ga seit dem Urknall vergangen. – In der „kurzen“ Distanzskala ist die Hubblezeit nur 14 Ga. Das ist, gemessen am Alter der Kugelsternhaufen und der schweren Elemente so kurz, dass es viele Forscher für einen unwahrscheinlichen Wert halten. Wir geben darum der „langen“ Skala den Vorzug. Angesichts der Unsicherheit von H_0 können wir mindestens sagen, dass das Alter des Weltalls zwischen 10 und 20 Milliarden Jahren liegt.

Mit unsern früheren Ergebnissen lässt sich das Alter des Universums noch auf einem völlig unabhängigen Weg ermitteln. Die Zeit vom Urknall bis zur Bildung der Milchstraße und der ersten Sterne wird auf 1 Ga geschätzt. Zusammen mit den Datierungen der Kugelsternhaufen (15-17 Ga) und der schweren Elemente (11-16 Ga) führt das zu einem

Alter des Universums von 12-17 Ga,

also mitten ins Intervall, das durch die Hubblekonstante momentan abgesteckt wird. Das eben genannte Alter wird zur Zeit von den meisten Astronominen und Astronomen als bester Wert akzeptiert (TRIMBLE in MARAN 1992:165).

5.4. Vom Urknall zum Sonnensystem

Der singuläre Punkt, den wir im letzten Abschnitt als Urknall einführten, hat die Kosmologen am Anfang nur wenig beschäftigt. Der englische Begriff „Big Bang“ wurde erst 1950 durch FRED HOYLE, einen scharfen Gegner dieser Modelle, im spöttischen Sinne geprägt. Aber „Big Bang“ und „Urknall“ geben den Sachverhalt nur ungenügend wieder. Es geht nicht um eine Explosion in einen vorgegebenen leeren Raum. Vielmehr war das *ganze* Universum inklusive Raum anfänglich extrem klein, um sich danach zu weiten und zu entfalten. Alles, was das Weltall betrifft, Raum, Zeit, Materie, Energie, Naturgesetze, alles geht auf diesen einmaligen Moment zurück, den wir wohl besser „Uratom“ (nach Lemaître) oder „Schöpfungspunkt“ nennen würden.

Das Interesse der Astronomen am Urknall stieg schlagartig, als 1965 die beiden Radioastronomen ARNO PENZIAS und ROBERT WILSON durch Zufall und

sorgfältiges Forschen die *Mikrowellen-Hintergrundstrahlung** entdeckten. Zwar war diese bereits 1948 durch GEORGE GAMOW als Relikt eines anfangs sehr heißen Universums theoretisch gefordert worden, doch fand seine Voraussage nicht die nötige Beachtung. Wie die Beobachtungen bald zeigten, handelt es sich um eine intensive elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 0,5 - 500 mm, die das ganze beobachtbare Weltall durchflutet. Der Verlauf des Spektrums entspricht demjenigen eines Schwarzen Körpers der Temperatur 2,73 K. Die Eigenschaften (exakte Schwarzkörper-Strahlung, sehr genaue Isotropie) sind für ein astronomisches Objekt derart einmalig, dass fast alle Fachleute nach kurzer Zeit überzeugt waren, dass das Urknall-Modell die Beobachtungen weit besser erklärt, als jedes andere Modell. Die Mikrowellen-Hintergrundstrahlung kann nicht von Sternen oder interstellarer Materie rühren! Sie muss das *Echo des Urknalls* (OVERBYE 1991) sein, der damit in der Forschung brennende Aktualität erlangte.

Der Urknall ist der Schlüssel zum frühen Universum, dessen Entwicklung im folgenden als „*Standardmodell des heißen Urknalls*“ (SHU*) kurz beschrieben sei. (Einführungen finden sich zB bei WEINBERG 1977; SILK 1989; MARAN 1992:147.) Das Weltall ist am Anfang nicht nur extrem dicht, sondern (das beweist der Mikrowellen-Hintergrund) auch extrem heiß, ein „Brei“ von Elementarteilchen und Strahlung, der sich vorerst in äußerster Schnelligkeit wandelt, ausbreitet und dabei abkühlt. *Nach 1 Sekunde* beträgt die Temperatur immer noch 10 Milliarden Kelvin und die Hauptenergie befindet sich in der (unsichtbaren!) Gamma- und Röntgenstrahlung. Unter den Elementarteilchen sind gerade die Positronen (= Antiteilchen der Elektronen) am Aussterben; es verbleiben noch Elektronen, Protonen, Neutronen und Neutrinos.

Für *die nächsten 3 Minuten* verwandelt sich das ganze Universum in einen einzigen Fusionsreaktor. Die Neutronen werden mit Protonen zu Deuteriumkernen H-2 verschmolzen und diese zum größten Teil in He-4 verwandelt. Von nun an besteht ein Viertel der gesamten Weltallmasse aus Helium! Auch die Isotope He-3 und Li-7 werden bei dieser Gelegenheit gebildet. Die Temperatur ist unterdessen auf 300 Millionen Kelvin gesunken, aber die Expansion und damit die Verdünnung und Abkühlung des Teilchenbreis und Strahlenmeeres gehen ungebrochen weiter.

Nach 300'000 Jahren – bei einer Temperatur von 4000 K – liegt das Strahlungsmaximum erstmals im Sichtbaren. Das biblische „Es werde Licht!“ wird buchstäblich wahr. Das ganze Universum leuchtet glühend gelb, ähnlich der heutigen Sonnenoberfläche. Temperatur und Teilchenenergie sind nun so weit gesunken, dass die Protonen und Elektronen zu neutralen Wasserstoffatomen zusammenfinden. Die Feuerglut verschwindet und das

Universum wird durchsichtig. Das ist die Geburtsstunde der *Mikrowellen-Hintergrundstrahlung*. Die Lichtquanten, die ein letztes Mal vom leuchtenden Plasma absorbiert und reemittiert werden, fliegen nun im transparenten Gas für alle Zeiten ungestört weiter. Wie wir aus der Vergrößerung der Wellenlänge schließen können, hat sich der Skalenfaktor R von damals bis heute um den Faktor 1000 vergrößert. 1 m^3 Raum in jener Zeit macht heute 1 km^3 aus!

Während unser Wissen über die Urknallentwicklung von 10^{-4} s bis 10^{+6} a (das sind 17 Zehnerpotenzen!) auf dem recht sicheren Boden von bekannten physikalischen Gesetzen ruht, verstehen wir die nun folgende Phase nur in Umrissen. An manchen Orten ist die Massendichte zufälligerweise etwas größer als im Mittel. Über die Gravitation wird an diesen Stellen weitere Masse aus der Umgebung angezogen und das Gebilde wird mächtiger. [Diese Dichtefluktuationen wurden 1992 von der Gruppe von GEORGE SMOOT im Mikrowellen-Hintergrund auch tatsächlich entdeckt (SILK 1992)]. Aus Ursachen, die wir vorläufig nur wenig verstehen, wächst die Ansammlung am Anfang verhältnismäßig rasch. In vielleicht 1 Ga wird sie zur *protogalaktischen* Wolke*, die sich von der allgemeinen Expansion abgekoppelt hat und zu einer *Galaxie* entwickelt. Die Bildung von Sternen und Kugelsternhaufen setzt ein. Es folgt eine Zeit, da viele *Quasare* aufleuchten – tausendmal mehr als heute. Etwa 10 Ga später bildet sich unter Millionen anderen ein einmaliger Stern: Das *Sonnensystem wird geboren!* –

Immer wieder einmal wird die Frage nach der *Vertrauenswürdigkeit des SHU* aufgeworfen. Vermag es die bekannten kosmologischen Fakten widerspruchsfrei zu erklären? Oder gilt, was die angesehene New York Times am 3. 1. 1991 titelte: „Ein äußerst wichtiger Teil der Urknalltheorie wird durch die neuen Daten der Astronomen empfindlich getroffen“? Haben gar jene Kurzzeit-Kreationisten recht, die mit „Urknall widerlegt?“ (STUTZ 1991) den Leser zum Zweifeln bringen? Richtig ist, dass die große Mehrheit der Fachleute das SHU in der eben skizzierten Form als die heute weitaus *beste Beschreibung der Entwicklung des Kosmos* betrachtet. Tatsächlich gibt es alternative Hypothesen (PEEBLES ET AL 1991; ELLIS 1984; und in populärer Form BREUER 1993) und kritische Stimmen (BURBIDGE 1992). Und das ist gut so, denn es sollen alle Konsequenzen des SHU kritisch überprüft werden. Aber zu Recht sagt PEEBLES (1991), dass außer dem SHU „kein anderes bisher vorgeschlagenes kosmologisches Modell mit den Beobachtungen in der ganzen Breite übereinstimmt“. Das SHU hat in den vergangenen 70 Jahren dank des heute reichen Beobachtungsmaterials manche Wandlung und Präzisierung erfahren, aber der Grundgedanke hatte Bestand.

Hier die *wichtigsten Stützen des SHU*, die wir ja zum großen Teil in den bisherigen Abschnitten besprochen haben (zB SILK 1989:67; WEIDEMANN 1989:9; PEEBLES ET AL 1991):

- 1) Das SHU wurde von den Kosmologen theoretisch vorausgesagt. Nach der Allgemeinen Relativitätstheorie *muss* das Weltall expandieren und kann nicht statisch sein.
- 2) Die beobachtete Hubblebeziehung bestätigt die Voraussage des SHU.
- 3) Das auf Grund des beobachteten Hubbleparameters abgeleitete Alter des Universums steht in logischer Übereinstimmung mit den Datierungen der Kugelsternhaufen und der schweren Elemente.
- 4) Das SHU sagte nicht nur die Existenz, sondern auch die Eigenschaften (Form des Spektrums, Isotropie) der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung korrekt voraus.
- 5) Die Dichteschwankungen im Gas, die nach dem Urknall zu den heutigen Strukturen im Weltall (Galaxien, Galaxienhaufen...) geführt haben, wurden vom SHU vorausgesagt und 1992 gefunden.
- 6) Das SHU gibt die beobachtete Häufigkeit der Isotope H-2, He-3, He-4, Li-7 korrekt wieder. Diese Kerne sind in den ersten 15 Minuten entstanden.
- 7) Das Universum muss eine Entwicklung durchlaufen haben, denn Sternzählungen zeigen, dass zu einer Zeit, da das Weltall nur 25 % so alt war, die Radiogalaxien und die hellen Quasare sehr viel häufiger waren als heute.

Zwar lässt sich die einzelne Beobachtung manchmal auch anders als nach dem SHU deuten, aber WEIDEMANN (1989:10) betont zu Recht: „Die Tatsache, dass wir eine Vielfalt verschiedenartiger Befunde zu einem konsistenten Netzwerk verknüpfen können, stärkt unsern Glauben an die Richtigkeit des so gewonnenen Weltbilds“.

Beim Rückblick auf dieses Kapitel sehen wir, dass die Naturwissenschaftler in den letzten Jahrzehnten ein überaus eindrückliches Naturbild entdeckt haben, das sich scharf von dem des 19. Jahrhunderts unterscheidet: Der Raum ist bis in die weitesten Weiten ausmessbar, aber nicht unendlich, auch wenn er für unsere menschlichen Vorstellungen unermesslich scheint. Die Vergangenheit verliert sich nicht in einer dämmerigen und unfassbaren Ewigkeit, sondern hat im Urknall einen absoluten und erforschbaren Anfang. So sind wir heute Ereignissen auf der Spur, von denen wir uns niemals hätten träumen lassen. Je tiefer wir in diese Geheimnisse eindringen, um so mehr muss uns Ehrfurcht erfüllen über *das staunenswerte Universum*, unsere Welt.

6. Altersbestimmungen aus der Sicht des Kreationismus

6.1. Was ist Kurzzeit-Kreationismus?

OSTERMANN (1978:13) schreibt in seinem Buch mit dem Titel „Unsere Erde – ein junger Planet“ gleich im 1. Kapitel:

„Es erwies sich, dass Uran-238 allmählich in Blei zerfällt und zwar mit einer Halbwertszeit von 4,51 Mia a. Das geschätzte Erdalter wurde nun einfach dieser Zahl angepasst... Es bleibt nun jedem überlassen, ob er zur Festlegung des Alters der Erde 4,5 Mia a nach der Halbwertszeit von U-238 oder 14 Mia a nach der Halbwertszeit von Th-232 annimmt... Nun haben alle diese Angaben über die radioaktiven Elemente einen großen Mangel – sie sind für die Altersbestimmung der Erde ungeeignet. Der Zerfall von Elementen hat nichts, aber auch gar nichts mit dem Alter der Erde zu tun.“

Wer unseren bisherigen Ausführungen gefolgt ist, wird sich über diese total andere Denkrichtung nicht wenig wundern. Was uns hier entgegentritt ist der *Kreationismus*, der die geologischen Datierungen, wie sie die Hochschule lehrt, vehement und grundsätzlich ablehnt. OSTERMANN'S Argument ist ein schlimmes Beispiel dafür, wie unwissenschaftlich manchmal auf diesem Gebiet gearbeitet wird. Es ist nach allem, was wir bisher erkannt haben, offensichtlich und eindeutig falsch.

Was ist der Ursprung des Kreationismus, was seine Ziele? Der deutschsprachige Zweig hat seine Wurzeln eindeutig im evangelischen Fundamentalismus (SCHIRRMACHER 1990). A E WILDER SMITH hatte in den 50er- und 60er-Jahren einer materialistischen Weltanschauung in der Biologie aus evangelikaler Sicht (zu Recht) den Kampf angesagt. Er gilt auch als Vorreiter für den *Kurzzeit-Kreationismus* (KZK), der so genannt wird, weil er für die Erde und das Weltall ein Alter von nur rund 10'000 Jahren postuliert. Dann erschien 1977 die deutsche Übersetzung eines bestimmenden Werks des amerikanischen KZK mit dem Titel „Die Sintflut“ (WHITCOMB UND MORRIS 1977; Original in USA 1961). In Nordamerika brach nach dem Erscheinen des Buches eine Kontroverse auf, die praktisch alle Fachgeologen und -astronomen (darunter auch viele Christen) in heftige bis erbitterte Opposition zu dieser „Sintflutgeologie“ brachte.

Die *Hauptaussagen des KZK* im astronomisch-geologischen Bereich sind (zB ELLINGER ET AL 1988:19, Originalzitate in Anführungszeichen):

- „Erschaffung eines fertigen, danach devolvierenden [dh zerfallenden, entartenden] Universums“.
- Die Schöpfungstage in 1. Mose 1 sind für die naturwissenschaftliche Arbeit strikt als 24 h-Intervalle zu interpretieren.
- Dementsprechend wird das Alter der Erde und des Universums (ziemlich vage) mit 6000 a bis „zigtausend Jahre“ angegeben.

- Das ganze geologische Geschehen auf der Erde wird in hohem Maße auf die als globale Katastrophe verstandene Sintflut (1. Mose 7-8) zurückgeführt (Katastrophismus).

Als Hochburg des bildungsmäßig gehobenen KZK gilt das „Institute for Creation Research“ in El Cajon (San Diego), USA, das weltanschaulich stark mit der „Creation Research Society“ verknüpft ist. Hauptwortführer sind heute HENRI und JOHN MORRIS, G AARDSMA, S A AUSTIN, D GISH, K HAM, D R HUMPHREYS, L VARDIMAN u a. Sie betrachten ihre Arbeit als „wissenschaftlichen Kreationismus“ (MORRIS 1987). Wie wir noch sehen werden, sind die Glaubensgrundlage und viele Argumente der deutschsprachigen Vertreter eng verwandt mit den Ideen des amerikanischen Zentrums, weshalb wir in dieser Arbeit generell von Kurzzeit-Kreationismus sprechen werden.

Für Deutschland und die Schweiz ist vor allem die „Studiengemeinschaft Wort und Wissen“, Baiersbronn-Röt zu erwähnen, deren Mitarbeiter und Freunde durch Tagungen, Publikationen und Vortragsdienste in Erscheinung treten. Im Buchhandel unterstützen vor allem die Verlage Hänssler/Telos, Stuttgart, und Schwengeler, Berneck, die Anliegen des KZK. Sie haben in den letzten Jahren (gemessen an der Größe der Gruppe) viel Populärliteratur und Sachbücher auf den Markt gebracht, und publizieren die Monatszeitschrift *factum*. Zu den heute bekanntesten Vertretern im deutschen Sprachbereich gehören u a H W BECK, T FRITZSCHE, W GITT, R JUNKER, S SCHERER, H STUTZ, R WISKIN, die aber, trotz der unübersehbaren ideellen Verwandtschaft zu USA, lieber von „Schöpfungslehre“ als von Kreationismus sprechen. In den letzten Jahren ist Wort und Wissen vermehrt auch eigene Wege gegangen. –

Vergleichen wir die bisher besprochenen Datierungen mit den Aussagen des KZK, so stellen wir sofort einen *unüberbrückbaren Gegensatz* fest: Der Kurzzeit-Kreationismus spricht von einem Weltall, das nicht nur *etwas* weniger alt, sondern gleich *eine Million mal jünger* sein soll als es die Hochschulforschung für richtig erachtet. Die Kontroverse beruht auf einer grundsätzlich anderen Weltanschauung und einer unterschiedlichen Bibelauslegung. Vorerst wollen wir aber eine Reihe von naturwissenschaftlichen Aussagen betrachten, die nach Ansicht des KZK für eine „junge“ Erde sprechen. Unser Hauptaugenmerk gilt dabei den Sachbüchern und Zeitschriften, dh jener Literatur, die vor allem von Nichtspezialisten in der christlichen Gemeinde gelesen wird. Auch diese Werke beanspruchen im KZK wissenschaftlich zu sein (JUNKER UND SCHERER 1988:11ff; MORRIS 1987).

6.2. Unsere Erde - ein junger Planet?

STUTZ (1989) gibt auf die Frage „Wie alt ist die Erde?“ gleich 14 Antworten. In der ersten berichtet er, dass der *Vierwaldstättersee* in der Innerschweiz wegen der zufließenden Sedimentfracht „in 4000 Jahren verschwinden“ wird. Auf die Frage nach dem *Erdalter* gibt er damit allerdings keine Antwort, denn die Aussage betrifft ja die Zukunft.

In der 14. und letzten Antwort betrachtet er das Bevölkerungswachstum und sagt: „Die heutige *Erdbevölkerung* konnte in nur 4000 Jahren aus einem einzigen Ehepaar entstehen. Das errechnet sich, wenn man einen [jährlichen] Geburtenüberschuss von nur 0,6 % annimmt.“ STUTZ kann diese Zahl in keiner Weise wissenschaftlich begründen. Geschichtswissenschaftler (COALE 1974) zeigten, dass die Wachstumsrate während all der Jahrtausende bis 1750 nChr, also bis zum Beginn der Industrialisierung, stets mindestens zehnmal kleiner war. Dementsprechend lange dauerte es, bis die Weltbevölkerung nur schon 1 Milliarde erreichte. Das Alter der Menschheit (geschweige denn das der Erde) ist auf diesem Weg offensichtlich nicht zu ermitteln, auch wenn dieses Argument vom KZK seit über 20 Jahren vorgebracht wird (zB WHITCOMB UND MORRIS 1977:410, OSTERMANN 1978:68, MORRIS 1987:168).

Das kürzeste *Erdalter* gewinnt STUTZ durch Betrachtung der *Nickelkonzentration* in den Weltmeeren. Er stellt fest, dass mit dem auf die Erde fallenden Meteoritenstaub laufend neues Nickel ins Meer gelangt und sagt: „Es ist nicht bekannt, dass dieses Nickel auf irgendeine Art wieder aus dem Meerwasser entfernt wird.“ War die Ni-Konzentration im Meer anfänglich null, so erreicht sie den heutigen Wert durch den Zustrom der Meteoriten in weniger als 9000 Jahren. Dies wird als Alter des Meeres betrachtet. Das Argument wurde vom KZK in USA aufgebracht (SLUSHER 1980:40, MORRIS 1987: 153) und basiert auf einer unrichtigen geologischen Überlegung aus dem 19. Jahrhundert. Es wird übersehen, dass sich das Meer seit mindestens 1000 Ma in einem Fließgleichgewicht befindet: Was nämlich Flüsse, Vulkane, Meteorite usw an chemischen Elementen ins Meer bringen, wird an anderen Orten als Sediment auch wieder ausgefällt. Die genannten 9000 a sind nicht das Alter des Meeres, sondern die *durchschnittliche Aufenthaltsdauer* von Nickel im Wasser, bis es zB in Tiefseesedimenten in Manganknollen wieder daraus entfernt wird (PRESS UND SIEVER 1994:398; RICHTER 1992:107; EMILIANI 1992:320). Da diese Fakten mindestens seit den 50er-Jahren bekannt sind, entsprechen die Aussagen der KZK-Autoren schon lange nicht mehr dem heutigen Stand der Forschung.

Wie alt ist nun also die Erde? Von den 14 Antworten, die STUTZ (1989) gibt, nennen zwei eine konkrete obere Grenze des *Erdalters* (nämlich der eben besprochene Nickelgehalt und die Abkühlzeit der Erde). Zwei weitere machen eine vage Angabe, wie zB „wenige tausend Jahre“. Aber keines dieser

vier Argumente hält leider auch nur einer wohlwollenden naturwissenschaftlichen Prüfung stand. Die übrigen 10 Nennungen (wie „Vierwaldstättersee“ und „Weltbevölkerung“) betreffen geologische und andere Vorgänge, die nach Auffassung des KZK „sehr rasch“ ablaufen, ohne dass quantitativ eine Zeit angegeben wird. Man muss sich fragen, ob sie als Suggestiv-Argumente gedacht sind. Auf die Frage „Wie alt ist die Erde?“ erhalten wir also *nicht ein einziges Mal eine naturwissenschaftlich fundierte Antwort* und schon gar nicht eine konkrete Altersangabe.

6.3. Die radiometrischen Datierungen im Clinch?

Für unsere Leserinnen und Leser dürfte die Kritik des KZK an den radiometrischen Methoden von besonderem Interesse sein, haben wir doch in den Abschnitten 2 und 3 gezeigt, dass man mit Isotopen das Alter von Gesteinen und Meteoriten sehr zuverlässig ermitteln kann. Im deutschsprachigen KZK äußerte sich vor allem HERMANN SCHNEIDER in mehreren Büchern und über ein Jahrzehnt hinweg sehr kritisch sowohl zu den Verfahren wie zu den Ergebnissen.

Beispiel 1: Kongenetische Proben. Am Isochronen-Verfahren wird bemängelt (SCHNEIDER 1982:56; GITT 1982:121):

„Ein Problem dabei ist, dass man nur kongenetische Proben [dh solche, die zur selben Zeit erstarrt sind] verwenden darf. Für die Entscheidung, ob eine Probe zu einer kongenetischen Gesamtheit gehört, gibt es keine a priori-Kriterien...“

Der Autor übersieht jedoch, dass bei Mineral-Isochronen die verschiedenen Minerale eines *einzigsten* Gesteinsstücks ausgemessen werden, die, abgesehen von kleinen Differenzen in der Schließungstemperatur, selbstverständlich gleich alt sind.

Beispiel 2: Schein-Isochronen. SCHNEIDER (1982:57; GITT 1982:122) befürchtet, dass „Schein-Isochronen“ zB durch Mischung zweier Gesteinsschmelzen entstehen könnten und fährt fort:

„In der Tat wurden ‚Isochronen‘ gefunden für die Verhältnisse von Isotopen, die von Radioaktivität unberührt sind, wie zB $y = \text{Fe-54/Sr-86}$; $x = \text{Fe-58/Sr-86}$ “ (vgl. Abb 24).

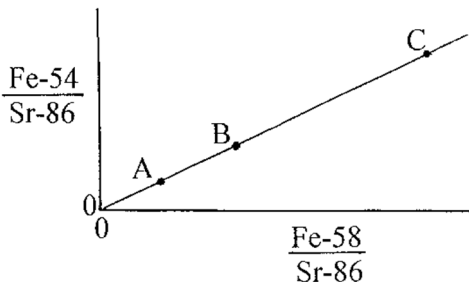


Abb 24. Schein-Isochrone mit Eisen-Isotopen (schematisch). Probe A besitzt (relativ zum Strontiumgehalt) wenig Eisen, Probe C dagegen viel. Aber alle drei Proben haben *dasselbe* Verhältnis der Eisenisotope. Die Punkte *müssen* deshalb auf einer Geraden liegen, die aber mit einer Isochrone nicht das Geringste zu tun hat.

Dazu ist zu bemerken, dass *beide* Fe-Isotope stabil sind und auf der Erde überall mit dem konstanten Verhältnis Fe-54 : Fe-58 = 5,8% : 0,3% vorkommen. Das gilt natürlich unabhängig vom Sr-Gehalt der Minerale. Es ist darum selbstverständlich, dass die Messpunkte in Abb 24 auf einer einzigen Geraden liegen, deren Steigung einfach das Verhältnis der Fe-Isotope anzeigt und die (im Gegensatz zu den echten Isochronen) durch den Nullpunkt geht. Diese Darstellung hat mit Isochronen nicht das geringste zu tun. Es scheint, dass einzelne Vertreter des KZK (auch in USA (SLUSHER 1981:42)) nicht verstanden haben, was eine Isochrone ist.

Beispiel 3: Pahrump-Diabas. Wir lesen (SCHNEIDER 1982:79; GITT 1982:138):

„Präkambrischer Pahrump-Diabas aus Kalifornien lieferte ein Rb-Sr-Isochronenalter von 34 Ga. Das ist mehr als das Siebenfache des gängigen Erdalters ... Dies Alter wurde durch einen seltsamen Metamorphisierungseffekt am Strontium wegerklärt.“ [Diabas ist eine spezielle Form von Ersgussgestein.]

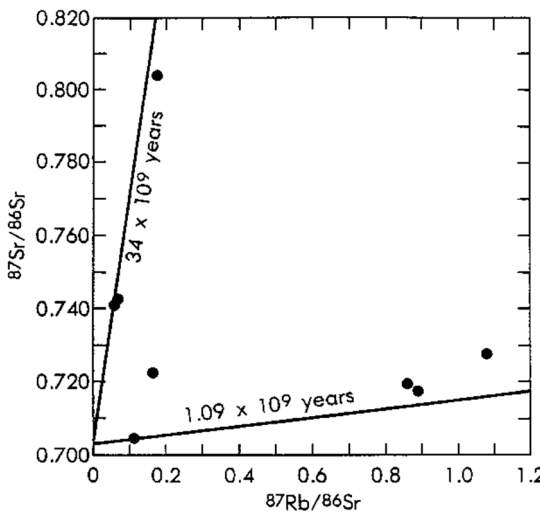


Abb 25. Rb-Sr-Diagramm für Pahrump-Diabas aus Kalifornien. Da die Punkte nicht auf einer Geraden liegen, kann kein Alter angegeben werden. (Nach FAURE UND POWELL 1972)

Der Sachverhalt sieht in Wirklichkeit wesentlich anders aus (Abb 25). Die Daten (ohne Isochronen) stammen von WASSERBURG ET AL (1964). Im Lehrbuch von FAURE UND POWELL (1972) werden sie als Beispiel gezeigt und lediglich durch die Referenzisochronen von 1,09 Ga und 34 Ga ergänzt. In beiden Publikationen wird aber betont, dass angesichts der riesigen Streuung der Punkte kein sinnvolles Alter angegeben werden könne, weil sie nicht im entferntesten auf einer Geraden liegen. Speziell in solchen Situationen zeigt sich die Stärke

der altersdiagnostischen Methode. Die Behauptung, dass hier ein Isochronenalter von 34 Ga vorliege, stammt ausschließlich aus den Quellen des KZK, letztlich aus USA. Damit wird der Leser durch verzerrte Information irreführt.

Beispiel 4: Hualalai. Ein bekanntes Beispiel, das auch Eingang in ein gymnasiales Biologiebuch des KZK (JUNKER UND SCHERER 1988:159) gefunden hat, betrifft Lava vom Hualalai-Vulkan (SCHNEIDER 1982: 80; GITT 1982:138): „Verschiedene Proben Lavagesteins aus Hawaii, dessen Entstehung in den Jahren 1800 und 1801 dokumentiert ist, lieferten K-Ar-Alter zwischen 160 Ma und 2,96 Ga. Das wahre Alter betrug 166-167 a. Es besteht kein Grund zu der Annahme, dass die Datierungsergebnisse im Normalfall, in dem das wahre Alter nicht bekannt ist, korrekter ausfallen.“

Die kritisierte Arbeit stammt von FUNKHOUSER UND NAUGHTON (1968). Sie untersuchten aber nicht die Lava, sondern ihre Einschlüsse, die die Geologen Xenolithe nennen und die in dieser Lava besonders häufig auftreten. Xenolithe stammen tief aus dem Erdmantel, werden mit der Lava mitgerissen und enthalten bekanntermaßen überschüssiges Argon. Funkhouser und Naughton betonen, dass ihre „Alter“ (in der Publikation stets in Anführungszeichen geschrieben) keine geologische Bedeutung haben; sie sprechen „von Abschätzungen einer fragwürdigen Größe, die wir ‚Alter‘ nennen“. Sie wollten die Brauchbarkeit der K-Ar-Methode für diesen besonderen Fall erkunden und nun die Fachkollegen warnen. Kurz danach durchgeführte weltweite Studien an historischen Lavaergüssen zeigten übrigens, dass überschüssiges Argon für die Datierung kein ernsthaftes Problem darstellt (DALRYMPLE 1969a, KRUMMENACHER 1970). Fast in allen Fällen ergab sich innerhalb der Messgenauigkeit ein K-Ar-Alter von 0 a; die einzige ernsthafte Ausnahme bildete Hualalai mit seinen zahlreichen Xenolithen.

Der Einwand entpuppt sich als ein weiteres, sehr unerfreuliches Beispiel, wie korrekte wissenschaftliche Information durch Autoren des KZK entstellt wiedergegeben wird. Offenbar ohne Nachprüfung wurde die Kritik immer wieder veröffentlicht, neben den oben Genannten zB von KOFAHL 1975; OSTERMANN 1978:51; GLASHOUWER 1980:48; MORRIS 1987:147.

Wenn SCHNEIDER (im obigen Zitat) keinen Grund sieht, dass die Datierungen „im Normalfall... korrekter ausfallen“, so führt er damit einen sehr schweren Angriff gegen die ganze Geowissenschaft. Tragischerweise beruht die Kritik aber auf Unkenntnis der wissenschaftlichen Grundlagen (wie bei Beispiel 1 und 2) oder es geht um Information, die durch den KZK in schwerwiegender Weise entstellt worden ist (Beispiel 3 und 4). So wird der Leser, der ja in der Regel nicht über Fachkenntnisse verfügt, *in die Irre geführt*. Er erhält ein völlig falsches Bild von der Zuverlässigkeit der radiometrischen Methoden. Leider ließen sich die Beispiele um viele andere im ähnlichen Stil vermehren.

6.4. Vom staubigen Mond und zerfallenden Magnetfeldern

Hier sollen zwei Einwände des KZK betrachtet werden, die aus dem Bereich der Astronomie und der Geophysik stammen.

Beispiel 5: Mondstaub. Wir haben in Abschnitt 3.1 und Abb 10 gesehen, dass der Mondboden aus einer zusammengekitteten Schicht von kleinen und großen Gesteinsbruchstücken, dem *Regolith*, besteht, auf dem man ohne weiteres gehen und fahren kann. Anfang der 60er-Jahre, noch vor der ersten bemannten Mondlandung, waren die Meinungen der Fachleute geteilt, ob auf dem Mond allenfalls eine dicke, durch die Mikrometeoriten verursachte Staubschicht liegen könnte (Näheres bei VAN TILL ET AL 1988:67). Einzelne befürchteten, die Schicht sei so locker und tief, dass man auf dem Mond nicht landen könne. Ein Hinweis in dieser Richtung waren die Messungen von PETERSON (1960), der auf Grund des beobachteten Nickelstaubs in der Atmosphäre abschätzte, dass jährlich 5-14 Millionen Tonnen Mikrometeoriten zur Erde schweben. Ab 1966, also drei Jahre vor der ersten bemannten Mondlandung, wurde aber klar, dass der Mond einen tragfähigen Boden hat und dass der jährliche Zufluss an Mikrometeoriten in Wirklichkeit fast *tausendmal kleiner* ist als PETERSON angegeben hatte. Tatsächlich besaß die Apollo-Landekapsel keine Einrichtung zum Absetzen in dicken Staubschichten.

Gleichwohl benützte MORRIS (1987:152), ein eloquenter Vertreter des KZK in USA, noch 1974 die veralteten Angaben von PETERSON, um ein geringes Alter des Mondes zu „beweisen“: Wäre der Mond 5 Ga alt und wäre die jährliche Ablagerung auf dem Mond so groß wie Peterson es geschätzt hatte, so müsste die Schichtdicke des Meteoritenstaubs auf dem Mond über 50 m betragen. Nach den Erfahrungen beim ersten Mondbesuch ist aber der lockere Regolith nur wenige Zentimeter dick, was MORRIS als Beweis für ein niedriges Mondalter ansah. Seit SLUSHER 1971 das Argument zum ersten Mal aufbrachte, ist es in Kreisen des KZK fast 20 Jahre lang immer wieder aufgetaucht (OSTERMANN 1978:17; GLASHOUWER 1980:52; WHITCOMB UND DE YOUNG 1982:115; STUTZ 1989). Man kann den Autoren den Vorwurf nicht ersparen, dass sie die korrekten modernen Daten ignorierten und mit den unrichtigen alten einen jungen Mond bastelten.

Beispiel 6: Erdmagnetfeld. Das Magnetfeld der Erde verläuft etwa so, wie wenn sich im Erdkern ein riesiger Stabmagnet mit seinem Nord- und Südpol befände. Dieser sogenannte *Dipolanteil* ist aber nur eine erste Näherung an die Realität. Bei genaueren Beobachtungen stellt sich nämlich heraus, dass das Erdmagnetfeld wesentlich komplizierter ist. Um es zu beschreiben, braucht man auch Anteile von höherpoligen Magneten (Quadrupol, Oktupol,...), die im *Nichtdipolanteil* zusammengefasst werden und in der Regel eine geringere Intensität aufweisen. Die Stärke des Dipolanteils, das Dipolmoment, wird seit etwa 1830 regelmäßig gemessen, wobei sich herausstellte, dass es in den letzten 150 Jahren um gut 7 % abgenommen hat (COURTILLOT UND LE MOUËL 1988:435; BLOXHAM UND GUBBINS 1990). Diese schnelle Änderung mag überraschen, wird doch das Magnetfeld vom flüssi-

gen Äußeren Erdkern erzeugt, der immerhin 30 % der gesamten Erdmasse enthält und darum gegen rasche Änderungen stabil sein sollte. Dem ist aber nicht so. Seit den Sechzigerjahren ist bekannt, dass das Erdmagnetfeld nicht nur schwankt, sondern in unregelmäßigen Intervallen von einigen hunderttausend Jahren sogar gänzlich umkippt, dh dass sich magnetischer Nord- und Südpol vertauschen. So haben allein in den letzten 4 Ma mindestens 21 globale Umpolungen stattgefunden (HOFFMAN 1988; HARLAND ET AL 1990:152). Solche Polumkehrungen sind in der Natur allerdings nichts Einmaliges. So vertauscht die hundertmal größere Sonne im Takt mit der Sonnenfleckenhäufigkeit durchschnittlich alle elf Jahre einmal Nord- und Südpol.

THOMAS BARNES, ein im KZK bekannter Physiker, sieht das alles ganz anders (BARNES 1973). Er stützt sich angeblich auf eine hundert Jahre alte Arbeit über elektrische Ströme und schreibt dazu: „Sir HORACE LAMB bewies 1884 theoretisch, dass das erdmagnetische Feld durch ein einmaliges Ereignis (Schöpfung) entstanden sein könnte, und dass es seither laufend zerfällt“. BARNES benützte die vorliegenden Dipolmessungen zwischen 1835 und 1965, nahm an, das Erdmagnetfeld zerfalle exponentiell und fand eine Halbwertszeit von 1400 a. Extrapolierte er damit die Stärke des Dipolfeldes rückwärts, so ergab sich bereits 10'000 a zurück ein so starkes Magnetfeld, wie es nur bei einem der speziellen Magnetsterne auftreten kann. Daraus schloss er, dass das Alter der Erde weniger als 10'000 a betragen müsse.

Die Altersbestimmung nach dem Magnetfeld mag plausibel erscheinen, umsomehr als der KZK sie häufig erwähnt, aber das Argument hat bedenkliche Schwächen, wie das Folgende zeigt (DALRYMPLE 1983):

1) Der von BARNES zitierte HORACE LAMB schrieb in Wirklichkeit kein Wort über Erdmagnetismus und nichts über ein „einmaliges Ereignis“. Er untersuchte einfach die elektrischen Ströme in Leiterkugeln. Hier wird der Leser durch BARNES irreführt.

2) BARNES theoretisiert mit dem vorgeschlagenen exponentiellen Abfall des Dipolfeldes völlig an der Wirklichkeit vorbei. Das Erdmagnetfeld ändert sich auf vielfältige Weise in einem riesigen Spektrum von Zeiten, von Sekunden bis vielen Jahrmillionen (COURTILLOT UND LE MOUËL 1988; BLOXHAM UND GUBBINS 1990). Die oben erwähnten globalen Umpolungen sind dabei nur eines von vielen Phänomenen. Diese aber hätten BARNES stutzig machen und ihm zeigen müssen, dass seine „Halbwertszeit“ in der Natur nicht zu finden ist. Vielmehr ergeben sich aus archäologischen Proben für die vergangenen 11'000 a ganz unregelmäßige Zu- und Abnahmen des Dipolfeldes, wie *Abb 26* zeigt. Die Hypothese vom zerfallenden Magnetfeld und die Wirklichkeit haben nicht die geringste Ähnlichkeit.

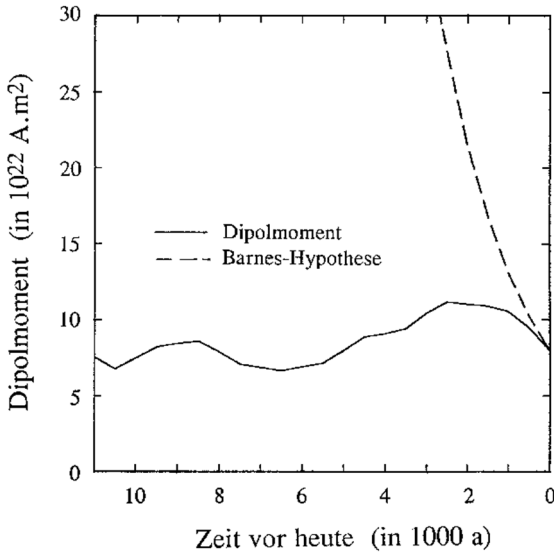


Abb 26. Ausgezogene Kurve: Verlauf des Dipolmoments der Erde in den letzten 11'000 a auf der Grundlage von über 1100 Paläointensitätsmessungen verteilt über die ganze Erde. Gestrichelt: Extrapolation nach Barnes mit 1400 a Halbwertszeit. (Nach MCELHINNY 1982 aus COURTILOTT UND LE MOUËL 1988:447)

3) Zu allem hinzu kommt nun noch die Tatsache, dass BARNES den Nichtdipolanteil übersehen hat. Die Abnahme der Dipolstärke in den letzten 150 a ist nämlich durch die Zunahme der Nichtdipol-Energie weitgehend kompensiert worden (COURTILOTT UND LE MOUËL 1988:435). Das ist ein weiterer Grund, weshalb diese Art von Altersbestimmung zu keinem sinnvollen Resultat führen kann.

BARNES' Arbeit muss daher gleich aus verschiedenen Gründen als *unwissenschaftlich* bezeichnet werden: Er

veränderte die Aussagen von HORACE LAMB; er berücksichtigte den heutigen Stand der Wissenschaft nicht, und er extrapolierte in unzulässiger Weise in die Vergangenheit zurück. Trotzdem übernahmen viele Autoren des KZK seinen „Beweis“ einer jungen Erde und verbreiteten ihn ungeprüft weiter. Ihnen muss der Vorwurf gemacht werden, dass anscheinend niemand sich der Mühe unterzog, die Grundannahme von BARNES an den Aussagen von LAMB zu überprüfen und dass niemand darauf hinwies, dass die wohlbekanntesten vielfachen Polumkehrungen ein exponentiell abfallendes Magnetfeld nicht zulassen. Allein im deutschsprachigen Bereich wird Barnes in mindestens acht Publikationen erwähnt (BECK 1979:27f; ELLINGER ET AL 1988:21; GLASHOUWER 1980:52; MORRIS 1979:91; OSTERMANN 1978:24; STUTZ 1989; WHITCOMB 1980:136; WHITCOMB UND DE YOUNG 1982:73).

Kürzlich hat HUMPHREYS (1993) eine neue kreationistische Theorie des Erdmagnetfeldes entwickelt, die angeblich die globalen Umpolungen berücksichtigt. Nach seiner Auffassung fanden sie alle „während und nach der Sintflut“ statt. Er betrachtet die Feldenergie und folgert aus ihrem zeitlichen Verlauf: „Das erdmagnetische Feld ist sicherlich weniger als 100'000 Jahre alt, sehr wahrscheinlich weniger als 10'000 Jahre alt und passt zum Sollwert

des biblischen Alters von 6000 Jahren.“ Damit kann er „sehr wahrscheinlich“ nicht einmal den wahren Feldverlauf der letzten 12'000 Jahre erklären, wie ihn Abb 26 zeigt. HUMPHREYS ignoriert, dass durch radiometrische Datierungen und wegen der Spreizung des Ozeanbodens gesichert ist, dass Polumkehrungen seit mehr als 150 Ma stattfinden (HARLAND ET AL 1990: 142ff). Es scheint, dass die kreationistischen Aussagen mit großer Skepsis zu behandeln sind, da sie allen relevanten Beobachtungen widersprechen.

6.5. Bedenken zum Kurzzeit-Kreationismus

Die in den Abschnitten 6.1-4 angeführten Beispiele des KZK dürften zur Genüge gezeigt haben, dass die Argumente für eine „jungen Erde“ sehr fragwürdig sind. Von einem etwas allgemeineren Standpunkt aus müsste ich folgende Bedenken anmelden:

Bedenken 1: Der KZK ist nicht in der Lage, ein konkretes Alter für die Erde, das Sonnensystem, die Galaxien... anzugeben. Er kann auch keine konkreten Methoden nennen, nach denen es bestimmt werden könnte. Die Studiengemeinschaft Wort und Wissen ist zurückhaltend mit Altersangaben. ELLINGER ET AL (1988:19) sprechen vage von „...zigtausend Jahren“ für das Erdalter. Das gymnasiale Biologiebuch von JUNKER UND SCHERER (1988:159) macht auf der einen Seite unrichtige Aussagen über den angeblichen Vorrang der Geologischen Zeitskala, bemerkt aber auf der nächsten richtigerweise, dass „die konstruktive Deutung der Isotopenverteilungen der Gesteine [bei der radiometrischen Datierung] im Rahmen einer jungen Erde zur Zeit als ungelöstes Problem der Schöpfungslehre angesehen werden“ muss. Unklar bleibt GITT (1989:128), wenn es um das exakte Erdalter geht, doch kühn bemerkt MORRIS, der Altmeister des KZK: „10'000 Jahre scheinen eine obere Grenze für das Alter der Erde zu sein, wenn man auf den jetzigen Zerfall ihres Magnetfeldes abstellt“ (MORRIS 1987:158). Wir haben im Abschnitt 6.4 gesehen, wie unbegründet diese Zeitangabe ist.

Bedenken 2: Der KZK nimmt den heutigen Stand der Naturwissenschaften oftmals nicht zur Kenntnis. Beispiele dafür haben wir bei der Nickelkonzentration der Weltmeere (Abschnitt 6.2) und beim Erdmagnetfeld (Abschnitt 6.4) kennen gelernt, die zwar im 19. Jahrhundert echte Probleme darstellten, heute aber geklärt sind. Die Vorstellung der globalen Sintflut, die im KZK eine so große Rolle spielt, wurde von der wissenschaftlichen Geologie schon vor 200 Jahren aufgegeben. A G WERNER (1749-1817), ein einflussreicher Geologe jener Zeit, stellte sich als einer der letzten noch einen universalen Urozean vor (YOUNG 1982:42, sowie KLAUS SCHWAB S. 141 in diesem Band). In ihm sollten alle beobachteten Sedimente abgelagert worden sein. Doch nur wenig später erkannten die Geologen, dass die Erde mit Prozessen wie Gebirgshebung, Magmatismus, Erosion,... eine komplexe und lange Ge-

schichte durchlaufen hat. Sie stellten eine entsprechende Zeiteinteilung auf, die beim Kambrium beginnt und bis zum Quartär führt (vergleiche Tab 2 in Abschnitt 2.3). Damit stehen die Vertreter des KZK heute völlig isoliert da, wenn sie schreiben: „So sollen sich nach dem Sintflutmodell die geologischen Systeme ab dem Kambrium während oder in wenigen Jahrhunderten nach der Sintflut gebildet haben“ (ELLINGER ET AL 1988:22). Das Phänomen der Sintflut und die Zeitangabe gründen aber nicht etwa auf klaren naturwissenschaftlichen Beobachtungen, sondern sind eine *Deutung*, die sich aus einer ganz bestimmten Auslegung des biblischen Schöpfungsberichts ergibt. Bei dieser Grundhaltung verwundert es nicht, wenn für die Vertreter einer jungen Erde die vielen tausend radiometrischen Datierungen, wie oben zitiert, zu einem „ungelösten Problem“ werden.

Bedenken 3: Die Anhänger des KZK sind eine isolierte und zudem ganz kleine Splittergruppe unter den heutigen Naturwissenschaftlern. Sie umfasst in den USA und Deutschland nur wenige Dutzend Personen, welche die Anliegen durch Wort und Schrift verbreiten. Dem steht die ganze Gemeinschaft der Geologen und Astronomen gegenüber, die in jahrhundertlangem Wechselspiel von Beobachten, Nachprüfen und Korrigieren das Gebäude der heutigen Wissenschaften errichtet hat. Nicht zu vergessen ist, dass unter ihnen auch viele bekennende Christen sind, welche die hohen Alter, die wir in den Kap 1 - 5 kennen gelernt haben, mit ihrem Glauben voll vereinbaren können.

Wie tragfähig das wissenschaftliche Fundament ist, zeigen uns schon die Alltagsbeobachtungen: Zweifellos würden keine Milliardenbeträge in Erdölexploration, Talsperren und Tunnelbohrungen investiert, wenn die Hochschulgeologie nicht zuverlässige Aussagen machen könnte. Das ist nicht zuletzt auf die strenge „Qualitätskontrolle“ zurückzuführen, der die Forschung ganz allgemein unterliegt. Wer im Fachgebiet nicht kompetent ist, wird bei seinen Publikationen von den Fachkollegen der „Konkurrenzinstitute“ unbarmherzig auf Schwachpunkte hingewiesen. Das ist zwar hart, doch kann nur damit gesichert werden, dass die Naturwissenschaften auf einer dem jeweiligen Stand entsprechenden sicheren Basis ruhen.

Wenn nun der KZK ein Erdalter von rund 10'000 Jahren postuliert, dann stellt er damit die kühne Behauptung auf, dass während zwei Jahrhunderten *alle* Geologen in die Irre gegangen sind und sich in einem zentralen Punkt – dem Erdalter – um einen Faktor von rund einer Million verrechnet haben. Können Sie, verehrter Leser, sich denken, dass in Ihrem eigenen Arbeitsgebiet der Ertrag von zweihundert Jahren Forschung plötzlich wertlos wird, bloß weil eine ganz kleine Gruppe mit abweichenden Auffassungen auftritt?

Aber selbst unter diesen wenigen Kurzzeit-Kreationisten ist nur ein Bruchteil praktisch, zB als Feldgeologe oder im Isotopenlabor, tätig. Dagegen sind viele ideell oder materiell mit entsprechenden Institutionen wie Wort und Wissen oder dem Institute for Creation Research verknüpft. Ein wissenschaftlicher Austausch mit den übrigen Fachleuten findet praktisch nicht statt, obwohl Dutzende von Fachzeitschriften zur Verfügung stünden, die Forschungsergebnisse und neue Ideen sehr effizient unter den Wissenschaftlern zur Diskussion bringen. Anhänger des KZK veröffentlichen Datierungsfragen fast ausschließlich in ihren eigenen Zeitschriften wie „factum“ oder „Creation Research Society Quarterly“ und an kreationistischen Tagungen und Kongressen. Auf diese Weise kann sich der KZK weitgehend vor der naturwissenschaftlichen Auseinandersetzung abschirmen. Auch unter Christen ist in der Regel das Gespräch zwischen Kurzzeit- und Langzeit-Kreationisten wenig ergiebig, wie KLAUS SCHWAB auf S. 160 dieses Bandes darlegt. Stichhaltige Argumente gegen die kurzen Zeiten werden zwar angehört, aber nicht weiter berücksichtigt (VBG 1994).

Andererseits verstehen es Kurzzeit-Kreationisten gut, ihr Gedankengut durch Populärliteratur und Vorträge an ein Laienpublikum, besonders an evangelikale Gemeinden, christliche Gruppen, Bibelschulen... weiterzugeben. Bedauerlich scheint mir allerdings, dass unter den Zuhörern kaum je Fachleute sitzen, die die Aussagen hinterfragen könnten. Hier kann dem KZK als

Bedenken 4 ein schwerer Vorwurf nicht erspart bleiben: Ihre Vertreter propagieren unter gutgläubigen Christen ein bezüglich Astronomie und Geologie völlig unrichtiges Naturbild, ja eine ganz verzerrte Weltanschauung. Die in den Abschnitten 6.1 - 6.4 genannten Beispiele bezeugen dies zur Genüge.

Bedenken 5: Der KZK gibt sich zwar wissenschaftlich, arbeitet aber mit zum Teil sehr fragwürdigen Mitteln. Wir haben in Abschnitt 6.2 die KZK-Argumente „Verlandung des Vierwaldstättersees“ und „Explosion der Weltbevölkerung“ kennen gelernt. Einem Laien wird ohne weiteres einleuchten, dass solche Prozesse geologisch gesehen schnell ablaufen und leicht wird er daraus den nun allerdings nicht zulässigen Schluss auf eine „junge Erde“ ziehen. Solche *Suggestiv-Argumente* werden im KZK häufig gebraucht. JUNKER UND SCHERER zB nennen in ihrem für den deutschsprachigen KZK repräsentativen Buch eine angeblich kurze Entstehungszeit für die Steinkohlenflöze (1988:164) und die Solnhofer Plattenkalke (S 181) und wollen damit dem Leser (S 190) ein geringes Erdalter schmackhaft machen. KLAUS SCHWAB und mit ihm wohl die ganze Hochschulgeologie kommen allerdings (S. 150f unseres Buches) zu völlig anderen Ergebnissen. Aber selbst *wenn* diese beiden Entstehungszeiten kurz gewesen *wären*, ist noch nichts

bewiesen. Die Erde (und genauso das Sonnensystem, die Milchstraße usw.) könnte nur dann „jung“ sein, wenn der KZK nachzuweisen vermöchte, dass die Erdgeschichte aus einer *geringen* Zahl von kurzen Zeitabschnitten besteht, die *lückenlos* aufeinanderfolgen. Davon aber ist er weit entfernt. Niemand bestreitet, dass es in der Geologie schnelle Ereignisse gibt, seien es nun Vulkanausbrüche, Erdbeben oder Bergstürze. Das hebt aber nicht auf, dass sich (von der Gebirgshebung bis zur Kontinentalverschiebung) auch sehr *langsame* Prozesse abspielen, die ebenfalls im zeitlichen Rahmen der Geologie Platz finden müssen. Die Argumentationsweise des KZK ist darum auch als *unlogisch* zu bezeichnen.

Unlogisch ist es auch, wenn *verunglückte* radiometrische Datierungen dazu dienen müssen, die Richtigkeit der Ideen des KZK zu bestätigen (vgl auch KLAUS SCHWAB S. 154f im vorigen Artikel). Es gehört zum Alltag der naturwissenschaftlichen Forschung, dass *immer wieder* neue Fragen und fehlgeschlagene Experimente auftauchen, deren Klärung einer nächsten Forschergeneration vorbehalten bleibt. Aber keiner dieser Problempunkte in Geologie und Astronomie kann als Stütze, geschweige denn als Beweis zugunsten des KZK herangezogen werden, wie es immer wieder geschieht. (Man vergleiche zB die Bemerkung von SCHNEIDER zur Datierung der Hualalai-Lava in Abschnitt 6.3.)

Besonders fragwürdig werden kreationistische Aussagen, wenn an sich korrekte wissenschaftliche Information anderer Autoren *uminterpretiert* wird, um die Position des KZK zu stützen. Wir haben dies oben bei den Beispielen 3, 4 und 6 gesehen.

Bedenken 6: Die Wirkung auf Außenstehende. Vor über 350 Jahren war GALILEO GALILEI gegen seine eigenen Beobachtungen „im Namen Christi“ gezwungen worden, dem heliozentrischen Planetensystem abzuschwören, „nachdem erklärt und festgestellt ist, dass sie [die Auffassung Galileis] der Heiligen Schrift zuwider ist“, wie es im Urteil der Inquisition wörtlich heißt (HEMLEBEN 1974:131). Die Kirche führte *biblische Argumente* (zB Josua 10,12.13; Psalm 104,5) an, um das alte geozentrische System zu stützen. Rom betrachtete die „Beweise“, gerade weil biblisch begründet, als unumstößlich. Mit dem Fortgang der astronomischen Forschung verloren sie dann aber ihre Überzeugungskraft, und heute wird sicher kein Christ mehr das ptolemäische Weltsystem für „biblischer“ halten als das kopernikanische. *Unsere Bibelauslegung hat sich den heutigen Erkenntnissen angepasst.* Bis heute geblieben aber ist die Bitterkeit vieler Gebildeten über die katholische Kirche, die sich anmaße, ihre Sicht der Bibel zum alleingültigen Maßstab zu erklären. Das Papsttum hat mit dem Galilei-Prozess viel von seiner Glaubwürdigkeit verloren.

Im 20. Jahrhundert versucht erneut eine christliche Glaubensrichtung, ihrer Bibelinterpretation absoluten Charakter zu verleihen. Dieses Mal geht es nicht um die Stellung des Menschen im Raum, sondern um seine Stellung im geschichtlichen und kosmischen Zeitenlauf. Während aber zu Galileis Lebzeiten tatsächlich (noch) keine eindeutigen Beweise für die Richtigkeit des heliozentrischen Systems vorlagen, zeigt heute eine Fülle verschiedenartigster Beobachtungen, dass (wie wir ja in den vorigen fünf Kapiteln gesehen haben) das Alter der Erde und des Universums in den Jahr-milliarden liegt. Zwar ist dem Mann und der Frau auf der Straße häufig nicht bewusst, dass dies zu den *gesicherten* Erkenntnissen der heutigen Naturwissenschaften gehört, aber das beweist nur, dass letztere in unserer Kultur wenig Beachtung finden. Für *alle* Geologen und Astronomen sind die hohen Alter eine Selbstverständlichkeit.

Was wird nun aber der Fachmann über eine christliche Gruppierung denken, die ein millionenfach geringeres Alter als Grundpostulat in ihr Glaubensbekenntnis aufnimmt, wie es der KZK tut? (ELLINGER ET AL 1988:18f). Steht jener Wissenschaftler dem christlichen Glauben fern, wird er sie für eine Sekte halten. YOUNG, ein amerikanischer Geologieprofessor, der selbst bekennender Christ ist, bestätigt (1982:163): „Viele, die keine naturwissenschaftliche Ausbildung genossen haben, sind durch die kreationistischen Argumente mitgerissen worden. Gleichwohl wird der nicht-christliche Wissenschaftler überlegen, dass ein Christentum, das an solchen Unsinn glaubt, eine Religion sein muss, die sein Interesse nicht verdient.“ Ich zweifle nicht, dass die Vertreter des KZK Menschen für Christus gewinnen möchten. Leider aber stehen sie sich durch die Art ihrer Bibelauslegung selbst im Wege, wenn es darum geht, Gebildete zu erreichen. Wie die katholische Kirche durch den Fall GALILEI in der Welt der Bildung viel von ihrer Glaubwürdigkeit eingebüßt hat, so ist zu befürchten, dass auch die Christen im Lager des KZK längerfristig auf harte (und berechnete) Opposition von seiten der Naturwissenschaftler stoßen werden. Und *alle* Christen, besonders aber die evangelikalischen, werden davon betroffen sein.

Im 17. Jahrhundert standen KEPLER und NEWTON an der vordersten Front der Forschung. Sie priesen den Gott der Bibel für die Herrlichkeit, die er in seine Schöpfung gelegt hat und ihr Zeugnis wurde von der Mitwelt anerkannt. Anders die kreationistischen Christen von heute. Obwohl sicher auch sie Gott loben möchten, erregen sie durch ihre pseudowissenschaftlichen Argumente unnötiges Ärgernis. Wie sehr hat sich doch das Ansehen der christlichen Naturwissenschaftler gewandelt!

7. Eine Gesamtschau

7.1. Die Geschichte des Weltalls

In *Tabelle 5* folgt stichwortartig ein Überblick über einige zuverlässig datierte Eckpunkte in der Geschichte des Universums bis zur Frühzeit der Erde. Der Abschnitt, in welchem die betreffende Datierungsmethode besprochen wurde, ist in Klammern vermerkt.

Tabelle 5. Zuverlässige Datierungen aus der Entwicklung des Weltalls (Auswahl)

- 13-20 Ga** - Alter des Weltalls nach dem Standardmodell, abgeleitet aus dem Zeitpunkt des Urknalls.
- 3 min nach dem Urknall** - Entstehung praktisch der gesamten Masse der leichten Isotope H-2, He-3, He-4, Li-7 im Weltall.
Datierungsmethode: Kernphysikalische Betrachtungen zum Standardmodell des heißen Urknalls. Spektroskopische Messung der heutigen Isotopenhäufigkeit in interstellaren Wolken. (Abs 5.4)
- 300'000 a nach dem Urknall** - Das Universum wird durchsichtig. Die Gesamtheit der Lichtquanten, welche vom heißen Gas emittiert wurden, bilden die kosmische Hintergrundstrahlung. Sie werden von nun an nicht mehr gestreut, verlängern aber gemäß der Expansion des Weltalls ihre Wellenlänge (Rotverschiebung).
Datierungsmethode: Thermodynamische Berechnungen zum Standardmodell des heißen Urknalls. Wellenlängenmessung an der heutigen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung. (Abs 5.4)
- 11-17 Ga** - Alter der chemischen Elemente = Minimalalter der Milchstraße (typische beobachtete Werte).
Datierungsmethode: Nukleokosmochronologie mit U-238, Th-232, Re-187. Diese schweren Elemente entstehen durch Neutronenanlagerung in Supernova-Explosionen. Die berechnete Häufigkeit der radioaktiven Isotope während der Entwicklung der Milchstraße wird mit der heute beobachteten Konzentration verglichen. (Abs 4.6)
- 15-17 Ga** - Alter der ältesten Kugelsternhaufen = Minimalalter der Milchstraße.
Datierungsmethode: Ein Stern entwickelt sich, indem er im Zentrum Wasserstoff zu Helium fusioniert. Massenreiche, heiße Sterne haben hohe Leuchtkraft und verbrauchen ihren Wasserstoffvorrat schnell. Sie verlassen darum die Hauptreihe frühzeitig und werden zu Roten Riesen, die spektroskopisch leicht zu erkennen sind. (Abs 4.4)
- 1 Ga nach dem Urknall** - Zeitpunkt der Emission des Lichts vom fernsten Quasar (= Quasar mit der größten bisher beobachteten Rotverschiebung).
Datierungsmethode: Betrachtung der Raumexpansion nach dem Standardmodell des Urknalls. Aus der Rotverschiebung wird auf die Lichtlaufzeit geschlossen. (Abs 5.3)
- 6 Ga** - Laufzeit des Lichts vom fernsten Einzelstern, nämlich von der Supernova mit der größten bisher beobachteten Rotverschiebung.
Datierungsmethode wie beim fernsten Quasar. (Abs 5.3)

- 4,55 Ga** - Bildungsalter der Meteoriten = Alter des Sonnensystems.
Datierungsmethode: Vielfältige radiometrische Datierungen mit Rb-Sr-, Pb-Pb-, Sm-Nd-Isochronen, mit der U-Pb-Concordia- und der Ar-Ar-Methode. (Abs 3.5)
- 4,5 Ga** - Alter des ältesten Gesteins vom Mondhochland = Minimalalter des Mondes.
Datierungsmethode wie bei den Meteoriten. (Abs 3.2)
- 4,3 Ga** - Alter der ältesten irdischen Gesteine = Minimalalter der Erde.
Alter von:
- Zirkonkristallen von Jack Hills (Australien) 4,3 Ga
- Acasta-Gneis (Kanada) 3,96 Ga
- Gneis von Godthaab (Grönland) 3,87 Ga
Datierungsmethode: Zahlreiche und vielfältige radiometrische Datierungen, wie bei den Meteoriten. (Abs 2.3)

Von großer Bedeutung ist die Tatsache, dass alle aufgeführten Datierungen innerhalb ihrer Fehlerschranken eine *logisch konsistente Folge* bilden: Das höchste Alter muss dem Universum zukommen; die Milchstraße ist etwas (schätzungsweise 1 Ga) jünger. Ein wesentlich geringeres Alter hat das Sonnensystem, das aber wiederum älter ist als die ältesten Gesteine der Erde. In *allen* Fällen geht es aber um mindestens 4 Milliarden Jahre. Die hohen Alter zeigen sich bei der spektroskopischen Beobachtung von fernen Galaxien genau so wie bei der Theorie der Sternentwicklung in Kugelhäufen.

Bei den radiometrischen Methoden stellen wir mit Befriedigung fest, dass das Alter eines Gesteins oder Meteorits unabhängig von der Art des Kernzerfalls ist: Der Alphazerfall von U-235 mit 0,7 Ga Halbwertszeit führt zum selben Ergebnis wie der Elektroneneinfang von K-40 und der Betazerfall von Rb-87 mit 70mal größerer Halbwertszeit. Die Gesamtheit der Datierungen ist eine *starke empirische Stütze für die Grundpostulate der Isotopenanalyse*, nämlich für 1) den exponentiellen Zerfall des Mutterisotops seit der Entstehung der Milchstraße und des Sonnensystems und 2) die Unabhängigkeit der Halbwertszeit von Temperatur, Druck und chemischer Bindung, auf die wir bereits in Abschnitt 1.2 hingewiesen haben.

7.2. Biblische Tage - kosmologische Äonen

Der bisherige Text hat uns mit aller Deutlichkeit gezeigt, dass die Entwicklung des Weltalls und der Erde nach der heutigen Naturwissenschaft Jahrmilliarden beansprucht. Aber viele Bibelleser empfinden angesichts dieser unvorstellbaren Zeiträume ein großes Unbehagen, ja fühlen sich in ihrem Glauben bedroht.

Von zentraler Bedeutung ist dabei die *Interpretation der sechs Schöpfungstage* in 1. Mose 1. Wenn man sie als 24 Stunden-Abschnitte verstehen muss, so ist

ein schwerer Konflikt zwischen Theologie und Naturwissenschaft vorprogrammiert. Wir möchten aber im Folgenden zeigen, dass durch die ganze Kirchengeschichte hindurch viele bekannte Ausleger aus ganz verschiedenen theologischen Richtungen dafür eingetreten sind, dass die Schöpfungstage in der Natur lange Zeitabschnitte darstellen.

Im Urtext bedeutet das hebräische Wort „jom“, das im Deutschen mit „Tag“ übersetzt wird, dreierlei, nämlich: a) die helle Tageszeit von Morgen bis Abend, b) den 24 Stunden-Abschnitt und c) einen Zeitraum von unbestimmter Länge (CLAEYS 1979:561; ROSS 1991:146). In 1. Mose 1,14 wird jom nebeneinander für die Zeit von Morgen bis Abend und für den astronomischen Tag gebraucht. Aber bereits in 1. Mose 2,4b sind mit jom alle sechs Schöpfungstage zu *einem* Abschnitt zusammengefasst: „An dem Tag [jom in Einzahl!], als Gott, der Herr, Erde und Himmel machte...“.

Auch an vielen anderen Stellen meint jom eine nicht genau definierte Zeit, zB:

„Der Herr erhöhe dich am Tag der Drangsal“ (Psalm 20,2).

„Heult, denn nahe ist der Tag des Herrn [= Sturz Babels]. Er kommt wie eine Verwüstung vom Allmächtigen“ (Jesaia 13,6).

Mose erkennt die Souveränität Gottes in der Schöpfung, wenn er in Psalm 90,4 betet: „Tausend Jahre sind in deinen Augen wie der gestrige Tag, wenn er vergangen ist, und wie eine Wache in der Nacht“. Hier wird deutlich, dass in der unsichtbaren Welt nicht mit physikalischen Zeitmaßstäben gerechnet werden darf. – Obwohl manchmal das Gegenteil behauptet wird, kommt jom mit unbestimmter Dauer auch bei Abzählungen vor. Über eine flüchtige Umkehr des Volkes zum Herrn beispielsweise heißt es in Hosea 6,2: „Er wird uns nach zwei Tagen neu beleben, am dritten Tag uns aufrichten, dass wir vor seinem Angesicht leben“. Der Gebrauch von jom im Alten Testament zeigt uns somit, dass *die Schöpfungstage ebenso gut lange Zeiträume wie 24 Stunden-Perioden sein können*.

Schon in der *frühen Kirchengeschichte* – lange vor Darwin – betrachtete eine ganze Reihe von Gelehrten die „Tage“ als lange oder zumindest unbestimmte Schöpfungsperioden, so etwa: JOSEPHUS FLAVIUS (jüdischer Historiker im 1. Jh nach Christus), IRENÄUS (Bischof von Lyon und Märtyrer im 2. Jh), dann die Kirchenlehrer ORIGENES (3. Jh), BASILIUS (4. Jh) und AUGUSTINUS (5. Jh) (ROSS 1991:141). Fast alle begründeten es auch unter Hinweis auf Psalm 90,4 und 2.Petrus 3,8 (Young 1982:20): „Denn tausend Jahre sind vor deinen [Gottes] Augen wie der gestrige Tag, wenn er vergangen ist“ (Ps 90,4).

Die Sicht der *heutigen Theologie* „im Streit um Schöpfung und Evolution“ hat HERMANN HAFNER in Teil 3.3 dieses Bandes ausführlich dargestellt, worauf

ausdrücklich hingewiesen sei. Stellvertretend für andere Namen möchte ich hier *KARL HEIM* nennen, der sich als einer der wenigen deutschsprachigen Theologen dieses Jahrhunderts intensiv mit den Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft auseinandergesetzt hat. Er schreibt (*HEIM* 1976:111):

„Die biblische Erzählung von den sechs Schöpfungstagen hat in einer Zeit, in der unsere heutigen biologischen Kenntnisse noch fehlten und unsere astronomischen Zeitmaße unbekannt waren, mit einer rückwärts gekehrten Prophetie den Bauplan der Schöpfung in seiner ganzen architektonischen Größe wie in einer großen Vision mit großartiger Klarheit vom Fundament bis zum krönenden Abschluss in der Schöpfung des Menschen enthüllt“.

HEIM bemerkt weiter: „Selbstverständlich hat der priesterliche Erzähler bei seinem Bericht an gewöhnliche Tage mit Morgen und Abend gedacht“. Für ihn liegt es aber nahe, dass eine unsichtbare Hand dem Erzähler die Feder geführt hat, so „dass in der biblischen Beschreibung des Sechstageswerks die großen Etappen der Entwicklung der Schöpfung in derselben Reihenfolge dargestellt sind, in der sie nach dem paläontologischen Befund im Laufe des ungeheuren Zeitraums von 1500 Jahrmillionen sich vollzogen haben.“ *HEIM* erinnert in diesem Zusammenhang an das Wort in 2.Petrus 3,8: „Dies eine aber sei euch nicht verborgen, Geliebte, dass beim Herrn *ein* Tag ist wie tausend Jahre und tausend Jahre wie *ein* Tag.“ So besteht auch für ihn kein Zweifel, dass die Entwicklung der Erde in sehr langen Zeiträumen verlief.

Von besonderer Bedeutung scheint mir, dass *HEIM* den *Schöpfungsbericht* als *rückwärts gewandte Prophetie* und nicht als naturwissenschaftliches Lehrbuch versteht. Diesen Gedanken nimmt auch *HELMUT THIELICKE* (1983:21) auf. – Der Bibelleser findet in Bibelkommentaren wie in naturwissenschaftlichen Sachbüchern viele in ähnliche Richtung weisende Gedanken, besonders im angelsächsischen Raum. Stellvertretend seien genannt: *BRÄUMER* 1986:44; *HAYWARD* 1985:161; *HEMMINGER UND HEMMINGER* 1991; *KIDNER* 1979:54; *ROSS* 1991:141; *SCHUMACHER* 1990:145&158, *YOUNG* 1982.

Wir haben im Verlauf dieser Arbeit in Gedanken unvorstellbar große Zeiträume durchschritten, und leicht einmal könnte in uns das Gefühl aufkommen: Was zählt da noch mein Leben? Gott aber sieht es anders. Er hat jeden von uns geschaffen, weil er uns gewollt hat; er liebt uns und gibt gerade uns, den besser Informierten, einen Auftrag: „Groß sind die Taten des Herrn, zu erforschen von allen, die Lust an ihnen haben“ (Psalm 111,2).

Dank: Der Autor dankt den folgenden Fachleuten sehr herzlich für hilfreiche Hinweise und Korrekturen: Dr Thomas Fritzsche, Frau Heike Riege, Prof Dr P C Hägele, Dr Peter Rüst, Prof Dr Klaus Schwab, und nicht zuletzt meiner Frau Barbara Brugger-Scherrer, die in diesen Monaten vieles entbehren musste.

Literaturverzeichnis

- ALEXANDER E C, DAVIS P K, 1974. Ar-Ar ages and trace element contents of Apollo 14 breccias. *Geochim Cosmochim Acta* **38**, 911-28.
- ALLÈGRE C J, BIRCK J-L, FOURCADE S, SEMET M P 1975. Rb-Sr-age of Juvinas basaltic achondrite. *Science* **187**, 436-8.
- BAADSGAARD H, NUTMAN A P, BRIDGWATER D, ROSING M, MCGREGOR V R, ALLAART J H, 1984. The zircon geochronology of... the Isua supracrustal belt, West Greenland. *Earth Planet Sci Lett* **68**, 221-8.
- BARNES T G, 1973. Origin and destiny of the Earth's magnetic field. *Inst Creat Res*, San Diego, 64 S.
- BECK H W, 1979. *Biologie und Weltanschauung*. Hänssler, Stuttgart, 2.Aufl, 63 S.
- BINZEL R P, BARUCCI M A, FULCHIGNONI M, 1991. Ursprung und Entwicklung der Asteroiden. *Spektr d Wiss H12/Dez*, 110-7.
- BLOXHAM J, GUBBINS D, 1990. Die Entwicklung des Erdmagnetfeldes. *Spektr d Wiss*, H2/Febr, 52-60.
- BOWRING S A, WILLIAMS I S, COMPSTON W, 1989. 3.96 Ga gneisses from the Slave Province, Canada. *Geology* **17**, 971-5.
- BRÄUMER H, 1986. Das 1. Buch Mose, 1. Teil. Wuppertaler Studienbibel, R Brockhaus, Wuppertal, 237 S.
- BREUER R (Hg), 1993. *Immer Ärger mit dem Urknall*. Rowohlt TB, 341 S.
- BRINKMANN (Hg W ZEIL) 1980. *Abriss der Geologie Bd 1, Allg Geologie*. 12.Aufl, Enke, Stuttgart, 255 S.
- BURBIDGE G, 1992. Why only one Big Bang? *Scient Amer* **266**, H2, 96
- BUTCHER H R, 1987. Thorium in G-dwarf stars as a chronometer for the Galaxy. *Nature* **328**, 127-31.
- CLAEYS K, 1979. Die Bibel bestätigt das Weltbild der Naturwissenschaft. Christiana-Verlag, Stein/Schweiz, 715 S.
- CLAYTON D D, 1988. *Mon Not R Astr Soc* **234**, 1-36.
- COALE A J, 1974. The History of Human Population. *Scient Amer* **231**, H 3/ Sep, 40-51.
- COMPSTON W, PIDGEON R T, 1986. *Nature* **321**, 766.
- COURTILLOT V, LE MOUËL J L, 1988. Time Variations of the Earth's magnetic field. *Ann Rev Earth Planet Sci* **16**, 389-476.
- COWAN J J, THIELEMANN F-K, TRURAN J W, 1991. Radioactive dating of the elements. *Ann Rev Astron Astrophys* **29**, 447-97.
- DALRYMPLE G B, LANPHERE M A, 1969. Potassium-argon dating. Freeman, San Francisco, 258 S.
- DALRYMPLE G B, 1969a. Ar/Ar analyses of historic lava flows. *Earth Planet Sci Lett* **6**, 47-55.

- DALRYMPLE G B, 1983. Can the Earth be dated from decay of its magnetic field? *J Geol Educ* 31, 124-33.
- DALRYMPLE G B, 1991. *The age of the Earth*. Stanford Univ Press, Stanford, 474 S.
- EGGEN O J, LYNDEN-BELL D, SANDAGE A R, 1962. Evidence from the motions of old stars that the Galaxy collapsed. *Astrophys J* 136, 748-66.
- ELLINGER T, JUNKER R, SCHERER S, 1988. *Schöpfung und Wissenschaft*. Hänssler, Stuttgart, 61 S.
- ELLIS G F R, 1984. Alternatives to the Big Bang. *Ann Rev Astron Astrophys* 22, 157-84.
- EMILIANI C, 1992. *Planet Earth*. Cambridge Univ Press, Cambridge, 717 S.
- FAURE G, POWELL J L, 1972. *Strontium isotope geology*. Springer, Berlin, 188 S.
- FAURE G, 1986. *Principles of isotope geology*. Wiley, New York, 2. Aufl, 589 S.
- FECHTIG H, 1992. Die Bedeutung der Asteroiden und Kometen für das frühe Sonnensystem. *Sterne u Weltraum* 31, H12/Dez, 770-4.
- FUNKHOUSER J G, NAUGHTON J J, 1968. Radiogenic helium and argon in ultramafic inclusions from Hawaii. *Geophys Res J* 73, 4601-07.
- GEISS J, 1988. Composition of Halley's comet. *Rev Mod Astr* 1, 1-27.
- GEYH M A, SCHLEICHER H, 1990. *Absolute age determination*. Springer, Berlin, 503 S.
- GITT W (Hg), 1982. *Am Anfang war die Information*. Resch, Gräfelfing, 211 S.
- GITT W, 1989. Schuf Gott durch Evolution? *factum H* 4, 124-9.
- GLANZ J, 1996. Debating the Big Questions. *Science* 273, 1168-70.
- GLASHOUWER W J J, 1980. *So entstand die Welt*. Hänssler, Stuttgart, 177 S.
- GREENLAND P T, 1988. Seeking non-exponential decay. *Nature* 335, 298.
- HAMILTON P J, O'NIONS R K, BRIDGWATER D, NUTMAN A, 1983. Sm-Nd-studies of Archean metasediments and metavolcanics from West Greenland and their implications for the Earth's early history. *Earth Planet Sci Lett* 62, 263-72.
- HARLAND W B, ARMSTRONG R L, COX A V, CRAIG L E, SMITH A G, SMITH D G, 1990. *A geologic time scale 1989*. Cambridge Univ Press, Cambridge, 263 S.
- HARRISON E R, 1983. *Kosmologie*. Verl Darmstädter Blätter, Darmstadt, 659 S.
- HARTMANN W K, DAVIS D R, 1975. Satellite-sized planetesimals. *Icarus* 24, 504-15.
- HAYWARD A, 1985. *Creation and evolution*. Triangle SPCK, London, 232 S.
- HEIKEN G H, VANIMAN D T, FRENCH B M (ed), 1991. *Lunar sourcebook*. Cambridge Univ Press, Cambridge, 736 S.
- HEIM KARL, 1976. *Weltschöpfung und Weltende*. Aussaat-Verlag, Wuppertal, 199 S.
- HEMLEBEN J, 1974. *Galileo Galilei*. Rowohlt, Hamburg, 180 S.

- HEMMINGER H, HEMMINGER W, 1991. Jenseits der Weltbilder. Quell-Verlag, Stuttgart, 284 S.
- HOFFMAN K A, 1988. Umkehr des Erdmagnetfeldes: Aufschluss über den Geodynamo. *Spektr d Wiss*, H7/Juli, 84-91.
- HOHENBERG C M, HUDSON B, KENNEDY B M, PODOSEK F A, 1981. Noble gas retention chronologies for the St Severin meteorite. *Geochim Cosmochim Acta* 45, 535-46.
- HUMPHREYS R, 1993. The Earth's magnetic field is young. Impact no 242, Inst for Creat Res, El Cajon, 4 S.
- JACOBSEN S B, WASSERBURG G J, 1984. Sm-Nd isotopic evolution of chondrites and achondrites. *Earth Planet Sci Lett*, 67, 137-50.
- JACOBSEN S B, DYMEK R F, 1988. Nd and Sr isotopic systematics from Isua, West Greenland. *J Geophys Res* 93, 338-54.
- JÄGER E, HUNZIKER J C, 1979. Lectures in isotope geology. Springer, Berlin, 329 S.
- JESSBERGER E K; DOMINIK B, STAUDACHER T, HERZOG G F, 1980. Ar-Ar ages of Allende. *Icarus* 42, 380-405.
- JUNKER R, SCHERER S (Hg), 1988. Entstehung und Geschichte der Lebewesen. Weyl, Giessen, 2. Aufl 275 S.
- KERRIDGE J F, MATTHEWS M S (ed), 1988. Meteorites and the early solar system. Univ of Arizona Press, Tucson, 1269 S.
- KIDNER D, 1979. Genesis, Tyndale Old Testament commentaries. Inter-Varsity Press, Leicester, 224 S.
- KIPPENHAHN R, 1980. 100 Milliarden Sonnen. Piper, München, 276 S.
- KIPPENHAHN R, 1984. Licht vom Rande der Welt. Dt Verlagsanstalt, Stuttgart, 348 S.
- KOCK A, 1992. Neuer Rekord-Quasar. *Sterne und Weltraum* 31, H3/März, 160.
- KOFAHL R E, SEGRAVES K L, 1975. The creation explanation. Shaw Publ, Wheaton, 255 S.
- KREUER W, 1992. Der Meteoriteneinschlag von Ensisheim. *Sterne und Weltraum* 31, H10/Okt, 622-4.
- KRUMMENACHER D, 1970. Isotopic composition of argon in modern volcanic rocks. *Earth Planet Sci Lett* 8, 109-17.
- LAWLER J E, WHALING W, GREVESSE N, 1990. Contamination of the Th line and the age of the Galaxy. *Nature* 346, 635-7.
- LEWIN R, 1982. Judge's ruling hits hard at creationism. *Science* 215, 381-4.
- MANHES G, MINSTER J-F, ALLEGRE C J, 1978. Comparative U-Th-Pb and Rb-Sr study of the St Severin amphoterite. *Earth Planet Sci Lett* 39, 14-24.
- MARAN S P (ed) 1992. The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia. Van Nostrand, New York, 1002 S.
- MATHEWS G J, COWAN J J, 1990. New insights into the astrophysical r-process. *Nature* 345, 491-4.

- MC SWEEN H Y, 1987. Meteorites and their parent planets. Cambridge Univ Press, Cambridge, 237 S.
- MEYNET G, MERMILLIOD J-C, MAEDER A, 1993. New dating of galactic open clusters. *Astron Astrophys Suppl* 98, 477-504.
- MICHARD-VITRAC A, LANCELOT J, ALLÈGRE J C, MOORBATH S, 1977. U-Pb ages on single zircons from the early Precambrian rocks of West Greenland. *Earth Planet Sci Lett* 35, 449-53.
- MINSTER J-F, ALLÈGRE C J, 1979. Rb-Sr chronology of H chondrites. *Earth Planet Sci Lett* 42, 333-47.
- MINSTER J-F, BIRK J-L, ALLÈGRE C J, 1982, (mit Korrektur). Absolute age of formation of chondrites studied by the Rb-Sr-method. *Nature* 300, 414-9.
- MOON P, EBERLE SPENCER D, 1953. Binary stars and the velocity of light. *J Opt Soc Amer* 43, 635-41.
- MOORBATH S, O'NIONS R K, PANKHURST R J, GALE N H, 1972. Further Rb-Sr age determinations on the very early Precambrian rocks of the Godthaab district, West Greenland. *Nature Phys Sci* 240, 78-82.
- MOORBATH S, O'NIONS R K, PANKHURST R J, 1973. Early Archean age for the Isua iron formation, West Greenland. *Nature* 245, 138-9.
- MOORBATH S, O'NIONS R K, PANKHURST R J, 1975. The evolution of early Precambrian crustal rocks at Isua, West Greenland. *Earth Planet Sci Lett* 27, 229-39.
- MOORBATH S, ALLAART J H, BRIDGWATER D, MCGREGOR V R, 1977a. Rb-Sr ages of early Archean supracrustal rocks and Amitsoq gneisses at Isua. *Nature*, 270, 43-5.
- MOORBATH S, 1977b. The oldest rocks and the growth of continents. *Scient Amer* 236, H3, 92-104.
- MORRIS H M, 1979. *Erde woher?* Verl Evang Ges, Wuppertal, 2.Aufl, 103 S.
- MORRIS H M, 1987. *Scientific Creationism*. Master Books, El Cajon, 2.Aufl, 281 S.
- NAKAMURA N, TATSUMOTO M, NUNES P D, UNRUH D M, SCHWAB A P, WILDEMAN T R, 1976. 4.4 Ga-old clast in boulder 7, Apollo 17. *Proc 7th Lunar Sci Conf*, 2309-33.
- NEESER M, 1993. Die entfernteste Supernova und das Schicksal des Universums. *Sterne & Weltraum* H6/Juni, 428.
- NICOLAYSEN L O, 1961. Graphic interpretation of discordant age measurements on metamorphic rocks. *Ann New York Acad Sci* 91, 198-206.
- NIEMEYER S, 1979. Ar-Ar dating of inclusions from IAB iron meteorites. *Geochim Cosmochim Acta* 43, 1829-40.
- NORMAN E B, GAZES S B, CRANE S G, BENNETT D A, 1988. Tests of exponential decay law at short and long times. *Phys Rev Lett* 60, 2246-9.
- NUTMAN A P ET AL, 1996. The Itsaq Gneiss Complex of southern West Greenland; early crustal evolution (3900–3600 Ma). *Precambrian Res* 78, 1-39.

- OBERLI F, HUNEKE J C, WASSERBURG G J, 1979. U-Pb and K-Ar systematics of cataclysm and precataclysm lunar impactites. Proc Lunar and Planet Sci Conf X, 940-2.
- ODIN G S, 1982. Numerical dating in stratigraphy, part I. Wiley, Chichester, 1039 S.
- OSTERMANN E, 1978. Unsere Erde - ein junger Planet. Hänssler, Stuttgart, 98 S.
- OVERBYE D, 1991. Das Echo des Urknalls. Droemer Knaur, München, 544 S.
- PEEBLES P J E, SCHRAMM D N, TURNER E L, KRON R G, 1991. The case for the relativistic hot Big Bang cosmology. Nature 352, 769-76.
- PETTERSON H, 1960. Cosmic spherules and meteoritic dust. Scient Americ 202, H2/Febr, 123-32.
- PETTINGILL H S, PATCHETT P J, 1981. Lu-Hf total-rock age for the Amitsoq gneisses, West Greenland. Earth Planet Sci Lett 55, 150-6.
- PRESS F, SIEVER R, 1994. Understanding Earth. Freeman, San Francisco, 593 S.
- RICHTER D, 1992. Allgemeine Geologie. de Gruyter, Berlin, 4.Aufl, 349 S.
- ROSS HUGH, 1991. The Fingerprint of God. Promise Publ, Orange CA, 2nd edition, 233 S.
- SANDAGE A, TAMMANN G A, 1993. The Hubble diagram for supernovae Ia and the value of H_0 therefrom. ESO pre-print 912.
- SCHALLER G, SCHAERER D, MEYNET G, MAEDER A, 1992. New grids of stellar models from 0.8 to 120 M_0 . Astron Astrophys Suppl 96, 269-331.
- SCHIRRMACHER T, 1990. Die Geschichte des deutschsprachigen Kreationismus. factum H4, 152-5.
- SCHNEIDER H, 1982. Der Urknall und die absoluten Datierungen. Hänssler, Stuttgart, 88 S.
- SCHUMACHER H, 1990. Urknall und Schöpfergott. R Brockhaus-Verlag, Wuppertal, 319 S.
- SILK J, 1989. The Big Bang. Deutsche Übers: Der Urknall, 1990, Birkhäuser, Basel, ca 440 S.
- SILK J, 1992. Cosmology back to the beginning. Nature 356, 741-2.
- SLUSHER H S, 1980. Age of the Cosmos. Inst Creat Res, San Diego, 76 S.
- SLUSHER H S, 1981. Critique of radiometric dating. Inst Creat Res, San Diego, 2. Aufl, 58 S.
- STEIGER R H, JÄGER E, 1977. Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. Earth Planet Sci Lett 36, 359-62.
- STETTLER A, EBERHARDT P, GEISS J, GRÖGLER N, GUGGISBERG S, 1978. Chronology of the Apollo 17 station 7 boulder and the south Serenitatis impact. Lunar Science IX, 1113-5.

- STEVENSON D J, 1987. Origin of the Moon - the collision hypothesis. *Ann Rev Earth Planet Sci* 15, 271-315.
- STOCKWELL C H, 1968. Geochronology of stratified rocks on the Canadian shield. *Can J Earth Sci* 5, 693-8.
- STUTZ H, 1989. Wie alt ist die Erde? factum H12, 485-6.
- STUTZ H, 1991. Urknall widerlegt? factum H6, 32-5.
- SWISHER C C, GRAJALES J M ET AL, 1992. Coeval Ar-Ar ages of 65.0 Ma ago from Chicxulub Crater melt rock. *Science* 257, 954-8.
- TERA F, PAPANASTASSIOU D A, WASSERBURG G J, 1974. Isotopic evidence for a terminal lunar cataclysm. *Earth Planet Sci Lett* 22, 1-21.
- THIELICKE H, 1983. *Wie die Welt begann*. Quell-Verlag, Stuttgart, 304 S.
- TRAVIS J, 1992. The Hubble constant takes the low road again. *Science* 257, 34.
- TRIMBLE V, MARAN S P, 1992. In: *The Astronomy and Astrophysics Encycl*, Cambridge Univ Press, Cambridge, 1002 S.
- UNSÖLD A, BASCHEK B, 1988. *Der neue Kosmos*. Springer, Berlin, 4. Aufl, 434 S.
- VANDENBERG D A, 1990. Ages of globular clusters. In: Vangioni-Flam (ed), *Astrophysical ages and dating methods*. Editions Frontières, Gif sur Yvette, S 241.
- VAN DEN BERG S, HESSER J E, 1993. Die Entstehung des Milchstaßensystems. *Spektr d Wiss H3/März*, 34-41.
- VAN TILL H J, YOUNG D A, MENNINGA C, 1988. *Science held hostage*. InterVarsity Press, Downers Grove IL, 189 S.
- VBG (Vereinigte Bibelgruppen) 1994. *Wie alt ist die Erde? Ein brüderliches Streitgespräch*. Zürich, private Mitteilung.
- WASSERBURG G J, ALBEE A L, LANPHERE M A, 1964. Migration of radiogenic Sr during metamorphism. *J Geophys Res J* 69, 4395-401.
- WEIDEMANN V, 1989. Die Frage nach dem Ursprung - Der Mensch als Evolutionsprodukt? In: *Glaube und Denken, Jahrb d Karl-Heim-Gesellschaft Bd 2*, Brendow-Verlag, Moers, 9-24.
- WEINBERG S, 1977. *Die ersten 3 Minuten*. Piper, München, 269 S.
- WHITCOMB J C, MORRIS H M, 1977. *Die Sintflut*. Hänssler, Stuttgart, 517 S.
- WHITCOMB J C, 1980. *Die Welt, die unterging*. Hänssler, Stuttgart, 149 S.
- WHITCOMB J C, DE YOUNG D B, 1982. *Der Mond*. Hänssler, Stuttgart, 207 S.
- WILL C M, 1993. *Theory and experiment in gravitational physics*. Cambridge Univ Press, Cambridge, 2. Aufl, 380 S.
- YORK D, 1993. Die Frühzeit der Erde. *Spektr d Wiss H3/März*, 76-83.
- YOUNG, D A, 1982. *Christianity and the age of the Earth*. Zondervan, Grand Rapids MI, 188 S.

Glossar

In Klammern steht der Abschnitt, in welchem das Stichwort erklärt wird oder zum ersten Mal auftritt. Im Text sind die Stichwörter des Glossars mit * bezeichnet.

Absolute Temperatur (4.1) Sie wird vom *absoluten Nullpunkt* der Temperatur aus gezählt, der mit 0 Kelvin definiert ist. Maßeinheit ist 1 Kelvin = 1 K. Umrechnung: Absolute Temperatur (in Kelvin) = Celsius-Temperatur + 273,15. ZB: 100°C entsprechen 373,15 K; 100 K bedeuten minus 173°C.

Achondrit (3.4) Eine von zwei Arten von Steinmeteoriten. Enthält keine Silikatkügelchen (Chondren genannt).

Alter des Sonnensystems (3.5) Zeit von der Bildung der Sonne und der Planeten bis heute. Sie kann am genauesten am Bildungsalter der Meteoriten abgelesen werden, das $4,55 \pm 0,03$ Ga beträgt.

Alter des Universums (5.3) Zeit vom Urknall bis heute. Verschiedene unabhängige Methoden (Hubblekonstante, Kugelsternhaufen, Nukleokosmochronologie) gestatten heute, das Alter einzugrenzen zwischen 12 und 17 Ga.

altersdiagnostische Methode (2.1) Eine radiometrische Datierungsmethode mit Selbstkontrolle, indem die Messpunkte auf einer vorgegebenen Kurve, zB einer Geraden, liegen müssen. Beispiele sind die Ar-Ar-, die Isochron- und die Pb-Pb-Methode.

Archaikum (2.3) Geologischer Zeitabschnitt, der 4,0 - 2,5 Ga zurückliegt. Ein Ereignis oder Gestein aus dieser Zeit heißt archaisch.

Argon-Argon-Methode (2.1) Altersdiagnostische radiometrische Datierungsmethode, die auf dem radioaktiven Zerfall von K-40 zu Ar-40 beruht. Um den Kaliumgehalt der Probe genau messen zu können, wird diese mit Neutronen bestrahlt. Dabei wird ein messbarer Teil des vorhandenen K-39 in Ar-39 umgewandelt und dieses simultan mit dem Ar-40 im Massenspektrometer ermittelt. Die Ausmessung geschieht stufenweise bei steigender Temperatur. Damit können mögliche Störungen, die das K-Ar-System während seiner Entwicklung erlitten hat, entdeckt und eliminiert werden.

Asteroid (3.4) Kleinplanet des Sonnensystems, der sich in den meisten Fällen zwischen der Mars- und der Jupiterbahn bewegt.

Basalt (3.1) Häufiges vulkanisches (Erguss-)Gestein von dunkler Färbung mit relativ geringem SiO₂-Gehalt.

Blei-Blei-Methode (2.2) Altersdiagnostische radiometrische Datierungsmethode, die gleichzeitig den Zerfall von U-238 zu Pb-206 und den Zerfall von U-235 zu Pb-207 benützt.

Brekzie (3.1) Ein grobkörniges Gestein, das aus älteren Gesteinstrümmern mit Bindemittel besteht.

Chondrit (3.4) Die häufigere der beiden Arten von Steinmeteoriten. Enthält kleine Silikatkügelchen, die Chondren genannt werden.

Concordia-Methode, genauer U-Pb-Concordia-Methode (2.1) Altersdiagnostische Datierungsmethode, die den Graph Pb-206/U-238 gegen Pb-207/U-235 benützt. Sie gestattet, auch das Alter von Störungen des Systems zu ermitteln.

Dopplereffekt (5.1) Siehe Rotverschiebung.

Eisenmeteorit (3.4) Ein Meteorit, der hauptsächlich aus einer Fe-Ni-Legierung besteht.

Galaxie (5.1) Großes Sternsystem mit $10^8 - 10^{12}$ Sternen. Praktisch alle Sterne sind in Galaxien angeordnet. Beispiel: Unsere Milchstraße.

Galaxienhaufen (5.1) Eine Ansammlung von Galaxien, die einige Dutzend (zB lokale Gruppe) bis einige tausend Mitglieder (zB Virgohaufen) umfasst.

Gigajahr = Ga = 1 Milliarde Jahre (1.2).

Gneis (2.3) Durch erhöhten Druck und/oder erhöhte Temperatur umgestaltetes (metamorphes) Gestein.

Halbwertszeit (1.2) Zeit, in der die Hälfte der vorliegenden Atomkerne eines radioaktiven Isotops zerfällt.

Halo (4.4) Siehe Milchstraße.

Hauptreihe (4.1) Bereich im Hertzsprung-Russell-Diagramm, der die erste Phase der Sternentwicklung umfasst. Dabei wird Wasserstoff im Zentrum zu Helium fusioniert. Die meisten Sterne befinden sich in der H.

HERTZSPRUNG-RUSSELL-Diagramm = HRD (4.1) Graphische Darstellung, bei der die Leuchtkraft eines Sterns in Funktion seiner Oberflächentemperatur angegeben wird. Das HRD dient auch zur Datierung von Sternhaufen.

Hochlandgebiet (3.1) Sehr kraterreiches, relativ hell erscheinendes und geologisch altes Gebiet auf dem Mond.

Hubblebeziehung (5.2) Von EDWIN HUBBLE 1929 entdeckte Proportionalität zwischen der Entfernung r und der Expansionsgeschwindigkeit v von Galaxien: $v = H_0 \cdot r$.

Hubbleparameter (= Hubblekonstante; 5.2) Die Proportionalitätskonstante in der Hubblebeziehung.

Nach bisherigen Beobachtungen ist $H_0 \cong 50 \text{ km/s/Mpc} = 15 \text{ km/s/MLj}$.

Interstellare Materie (4.3) Material zwischen den Sternen, das hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium besteht, aber auch Feststoffe, insbesondere feinen Staub, enthält.

Isochron-Diagramm (2.2) Graphische Darstellung zu einer altersdiagnostischen Datierungsmethode der Geochronologie, bei der die "Uhr" ein natürliches radioaktives Isotop ist. Dabei werden gleichzeitig das Alter der Probe und die ursprüngliche Konzentration des Tochterisotops ermittelt.

Isochrone (2.2) Gerade im Isochron-Diagramm.

Isotop (1.2) Atome oder Atomkerne mit gleicher Protonen- und unterschiedlicher Neutronenzahl werden Isotope genannt.

Isua (2.3) Ort in Westgrönland, an dem sehr altes metamorphes Gestein gefunden wurde.

Kalium-Argon-Methode (2.1) Radiometrische Datierungsmethode, die auf dem radioaktiven Zerfall von K-40 zu Ar-40 beruht.

Kernfusion (4.3) Verschmelzung zweier leichter Atomkerne unter Energieabgabe.

Konglomerat (2.3) Ein Sedimentgestein, das aus Geröllen besteht, die durch die (zB tonige) Matrix fest zusammengekittet sind. Auch Nagelfluh genannt.

Kugelsternhaufen siehe Sternhaufen.

- Lichtjahr** (5.1) Der Weg, den das Licht in 1 Jahr im Vakuum zurücklegt: $1 \text{ Lj} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$. $1 \text{ Megalichtjahr} = 1 \text{ MLj} = 10^6 \text{ Lj}$; $1 \text{ Gigalichtjahr} = 1 \text{ GLj} = 10^9 \text{ Lj}$.
- magmatisches Gestein** (2.1) Glutflüssiges Magma quillt aus der Tiefe der Erde und erstarrt innerhalb der Erdkruste als Intrusivgestein (zB Granit) oder an der Oberfläche als Eruptivgestein (zB Basalt). In beiden Fällen spricht man von magmatischem Gestein.
- Mare** (3.1) Fast ebenes, kraterarmes und dunkel erscheinendes Tiefland auf dem Mond.
- Massenspektrometer** (2.2) In der Geochronologie häufig gebrauchtes Präzisionsgerät, das Ionen aus einer Probe nach ihrer Masse sortiert und zählt.
- Megajahr = Ma** = 1 Million Jahre (1.2).
- Metamorphose** (2.1) Umgestaltung des Mineralbestandes von Gesteinen, ausgelöst durch Veränderungen von Druck und/oder Temperatur unter Beibehaltung der chemischen Pauschalzusammensetzung. Ein Gestein nach dieser Umgestaltung heißt metamorph. Metamorphe Gesteine sind zB Gneis, Glimmerschiefer und Marmor.
- Meteorit** (3.4) Auf die Erde gefallenes Gesteins- oder Metallstück, das seinen Ursprung in einem Körper des Sonnensystems (meist einem Asteroiden) hat.
- Meteoroid** (3.4) Ein kleines festes Objekt, das die Sonne umkreist. Fällt es zur Erde, nennt man es Meteorit.
- Mikrowellen-Hintergrundstrahlung** (5.4) Intensive, gleichmäßig aus allen Richtungen einfallende (= isotrope) elektromagnetische Strahlung im Bereich der Millimeter- bis Dezimeterwellen. Die M. ist eine starke Stütze für die Theorie des heißen Urknalls und das Standardmodell SHU.
- Milchstraße** (4.3) „Unsere“ Galaxie, die neben der Sonne noch rund 10^{11} Sterne umfasst. Ein erster Hauptteil der Sterne ist in einer flachen galaktischen Scheibe von rund $100'000$ Lichtjahren Durchmesser angeordnet. Ein zweiter Hauptteil liegt in der dichten zentralen Ausbauchung (engl bulge). Einen dritten Teil finden wir im kugelförmigen Halo mit etwa $200'000$ Lichtjahren Durchmesser, der auch die Kugelsternhaufen enthält. Junge Sterne treffen wir in der Scheibe, sehr alte im Halo und im Zentrum an.
- Mineral-Isochrone** (2.2) Zur Datierung nach der Isochron-Methode werden hier verschiedene Minerale desselben Gesteins herangezogen.
- Nukleokosmochronologie** (4.6) Der Zweig der Astrophysik, der sich mit der Datierung von großräumigen Himmelsobjekten durch die Analyse von langlebigen radioaktiven Isotopen befasst.
- Phanerozoikum** (2.3) Zeitabschnitt in der Geologie, der die letzten 544 Ma bis heute umfasst.
- Planetesimal** (3.1) Ein kleiner oder großer Festkörper, der in der Frühzeit des Sonnensystems die Sonne umkreiste. Die Planeten und Asteroiden entstanden durch Anlagerung von Planetesimalen.
- Präkambrium** (2.3) Der geologische Zeitabschnitt vor dem Phanerozoikum, dh mehr als 544 Ma zurück.
- Proterozoikum** (2.3) In der Geologie der Zeitabschnitt von 2,5 Ga - 0,544 Ga vor heute.

Protogalaxie (4.4) Riesige Gaswolke aus der Frühzeit des Universums, die sich unter dem Einfluss der Schwerkraft zu einer Galaxie zusammenzieht und mit der Sternbildung beginnt.

protosolare Wolke (3.4) In der Astronomie jene große Wolke aus interstellarer Materie, aus der sich durch Kontraktion das Sonnensystem inklusive Sonne gebildet hat.

radiogen (1.2) Aus dem Zerfall eines radioaktiven Isotops hervorgegangen.

radiometrische Datierung (1.2) Sammelname für die Datierungsmethoden für Minerale und Gesteine, die den Zerfall von natürlich vorkommenden radioaktiven Isotopen verwenden.

Regolith (3.1) Der einige Meter dicke Mondboden. Er besteht hauptsächlich aus zertrümmertem oder pulverisiertem, kompaktiertem Gestein und Glas.

Roter Riese (4.1) Stern, der sich durch großen Sternradius, relativ geringe Oberflächentemperatur und relativ große Leuchtkraft auszeichnet. Er befindet sich in einem Spätstadium der Sternentwicklung.

Rotverschiebung (5.1; 5.2) Eine R. ergibt sich hauptsächlich aus zwei Gründen:

1) Entfernen sich Lichtquelle und Lichtempfänger voneinander, so verschieben sich die Spektrallinien beim Beobachter nach größeren Wellenlängen, zeigen also eine R. (Bei Annäherung ergibt sich eine Blauverschiebung.) Diese Wellenlängenänderung wird *Dopplereffekt* genannt.

2) Nach der Allgemeinen Relativitätstheorie expandiert der Raum zwischen den (ruhenden) Galaxien. Auch in diesem Fall verschieben sich die Spektrallinien gegen rot (*kosmologische Rotverschiebung*).- Quantitativ formuliert: Es sei λ_0 die Wellenlänge einer bestimmten im Labor beobachteten Spektrallinie und λ die Wellenlänge derselben Linie im beobachteten Objekt (zB einer Galaxie). Dann verstehen wir unter dem *Zahlenwert* der Rotverschiebung die Größe $z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$.

Rubidium-Strontium-Methode (2.2) Altersdiagnostische radiometrische Datierungsmethode, die den Betazerfall von Rb-87 zu Sr-87 benützt.

Samarium-Neodym-Methode (2.2) Altersdiagnostische radiometrische Datierungsmethode, die mit dem Alphazerfall von Sm-147 zu Nd-143 arbeitet.

Schließungstemperatur (2.2) Minimale Temperatur, bei der die Atome eines Minerals beim Abkühlungsvorgang noch wandern (diffundieren) können. Die S. definiert bei der Abkühlung den Startzeitpunkt für die radiometrische Datierung, da das Gestein bei tieferer Temperatur ein chemisch geschlossenes System ist.

Sedimentgestein (2.1) Entsteht bei der schichtweisen Ablagerung von Bruchstücken früherer Gesteine, die sich durch chemische Prozesse (Diagenese) verfestigen (zB zu Sandstein). Sedimentgestein entsteht auch bei chemischer Ausfällung von Ionen aus dem Wasser (zB Steinsalz, viele Kalke).

SHU (5.4) = Standardmodell des heißen Urknalls. Heute bevorzugtes Modell über die Entwicklung des Universums. Es verbindet das Standardmodell des Urknalls mit der Vorstellung einer extrem hohen Anfangstemperatur.

Standardmodell des Urknalls (5.2) Modell von der Entwicklung des Weltalls auf der Grundlage der Allgemeinen Relativitätstheorie (FRIEDMANN-LEMAÎTRE-Modell). Danach begann das Universum mit dem singulären, überdichten Urknall und expandiert seither. Es bestehen drei mögliche Varianten mit flacher, hyperbolischer bzw sphärischer Geometrie. Siehe auch SHU.

Sternhaufen (4.4) Man unterscheidet galaktische (= offene) und Kugelsternhaufen. Kugelsternhaufen beinhalten einige 100'000 Sterne. Jene in der Milchstraße gehören zu den ältesten bekannten Objekten und bewegen sich im Halo. Demgegenüber umfasst ein galaktischer Sternhaufen typischerweise 10-1000 Sterne und befindet sich in der galaktischen Scheibe.

Supernova (Mehrzahl Supernovae; 4.3; 4.5) Explosives Endstadium in der Entwicklung eines Sterns. Eine S. erbringt während einigen Monaten die 10^9 - 10^{10} -fache Strahlungsleistung der Sonne. Die während der Explosion ablaufenden Kernprozesse erzeugen einen großen Teil der schweren chemischen Elemente, die ins Weltall hinaus geschleudert werden. Man unterscheidet zwischen S. vom Typ I (ein weißer Zwerg in einem Doppelsternsystem wird bei der Explosion völlig zerstört) und S. vom Typ II (Kollaps eines massenreichen Sterns, wobei ein Neutronenstern übrigbleibt).

suprakrustal (2.3) Gesteine, die auf der ozeanischen oder kontinentalen Kruste abgelagert wurden.

Urknall (engl **Big Bang**; 5.3) Singulärer Anfangszustand der gängigen kosmologischen Entwicklungsmodelle. Im weiteren Sinne auch die frühe Entwicklung des Universums. Sie begann mit einem extrem dichten und heißen, räumlich sehr kleinen Raum-Zeit-Kontinuum, das danach expandierte. Zahlreiche Beobachtungen belegen die Richtigkeit dieser Vorstellungen.

whole-rock-Isochrone (2.2) Das Material eines großen Gesteinsblocks (von zB 25 kg) wird fein pulverisiert, homogenisiert und eine Probe davon der radiometrischen Datierung nach der Isochron-Methode zugeführt. Weitere Punkte im Isochron-Diagramm ergeben sich aus weiteren kongenetischen Blöcken mit unterschiedlichem Rb/Sr-Verhältnis. Durch die Verwendung von großen Blöcken wird der Einfluss der Atomwanderung während einer leichten Metamorphose vernachlässigbar; dh die whole-rock-Isochrone zeigt das Bildungsalter des Gesteins an.

2.6 Physikalische Gesichtspunkte

Peter C. Hägele

Strukturbildung, Evolution und die Hauptsätze der Thermodynamik

1. Problemstellung	252
2. Prozesse der Strukturverwischung und der Strukturbildung	252
2.1 Beispiele für Strukturverwischung	253
2.2 Beispiele für Strukturbildung (konservative Strukturen)	253
2.3 Beispiele für Strukturbildung (dissipative Strukturen)	254
3. Grundbegriffe der Thermodynamik	255
3.1 Thermodynamische Variable; Zustand	255
3.2 Thermodynamische Systeme	257
3.3 Prozesse und Prozeßrealisierungen	258
4. Die thermodynamischen Hauptsätze	260
4.1 Der Erste Hauptsatz (Energiesatz)	261
4.1.1 Energie in der Thermostatik	261
4.1.2 Energie in der Statistischen Mechanik	263
4.1.3 Energie in der Thermodynamik der Vorgänge	264
4.1.4 Zuständigkeitsbereich und Gültigkeitsgrenzen des Energiesatzes	264
4.2 Der Zweite Hauptsatz (Entropiesatz)	266
4.2.1 Entropie in der Thermostatik	266
4.2.2 Entropie in der Statistischen Mechanik	271
4.2.3 Entropie in der Thermodynamik der Vorgänge	275
4.2.4 Entropie und Information	277
4.2.5 Zuständigkeitsbereich und Gültigkeitsgrenzen des Entropiesatzes	284
4.2.6 Der Zweite Hauptsatz in der Biologie	286
5. Strukturbildung und Zweiter Hauptsatz	288
5.1 Entropie und Unordnung	288
5.2 Entropie und Komplexität	292
5.3 Konservative und dissipative Strukturen	295
6. Hauptsätze und Anfangsbedingungen	298
7. Zusammenfassung und Folgerungen	301
Literaturverzeichnis	304

1. Problemstellung

In der Diskussion um die Entstehung und Entwicklung des Lebens findet sich sehr häufig das Argument, daß eine biologische Evolution (Höherentwicklung, Höherstrukturierung, Zunahme von Komplexität, Ordnung) dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik widerspräche. Dieser lehre, daß Materie „von selber“ immer nur chaotischer, weniger geordnet werde.

So schreibt WILDER SMITH (1978):

„Wie kann Materie sich selbst zu einer Maschine organisieren, wenn sie selber keinerlei Projekte (die Basis einer Maschine) kennt? An diesem Punkt kommt der Neodarwinismus frontal in Kollision mit dem zweiten thermodynamischen Hauptsatz, welcher lehrt, daß Materie, sich selbst überlassen, sich nicht organisiert. In geschlossenen Systemen nimmt Entropie oder Unordnung zu, was nicht ganz das gleiche ist wie die Behauptung, daß rohe Materie Maschinen und Mechanismen baut. Der Neodarwinismus steht bezüglich Selbstorganisation der Materie ohne theoretische Basis da.“

Von anderer Seite wird sogar die Anwendbarkeit des 2. Hauptsatzes für biologische Systeme bezweifelt (PLANCK 1944).

Die wohl überwiegende Zahl der Naturwissenschaftler teilt heute diese Meinungen nicht:

„Lange Zeit glaubte man, die Existenz des Lebens und die biologische Evolution stünden im Widerspruch zum 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Heute wissen wir es besser [...]“ (STIERSTADT 1978).

Die Probleme sind damit allerdings keineswegs erledigt. Wie eine genauere Diskussion zeigt, sind die Zusammenhänge zwischen Energie, Entropie, Ordnung, Organisation, Strukturbildung, Information usw. bei weitem nicht abschließend geklärt. Insbesondere kann auch eine Evolution im Sinne einer Selbstorganisation von Materie heute keineswegs als naturwissenschaftlich „bewiesen“ angesehen werden.

Die vorliegende Arbeit versucht, durch Begriffsklärungen einige Mißverständnisse rund um die thermodynamischen Hauptsätze auszuräumen und noch offene Probleme klar zu markieren. Dabei wird auch versucht, die Tragweite und Grenzen der Hauptsätze möglichst umfassend darzustellen.

Der Text wird nicht überall die gewünschte Ausführlichkeit haben. Mit den umfangreichen Literaturangaben sollte aber für jeden Interessierten eine Weiterarbeit und Vertiefung möglich sein.

2. Prozesse der Strukturverwischung und der Strukturbildung

Bevor hier nun der Aussagegehalt der thermodynamischen Hauptsätze im Detail diskutiert wird, sollen einige anschauliche (nicht-biologische) Bei-

spiele vorgestellt werden, die zeigen, daß mit fortschreitender Zeit beides eintreten kann:

- eine Strukturverwischung (wachsende Unordnung) oder aber
- eine Strukturbildung (wachsende Ordnung).

Bei den Begriffen „Ordnung“, „Unordnung“ wird zunächst nur an das intuitive Verständnis appelliert (Einzelheiten finden sich z. B. bei HAKEN 1977). Die genauere Diskussion von „konservativen“ und „dissipativen“ Strukturen wird in Abschnitt 5.3 (S. 295) aufgenommen.

2.1 Beispiele für Strukturverwischung

1. Ein roter Tintentropfen fällt in ein Glas Wasser. Die Kontur des Tropfens verschwindet, das System nimmt nach und nach eine einheitliche rosa Farbe an.
2. Ein Himmelsschreiber schreibt einen Text. Nach einiger Zeit verwischen die Buchstaben.
3. Zwei verschiedene Gase sind in einem Behälter durch eine Wand getrennt. Nach Wegnahme der Wand vermischen sich die Gase und damit ihre vorher räumlich getrennten Eigenschaften (Dichte, Farbe u. a.).
4. Zwei verschieden heiße Metallstücke werden in Kontakt gebracht. Im Laufe der Zeit nehmen beide Stücke dieselbe Temperatur an. Der ursprünglich ausgeprägte Temperatursprung an der Kontaktfläche verschwindet.
5. Ein fahrendes Auto wird gebremst und kommt zum Stehen. Die kinetische Energie des Wagens, die im wesentlichen in dem einen Freiheitsgrad der Translation (Fortbewegung) steckte, wird auf die sehr vielen Freiheitsgrade der ungeordneten Atomschwingungen in den Bremsen (Wärme!) verteilt (Verschleiß von Energie, Dissipation).

2.2 Beispiele für Strukturbildung (konservative Strukturen)

1. Bei sinkender Temperatur entsteht (in einem geeigneten Druckbereich) aus Wasserdampf zunächst Wasser, dann Eis (Phasenübergänge). Die atomaren Bindungen im Eis („Wasserstoffbrücken“) zeigen ausgeprägte räumliche Vorzugsorientierungen und damit Ordnung. In den hexagonalen Schneekristallen ist dies unmittelbar zu sehen.
2. Aus übersättigten Lösungen oder aus sich abkühlenden Schmelzen bilden sich Kristalle.
3. Ferromagnetismus: Unterhalb einer kritischen Temperatur entsteht bei ferromagnetischen Substanzen (z. B. Eisen, Nickel, Kobalt) sprunghaft eine sehr hohe Magnetisierung. Dies rührt her von einer weitgehenden

Parallelisierung der vorher orientierungsungeordneten Elementarmagnete (*Spins*).

4. Supraleitung: Unterhalb einer (niedrigen) kritischen Temperatur verschwindet der elektrische Widerstand mancher Metalle abrupt. Die Elektronen ordnen sich dabei zu Elektronen-Paaren (*COOPER-Paare*).
5. Eine Öl-Wasser-Mischung entmischt sich mit der Zeit und bildet eine scharfe Trennfläche aus (MEIXNER 1976).
6. Eine periodische Wärmekraftmaschine (z. B. eine Dampfmaschine) wandelt einen Teil der Wärmeenergie in kinetische Energie um. Die auf viele Bewegungsfreiheitsgrade der Atome im Gas statistisch verteilte Energie wird teilweise auf den Freiheitsgrad der gerichteten Kolbenbewegung umverteilt.

2.3 Beispiele für Strukturbildung (*dissipative Strukturen*)

1. Ein Laser ist eine spezielle Lichtquelle, die bei Energiezufuhr elektromagnetische Energie in Form von Licht (bzw. beim Maser als Mikrowellen) abgibt. Bei geringer Energiezufuhr (*Pumpen*) arbeitet der Laser ähnlich einer Glühlampe: Es werden Wellenzüge in statistischer (zeitlich ungeordneter) Folge ausgesandt. Ab einer kritischen Energie entsteht plötzlich ein Wellenfeld hoher Ordnung: Die Atome schwingen „im Takt“ und erzeugen Lichtwellen (sog. stimulierte Emission) hoher zeitlicher und räumlicher Ordnung (*Kohärenz*), die man optisch leicht nachweisen kann (siehe auch Abschn. 5.3, S. 295).

Dieses Ordnungsphänomen findet man nicht nur bei künstlich hergestellten Lasern, sondern zum Beispiel auch bei natürlichen H_2O -Masern in interstellaren Molekülgaswolken (BETTWIESER 1978).

2. BENARD-Instabilität: Zwischen zwei horizontalen parallelen Platten befindet sich eine Flüssigkeitsschicht. Die untere Platte wird geheizt und damit eine Temperaturdifferenz zwischen den Platten aufrechterhalten. Bei geringen Heizraten tritt die übliche Wärmeleitung durch die unbewegte Flüssigkeit auf. Bei wachsender Heizrate schlägt der Prozess plötzlich in eine konvektive Wärmeströmung um. Dabei ordnen sich die Flüssigkeitsteilchen zu rotierenden Walzen oder hexagonalen Zellen (s. z. B. HAKEN 1977; STIERSTADT 1978).
3. Oszillierende chemische Reaktionen: Manche chemische Reaktionen zeigen – beginnend in einer homogenen Lösung – überraschende zeitlich und räumlich periodische Oszillationen (Farbumschläge). Das bekannteste Beispiel ist die BELUSOW-ZHABOTINSKY-Reaktion (s. z. B. EBELING 1976). Hier macht ein Reaktionsgemisch aus Kaliumbromat, Malon- oder Brom-Malonsäure und Cersulfat bei 25°C eine zyklisch katalysierte Re-

aktion, bei der ein periodischer Farbumschlag rot-blau (Überschuß von Ce^{3+} bzw. Ce^{4+}) beobachtet wird. Dieser Wechsel hält längere Zeit an.

3. Grundbegriffe der Thermodynamik

Im folgenden soll der Aussagegehalt der thermodynamischen Hauptsätze diskutiert werden. Daraus ergibt sich ein Verständnis für ihre Tragweite in bezug auf Strukturbildungsprozesse. Als Vorbereitung soll zunächst ganz knapp die begriffliche Struktur der Thermodynamik skizziert werden. Diese Darstellung kann natürlich kein Lehrbuch der Thermodynamik ersetzen! Für detaillierte Begründungen wird besonders auf die Werke von FALK & RUPPEL 1976, KELLER 1977, REIF 1965; 1975, KITTEL 1969; 1973 und KITTEL & KROEMER (1993) verwiesen. In diesen Büchern sind die begrifflichen Grundlagen besonders sorgfältig dargestellt.

Die klassische Thermodynamik ist eine makroskopische phänomenologische Theorie der Materie, die auf wenigen Postulaten (*Hauptsätzen*) ruht. Sie betrachtet die Materie als Kontinuum und verwendet ohne Bezug auf die Atomistik physikalische Größen, die durch Meßvorschriften gegeben sind.

Demgegenüber versucht die statistische Thermodynamik (*Statistische Mechanik, Statistik*) die Eigenschaften materieller Systeme aus deren Aufbau aus Teilchen (Atomen, Molekülen) zu beschreiben. Eine vollständige mechanische Beschreibung von ca. 10^{24} wechselwirkenden Teilchen ist allerdings hoffnungslos kompliziert und sowohl praktisch als auch theoretisch nicht möglich. Dagegen bieten sich bei so großen Zahlen statistische Methoden geradezu an (Einführung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs, Mittelwert- und Streuungsberechnungen). Damit gelangt die statistische Thermodynamik zu den Aussagen der phänomenologischen Thermodynamik und zu vielen weiteren Einsichten über den Zusammenhang zwischen mikroskopischem Aufbau und makroskopischen Eigenschaften.

3.1 Thermodynamische Variable; Zustand

In der phänomenologischen Thermodynamik sind die grundlegenden Größen zur Beschreibung die thermodynamischen *Variablen*, wie z. B. Druck, Temperatur, Volumen, Energie, Stoffmenge usw.

Der *Zustand* von thermodynamischen Systemen (s. u.) wird durch solche Variable charakterisiert. Besonders wichtig sind die sogenannten *Zustandsvariablen* (Zustandsgrößen), deren Wert unabhängig davon ist, wie das System in den betrachteten Zustand gelangt ist (Beispiel: Volumen, Temperatur; Gegenbeispiel: Wärme; siehe Anm. 2, S. 263).

Es ist eine Erfahrungstatsache, daß jede Zustandsvariable bei einer Vervielfachung des Systems entweder proportional zur Stoffmenge wächst („extensiv“) oder aber konstant bleibt („intensiv“). *Extensive Variable* („wieviel?“) sind z. B. das Volumen, die Energie, die Entropie, die elektrische Ladung. Sie sind einfach bilanzierbar. *Intensive Variable* („wie stark?“) sind z. B. der Druck und die Temperatur (vgl. KELLER 1977; zur präziseren Definition s. FALK & RUPPEL 1976).

Von besonderer Bedeutung sind *Gleichgewichtszustände*. Sie lassen sich durch einige wenige, zeitlich konstante Variable beschreiben. Isoliert man ein System, das im thermodynamischen Gleichgewicht ist, von seiner Umgebung, so treten im System dadurch keine Änderungen auf. Gleichgewichtszustände sind durch Extremalwerte bestimmter Funktionen charakterisiert (siehe Abschn. 4.2.1, S. 266).

Beispiele: Ein rein mechanisches System (z. B. ein Pendel) hat im Gleichgewicht minimale Energie; eine Gasmenge bei konstanter Temperatur und konstantem Druck hat im Gleichgewicht ein Minimum der „Freien Enthalpie“.

Wird ein System von Strömen durchsetzt (z. B. Wärmeströme, Materieströme), so ist es nicht im Gleichgewicht. Als wichtiger Sonderfall kann ein stationärer Prozeß vorliegen (üblicherweise als *stationärer Zustand* bezeichnet). Hier sind die Extensivgrößen zeitlich konstant. Intensivgrößen sind unter Umständen nicht mehr für das ganze System definierbar, sondern nur noch lokal.

Beispiel: Durch das System „Ziegelstein“ in der Außenwand eines beheizten Hauses fließt ein stationärer Wärmestrom nach außen. Volumen, Energie usw. des Ziegelsteins sind zeitlich konstant. Eine einheitliche Temperatur läßt sich aber nicht angeben: innen ist die Temperatur höher als außen. Erst eine Wärmeisolation würde den Ziegelstein in einen Gleichgewichtszustand (mit bestimmter Temperatur) überführen.

Isoliert man also ein System in einem stationären Zustand von der Umgebung, so werden im allgemeinen Prozesse einsetzen, welche das System in einen Gleichgewichtszustand bringen. Ein stationärer Zustand in Gleichgewichtsnähe (s. GLANSDORFF & PRIGOGINE 1971) ist ebenfalls durch ein Extremalprinzip charakterisiert (Minimum der Entropieproduktion).

Die Beschreibung allgemeiner *Nichtgleichgewichtszustände* ist sehr viel schwieriger. Man benötigt viele Variable, die orts- und zeitabhängig werden.

Beispiele: Abkühlung einer Schmelze; turbulente Strömungen; schnelle chemische Reaktionen wie z. B. Explosionen.

Bei langsamen Prozessen versucht man, das System in kleine Teilsysteme zu zerlegen, die näherungsweise im Gleichgewicht sind. Dies ist bei schnellen Prozessen oft nicht mehr möglich. Hier kann selbst die Kontinuumsnäherung versagen, und man muß in „kinetischen Theorien“ die atomistische Struktur der Materie explizit berücksichtigen.

3.2 Thermodynamische Systeme

Manche Formulierungen der thermodynamischen Hauptsätze sind nur für bestimmte Typen von thermodynamischen Systemen gültig. Deshalb ist es notwendig, den Begriff des *thermodynamischen Systems* zu kennen und die damit zusammenhängenden Klassifizierungen.

Im Sinne von W. SCHOTTKY (s. z. B. KELLER 1977:9) ist ein *thermodynamisches System* eine abgegrenzte (oder abgegrenzt gedachte) Menge Materie, welche mit ihrer Umgebung nur dadurch in Wechselwirkung steht, daß sie Arbeit, Wärme und Masse austauscht. *Austausch* meint dabei zusammenfassend *Zufuhr ins System* oder *Abfuhr aus dem System*. Aus dieser Definition folgt eine Klassifizierung und Benennung von Systemen in Abhängigkeit davon, welche der Größen Arbeit, Wärme und Masse (besser: Stoffmenge) mit der Umgebung (also einem zweiten System) ausgetauscht werden. Dies zeigt die folgende Tabelle (KELLER 1977:9.141):

Benennung des thermodynamischen Systems	Austausch von		
	Arbeit	Wärme	Masse
isoliert (<i>abgeschlossen</i>)	—	—	—
wärmeisoliert (adiabatisch)	ja	—	—
arbeitsisoliert	—	ja	—
masseisoliert (<i>geschlossen</i>)	ja	ja	—
offen	ja	ja	ja
offen, arbeitsisoliert	—	ja	ja

Weitere denkbare Kombinationen des Austausches sind quasistatisch (s. u.) nicht realisiert, da ein Massenaustausch ohne Wärmeaustausch nicht möglich ist. Häufig werden Systeme zusätzlich durch die Konstanz gewisser weiterer Variabler charakterisiert (konstante Temperatur, konstanter Druck). Das *isolierte* (abgeschlossene) System ist eine nützliche Idealisierung. Eine angenäherte Realisierung ist zum Beispiel eine Flüssigkeit in einer Thermoskanne.

Das *wärmeisolierte* System spielt bei der Diskussion des 2. Hauptsatzes eine wesentliche Rolle, da ohne Wärmeaustausch auch kein Entropieaustausch stattfindet. Eine Wärmeisolation kann realisiert sein (1) durch schlecht wärmeleitende Wände; (2) in Prozessen, die schnell ablaufen im Vergleich zur Dauer des Wärmeaustausches (adiabatische Kompression bei Schallwellen; adiabatische Expansion von Wolken; mit wachsendem Volumen wird ja das Oberflächen/Volumen-Verhältnis ungünstiger und damit der Wärmeaustausch langsamer).

Geschlossene (nicht: abgeschlossene) Systeme sind der Hauptanwendungsbereich der klassischen Thermodynamik. Hierher gehören vor allem die Wärmekraftmaschinen. Die interessierenden biologischen Systeme gehören wegen ihres Stoffwechsels ausdrücklich zu den *offenen* Systemen. Die ther-

modynamische Theorie offener Systeme bringt eine Fülle von zusätzlichen Problemen mit sich.

Neben der hier vorgestellten und verwendeten (gängigen) Definition des thermodynamischen Systems gibt es detailliertere und abstraktere Definitionen, die Systeme erklären durch die zur Beschreibung verwendeten Variablen (Druck, Volumen, Temperatur, Energie, Entropie, Stoffmenge (Teilchenzahl), Impuls, Drehimpuls, Ladung usw.) und die sie verknüpfenden, vollständig charakterisierenden Funktionen (GIBBS-Funktion¹).

Hier zeigt sich deutlich der Modellcharakter thermodynamischer Systeme (FALK & RUPPEL 1976:130): Ein Objekt der Physik kann auf viele verschiedene Weisen als thermodynamisches System modelliert werden, je nachdem, wie viele und welche Variable zur Beschreibung verwendet werden. Dies hängt aber entscheidend vom Interesse, den Vorkenntnissen, der Zielsetzung und evtl. auch den experimentellen Möglichkeiten des Naturwissenschaftlers ab.

Im gleichen Sinne betont JAYNES (1965), daß Fragen nach dem thermodynamischen Verhalten von biologischen Systemen erst sinnvoll werden, wenn wir sagen, *welche* thermodynamischen Variablen wir verwenden wollen.

3.3 Prozesse und Prozeßrealisierungen

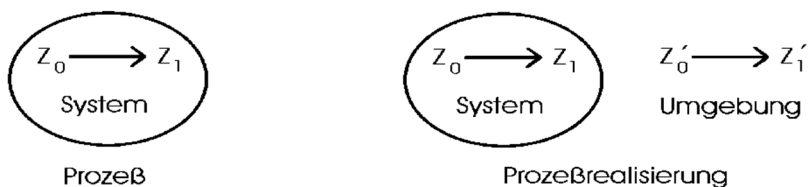
Aufgrund der vorangegangenen Definition des Zustandes ist jeder physikalische *Vorgang* eine Änderung eines Zustandes. Vorgänge sind allgemein *Übergänge zwischen Zuständen* oder eine *Folge von Zuständen* oder *Zustandsänderungen*. Betrachtet man nur stetige Vorgänge, so spricht man auch von *Prozessen*.

¹ Eine GIBBS-Funktion ist z. B. die Gesamtenergie als Funktion aller unabhängigen extensiven Variablen. Andere GIBBS-Funktionen sind die bekannten „thermodynamischen Potentiale“ Freie Energie, Freie Enthalpie u. a. (FALK & RUPPEL 1976; FALK 1968). Mit dem Zustandsbegriff läßt sich ein System hier als eine *Gesamtheit von Zuständen* bezeichnen. Ein System ist charakterisiert durch alle Werte und Wertekombinationen, welche die Variablen annehmen können. Offene Systeme unterscheiden sich von geschlossenen hier lediglich dadurch, daß zusätzlich eine Stoffmengenvariable (Teilchenzahlvariable) auftritt. Systeme gehören zur selben Klasse, wenn sie durch dieselben unabhängigen Variablen beschrieben werden. Systeme sind gleich, wenn sie dieselbe GIBBS-Funktion besitzen. Der Begriff *System* umfaßt hier also mehr als eine individuelle Menge Materie.

Solche „gleichen“ Systeme können sich natürlich in all denjenigen Details unterscheiden, die nicht durch die GIBBS-Funktion erfaßt werden.

Beispiel: Die elektrische Energie aller Kondensatoren wird durch die Variablen Ladung und Kapazität gleich beschrieben. Hinsichtlich der mechanischen und thermischen Eigenschaften können sich die Kondensatoren aber durchaus unterscheiden: Die GIBBS-Funktionen werden dann unterschiedlich, wenn man weitere Variable (mechanische Spannung, Dehnung, Temperatur) einführt.

Ein Prozeß ist nach FALK & RUPPEL (1976) vollständig charakterisiert durch die Angabe der Werte der Variablen des betrachteten Systems im Anfangs- und im Endzustand. Sind Anfangs- und Endzustand gleich, so spricht man von einem Kreisprozeß. Beobachtet (bzw. gemessen) werden strenggenommen immer nur Prozesse und nicht Zustände. Jede Messung bedeutet ja eine Wechselwirkung mit dem zu messenden System und bewirkt damit eine (wenn auch oft geringe) Zustandsänderung. Wie die folgenden Beispiele verdeutlichen, läßt sich ein bestimmter Prozeß oft auf verschiedene Weise realisieren. Für ein tieferes Verständnis ist es deshalb nützlich (aber nicht allgemein üblich), zwischen den Begriffen *Prozeß* und *Prozeßrealisierung* deutlich zu unterscheiden. Während beim Prozeß nur angegeben wird, welche Werte die Variablen des untersuchten Systems im Anfangs- und Endzustand haben, macht man bei der Prozeßrealisierung Angaben, *wie* oder *wodurch* sich die Systemvariablen ändern. Dies kann durch Spezifikation einer Apparatur geschehen. Allgemeiner gesagt wird bei der Prozeßrealisierung zusätzlich angegeben, wie die Umgebung mit dem betrachteten System wechselwirkt, wie sich also die Variablen der anderen, mit dem System wechselwirkenden Systeme bei dem Prozeß ändern. Die folgende Skizze soll dies verdeutlichen (mit Z werden alle Variablen zusammengefaßt, die den Zustand charakterisieren).



Beispiele:

1. Ein System durchläuft einen Prozeß, bei dem die Temperatur am Ende einen höheren Wert hat. Die Prozeßrealisierung kann etwa darin bestehen, daß im System eine Verbrennungsreaktion abläuft. Dabei wird Entropie erzeugt (s. u.) und die Temperatur erhöht. Ist das System wärmeisoliert, so bleibt die Umgebung unverändert. Die Prozeßrealisierung desselben Prozesses kann aber auch darin bestehen, daß man dem System Wärme (und damit Entropie) zuführt und dadurch die Temperatur um denselben Betrag erhöht wird. Hier ist das System *Umgebung* beteiligt, dessen Variable *Energie* am Ende des Prozesses einen geringeren Wert hat.
2. Ein Prozeß bestehe in einer Volumenvergrößerung (Expansion) eines Gases. Die Prozeßrealisierung kann so geschehen, daß das Gas in ein größeres evakuiertes Gefäß strömt. Die Expansion kann aber auch durch Verschieben eines Stempels zustandekommen. Nur im letzteren Fall leistet das Gas Arbeit und verändert damit die Umgebung durch Energieabgabe.

Eine wichtige Idealisierung von Prozessen sind *quasistatische Prozeßrealisierungen*. Darunter versteht man Prozesse, die so langsam ablaufen, daß sie

als Folge von Gleichgewichtszuständen betrachtet werden können. Alle *natürlichen Prozesse*, vor allem die schnellen, durchlaufen Nichtgleichgewichtszustände.

Es ist wichtig zu wissen, daß die bekannte klassische Thermodynamik sich nur mit solchen Naturvorgängen beschäftigt, die als quasistatisch angenähert werden können. Damit lassen sich vor allem die Gleichgewichtseigenschaften der Materie beschreiben: Beziehung zwischen den thermodynamischen Variablen und den daraus abgeleiteten Größen, wie Wärmekapazitäten, Kompressibilitäten, Ausdehnungskoeffizienten usw. Man spricht von *Thermostatik*, um anzudeuten, daß hier die Zeit nicht explizit vorkommt.

Die Thermostatik ist eine abgeschlossene Theorie für die *quasistatisch-reversiblen* Prozesse (siehe Abschn. 4.2.1, S. 266); die *quasistatisch-irreversiblen* Prozesse und die natürlichen Prozesse sind Gegenstand der *irreversiblen Thermodynamik* oder, allgemeiner, der *Thermodynamik der Vorgänge*.

Diese Thermodynamik der Vorgänge begann um 1930 (also später als die Quantentheorie!) mit der Formulierung systematischer Zusammenhänge bei den „klassischen“ irreversiblen Prozessen Wärmeleitung, Diffusion und innere Reibung. Sie ist auch heute noch keineswegs abgeschlossen und wird von verschiedenen „Schulen“ weiterentwickelt. Besonderes Interesse hat im letzten Jahrzehnt die Entdeckung allgemeiner Prinzipien bei Fern-Gleichgewichtsprozessen gefunden (*order through fluctuations*, PRIGOGINE 1979; *Synergetik*, HAKEN 1977; siehe Abschn. 5.3, S. 295).

Wir haben also heute keine „fertige“ Thermodynamik aller natürlichen Prozesse. Dies sollte bei thermodynamischen Argumenten in der Evolutionsdiskussion Anlaß zur Vorsicht sein! Mit Hilfe der eingeführten Begriffe lassen sich nun die Hauptsätze formulieren und ihre Tragweite untersuchen. In der Thermostatik, der statistischen Mechanik und in der Thermodynamik der Vorgänge treten dabei jeweils eigene Aspekte zutage.

4. Die thermodynamischen Hauptsätze

Die klassische phänomenologische Thermodynamik gründet sich auf vier Hauptsätze. In ihnen ist eine sehr große Fülle von Erfahrungen zusammengefaßt und in Form von Postulaten formuliert:

- Der sogenannte *Nullte Hauptsatz* macht Existenzaussagen über die Temperatur bei thermodynamischem Gleichgewicht (s. z. B. KELLER 1977).
- Der *Erste Hauptsatz* macht Aussagen über die Energie.
- Der *Zweite Hauptsatz* macht Aussagen über die Entropie.
- Der *Dritte Hauptsatz* kann als Ergänzung zum Zweiten Hauptsatz angesehen werden. Er macht Aussagen über den Absolutwert der Entropie.

Im folgenden sollen nur Energie- und Entropiesatz näher diskutiert werden. Für die Hauptsätze gibt es mehrere und z. T. recht unterschiedlich klingende Formulierungen. Mit den bisher erläuterten Begriffen läßt sich aber der gemeinsame Aussagegehalt präzise charakterisieren: Die Hauptsätze machen *einschränkende Behauptungen über Prozeßrealisierungen*.

Während die Beschreibung eines Prozesses offen läßt, *wie* die Änderung der Variablen Energie und Entropie realisiert wird, erklären die Hauptsätze gewisse Prozeßrealisierungen für unmöglich. Dies wird in den folgenden Kapiteln formuliert.

Wie bei allen sogenannten Naturgesetzen handelt es sich hier um Erfahrungssätze, die nicht etwa logisch aus anderen Sätzen ableitbar sind (es sei denn aus Erfahrungen, die man als tieferliegend ansieht). Die Hauptsätze haben sich an einem besonders umfangreichen Erfahrungsmaterial bewährt. Insbesondere haben sich auch Prognosen aufgrund der Hauptsätze (z. B. die Voraussage der Existenz von neuen Elementarteilchen) immer wieder als zutreffend erwiesen. Das Vertrauen in die Zuverlässigkeit dieser Sätze ist deshalb überaus groß. Dennoch sind die Gültigkeitsgrenzen der Hauptsätze immer wieder Gegenstand der Diskussion. Wie andere Naturgesetze sind auch die Hauptsätze prinzipiell offen gegenüber neuen Erfahrungen, die dann eine Modifikation notwendig machen könnten.

Im Gegensatz zum 2. Hauptsatz wird der 1. Hauptsatz für Fragen der Strukturbildung und Evolution als unproblematisch angesehen. Wegen seiner grundsätzlichen Bedeutung soll er hier dennoch zunächst besprochen werden.

4.1 Der Erste Hauptsatz (Energiesatz)

4.1.1 Energie in der Thermostatik

Energie tritt in verschiedenen Formen auf: Bewegungsenergie (kinetische Energie), Verschiebungsenergie (potentielle Energie), Kompressionsenergie, Oberflächenenergie, chemische Energie, elektrische Energie, magnetische Energie usw.

Mit der Entdeckung, daß auch Wärme eine Energieform ist, erkannte man, daß die Zustandsgröße *Energie* einem Erhaltungssatz genügt:

Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden.

Dies ist die wohl allgemeinste Formulierung des Ersten Hauptsatzes.

Ausführlicher:

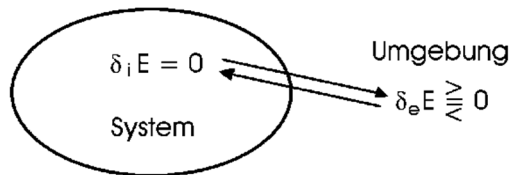
Alle Realisierungen von Prozessen sind unmöglich, bei denen Energie erzeugt oder vernichtet wird.

Das heißt keineswegs, daß sich bei einem Prozeß (Zustandsänderung) eines Systems die Energie nicht ändern darf, sondern lediglich: Jede Energieände-

Die Realisierung eines beliebigen Systems kann nur so realisiert werden, daß Energie mit einem zweiten System ausgetauscht wird (aufgenommen oder abgegeben wird).

Zerlegt man eine Energieänderung dE in einen Anteil $\delta_i E$, der im System erzeugt oder vernichtet wird (Produktionsterm, Quellterm) und in einen Anteil $\delta_e E$, der mit der Umgebung ausgetauscht wird (Flußterm, Austauschterm, *exchange*), so kann man schreiben (siehe. auch Anm. 2, S. 263):

$$\boxed{dE = \delta_i E + \delta_e E} \quad \text{mit} \quad \boxed{\delta_i E = 0}$$



Diese hier sehr formal erscheinende Schreibweise erweist sich beim 2. Hauptsatz als aufschlußreich (vgl. GLANSDORFF & PRIGOGINE 1971).

Es ist nützlich und korrekt, sich die Energie als eine „unzerstörbare“ Substanz vorzustellen, von der gewisse Mengen zwischen Systemen ausgetauscht werden. Es gibt viele solcher mengenartigen Größen in der Physik, mit denen sich leicht umgehen läßt. Für einige gelten ebenfalls Erhaltungssätze (Impuls, Drehimpuls, Ladung), für andere nicht (Volumen, Oberfläche, Teilchenzahl).

Aus der allgemeinen Formulierung des Ersten Hauptsatzes folgen unmittelbar weitere Formulierungen, die sich teilweise auf spezielle Systeme beziehen:

„Es gibt keine Maschine, die dauernd mehr Energie abgibt als sie aufnimmt (*Perpetuum mobile 1. Art*).“

„In einem isolierten (abgeschlossenen) System können nur solche Prozesse stattfinden, bei denen die Energie konstant bleibt.“ Hier gilt:

$$\boxed{dE = 0} \quad \rightarrow \quad \boxed{E = \text{const.}}$$

Falls die Energieform Wärme nicht beteiligt ist, spricht man vom *Energiesatz der Mechanik*.

„In einem geschlossenen System (masseisoliert) ändert sich die Energie durch Austausch von Wärme (Q) und/oder Arbeit (A).“

$$\boxed{dE = \delta Q + \delta A}$$

Arbeit bezeichnet alle Energieformen außer Wärme, die ein geschlossenes System austauschen kann.²

Der Erste Hauptsatz gilt auch für offene Systeme. Eine Darstellung wie oben ist möglich, aber problematisch, da der mit einem Stoffmengenaustausch (Massenaustausch) verbundene Energieaustausch nicht willkürfrei in die Energieformen Wärme und Arbeit zerlegt werden kann (KELLER 1977:37ff).

4.1.2 Energie in der Statistischen Mechanik

Die Statistische Thermodynamik führt den Ersten Hauptsatz auf den Energiesatz der Mechanik zurück. Es war ein Triumph der Mechanik des letzten Jahrhunderts, als es mit der *kinetischen Gastheorie* gelang, Wärme von Gasen rein mechanisch zu „erklären“. Allerdings bestärkte dies auch das Vorurteil, alle physikalischen Vorgänge müßten auf Mechanik zurückgeführt werden.

Die theoretisch-mechanische Betrachtungsweise führte zur Entdeckung eines tiefliegenden Zusammenhangs zwischen Erhaltungssätzen und Symmetrien. So ist zum Beispiel in der physikalischen Zeit kein Zeitpunkt vor dem anderen ausgezeichnet: gestern galten dieselben Grundgesetze wie heute. Diese Symmetrieeigenschaft ist die *Homogenität der Zeit*. Die mechanischen Grundgleichungen (für ein isoliertes System) enthalten deshalb die Zeitkoordinate t nicht (lediglich Zeitableitungen) und ändern ihre Form nicht bei zeitlichen Verschiebungen (*Invarianz, Forminvarianz*). Aus dieser Invarianzeigenschaft läßt sich der Energieerhaltungssatz *ableiten* (NOETHER-Theorem, s. z. B. HUND 1969; SCHMUTZER 1972). In entsprechender Weise folgt aus der Homogenität des Raumes der Impulserhaltungssatz, aus der Isotropie des Raumes (keine Richtung bevorzugt) der Drehimpulserhaltungssatz und aus einer abstrakteren Symmetrie des elektromagnetischen Feldes (*Eichinvarianz*) die Erhaltung der elektrischen Ladung. Die Untersuchung von Symmetrien (und ihrer Verletzungen) ist heute ein zentrales Thema der Elementarteilchenphysik.

Schließlich sei noch erwähnt, daß der Energiesatz im Rahmen der relativistischen Mechanik mit dem Satz von der Massenerhaltung zusammenfällt (wegen $E=mc^2$; m ist die geschwindigkeitsabhängige Masse) und mit dem

² Das Zeichen δ (im Gegensatz zu d) deutet an, daß δQ und δA i. a. keine „vollständigen Differentiale“ sind und daher Q und A keine Zustandsgrößen sind. Sie sind von den beim Wärme- oder Arbeitsaustausch durchlaufenen Zuständen (*Weg*) abhängig. Ein thermodynamisches System enthält zwar eine bestimmte Menge Energie, es ist aber i. a. falsch zu sagen, es enthalte eine bestimmte Menge Wärme oder Arbeit (*Energieform*). Physikalisch unterscheidbare *Energieformen* treten nur beim *Austausch* von Energie auf; Zustände sind hinsichtlich der Energie durch eine einzige Variable charakterisiert. Die hier angesprochenen begrifflichen Schwierigkeiten sind bei FALK & RUPPEL 1976 ausführlich diskutiert.

Impulserhaltungssatz zum Energie-Impulserhaltungssatz zusammengefaßt wird (vgl. C. F. v. WEIZSÄCKER 1970).

4.1.3 Energie in der Thermodynamik der Vorgänge

Die Energie ist auch für jeden Nichtgleichgewichtszustand eine eindeutig definierte Größe. Dies folgt aus der mikroskopischen mechanischen Definition der Energie als Summe von Bewegungs- und Verschiebungsenergie der Atome und Moleküle. Die Energie ist damit letztlich Funktion aller Orts- und Impulskoordinaten der Teilchen des Systems.

Die makroskopische Ausformulierung des Energiesatzes für Prozesse, bei denen Nichtgleichgewichtszustände durchlaufen werden, ist eine schwierige Aufgabe, die noch nicht abschließend gelöst ist (KELLER 1977:57ff).

4.1.4 Zuständigkeitsbereich und Gültigkeitsgrenzen des Energiesatzes

Der Energiesatz gehört zu den am besten gesicherten Sätzen der Naturwissenschaft. Er wird als zuständig und gültig für alle Arten von thermodynamischen Systemen und Prozessen angesehen. Gerade deshalb ist es aber gut, sich auch mögliche Gültigkeitsgrenzen klarzumachen.

Die Gültigkeit des Energiesatzes für sehr komplexe Systeme, also insbesondere für *biologische Systeme* ist heute unbestritten. Mit kalorimetrischen Methoden lassen sich die Energieumsetzungen in Organismen verfolgen. Im Rahmen der Meßgenauigkeit wird dabei die Energieerhaltung bestätigt (LAMPRECHT 1978). Die meßtechnischen Möglichkeiten reichen heute allerdings bei weitem nicht aus, um etwa den Energiehaushalt von einzelnen Mikroorganismen oder von den Modulen (zylinderförmige komplexe Organisationseinheiten aus mehreren tausend Neuronen) im Gehirn (ECCLES & ZEIER 1980) zu untersuchen.

Die Frage nach der Energieerhaltung bei *parapsychologischen Phänomenen* (Materialisationsphänomene, Telekinese) ist offen. Möglicherweise handelt es sich hierbei um seltene Prozeßrealisierungen im Einklang mit dem Energiesatz.

Der statistische Charakter der Quantenmechanik legte die Annahme nahe, daß auch der Energiesatz nur „im statistischen Mittel“ gültig sei (BOHR, KRAMERS & SLATER 1924). Experimente ergeben aber, daß der Energiesatz auch für mikroskopische Einzelprozesse (z. B. für Stoßprozesse von Elementarteilchen) streng gültig ist.

Eine Grenze ist aber durch die *HEISENBERGSche Unbestimmtheitsrelation* für die Energieunbestimmtheit und die Meßdauer (oder Lebensdauer eines Teilchens, Zustandes) gegeben. Aus dem Welle-Teilchen-Dualismus folgt eine Verknüpfung von Teilchenenergie und Frequenz der Materiewelle. Nun ist bereits in der klassischen Physik eine Frequenz bei (hinreichend) kurzer Be-

obachtungs- oder Meßzeit gar nicht mehr genau definiert. In der Quantenmechanik ist damit eine *Energieunbestimmtheit* verbunden.

Diese Unbestimmtheit ermöglicht z. B., daß Teilchen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit Energiebarrieren „unerlaubt“ überwinden (*durchtunneln*) können (α -Zerfall). Strenggenommen liegt hier nicht eine Verletzung des Energiesatzes vor, sondern eine Grenze seiner Anwendbarkeit (Zuständigkeit): Wo die Energie gar nicht scharf definiert ist (wie während der kurzen Zeit des Durchtritts durch eine Energiebarriere), läßt sich über Energieerhaltung gar nichts aussagen (C. F. v. WEIZSÄCKER 1970). Vor und nach der Barriere ist die Energie bestimmt und die Energiebilanz für jeden Einzelprozeß korrekt.

Bei der Diskussion der *kosmischen Gültigkeit* des Energiesatzes muß die Laborerfahrung weit extrapoliert werden. So ist die Frage der Gültigkeit bei Prozessen mit extremen Nichtgleichgewichtszuständen (z. B. im Kerngebiet mancher Galaxien) offen (KELLER 1977:64).

Die Formulierung eines *universalen* (Gegensatz: lokalen) Energieerhaltungssatzes macht Schwierigkeiten in der für die Kosmologie zuständigen EINSTEINschen Allgemeinen Relativitätstheorie und scheint nur unter speziellen Annahmen möglich (SCHMUTZER 1972, 1973). Dies ist insoweit einsichtig, als die massenbedingte, von Punkt zu Punkt unterschiedliche Krümmung der Raum-Zeit deren Homogenität (und Isotropie) verletzt.

Gerade bei den vieldiskutierten kosmologischen Urknall-Modellen ist die Homogenität der Zeit nicht gesichert („Anfang“), und daher der Energiesatz möglicherweise zu Beginn nicht gültig. Auch kosmologische Modelle, welche *Materieerzeugung* (und damit Energieerzeugung) postulieren, können nicht von vornherein ausgeschlossen werden.³

Die weitere Diskussion muß hier den Spezialisten überlassen werden. Es wurde aber wohl deutlich, daß in Grenzbereichen auch so grundlegende Prinzipien wie der Energiesatz nicht mit Selbstverständlichkeit als anwendbar und gültig vorausgesetzt werden dürfen.

Schließlich noch eine Vermutung: Nach dem Zeugnis der Christen redet und handelt Gott konkret in Raum und Zeit. Nimmt man das Reden Gottes so real, daß dadurch – anders als durch menschliches Reden – bestimmte Zeitpunkte auch physikalisch vor anderen ausgezeichnet werden (*Kairos*), so wird dadurch die Homogenität der Zeit eingeschränkt. Damit entfällt

³ Ein spezielles und interessantes kosmologisches Modell wird von B. PHILBERTH (1976; 1980) und K. PHILBERTH (1977) diskutiert. Hier wird gezeigt, wie Materie-Neuentstehung unter strikter Einhaltung lokaler und universaler Energieerhaltung denkbar ist. Es bleibt zu fragen, ob die dabei vorgenommene Erweiterung der EINSTEINschen Feldgleichungen den Beobachtungsdaten standhält.

aber die Voraussetzung für eine durchgängige Gültigkeit des Energieerhaltungssatzes (s. Abschn. 4.1.2, NOETHERSches Theorem, S. 263). Hier könnte eine neue Möglichkeit liegen, den physikalischen Aspekt mancher Wunder (Materiewunder) zu verstehen.

4.2 Der Zweite Hauptsatz (Entropiesatz)

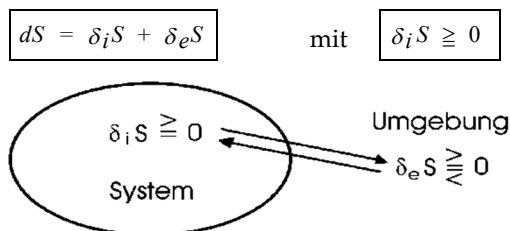
In entsprechender Weise wie der Erste Hauptsatz soll nun der 2. Hauptsatz besprochen werden. Dabei sollen sowohl die gemeinsamen Merkmale als auch die gravierenden Unterschiede deutlich werden.

4.2.1 Entropie in der Thermostatik

Beim Austausch von Energie (in einer bestimmten Form) zwischen Systemen wird immer eine weitere extensive (meist mengenartige) Größe *mit ausgetauscht*: Mit einem Austausch von Bewegungsenergie ist eine Impulsänderung verbunden, mit einem Austausch elektrischer Energie eine Ladungsänderung usw. In Analogie dazu wird nun auch für den Austausch der Energieform *Wärme* eine mengenartige mitausgetauschte Größe angenommen: die *Entropie* (S). Jeder Wärmeaustausch ist von einer Entropieänderung begleitet. Ihre Eigenschaften macht man sich üblicherweise an einem CARNOTschen Kreisprozeß (Folge von isothermen und isentropen Teilprozessen) klar. Durch induktive Verallgemeinerung gelangt man zu dem durch die Erfahrung vielfältig bestätigten 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Seine wohl allgemeinste Formulierung lautet:

Entropie kann niemals vernichtet, wohl aber erzeugt werden (Prinzip der Unmöglichkeit der Entropievernichtung (FALK & RUPPEL 1976).

Häufig wird die Erfahrungstatsache, daß die Entropie eine *Zustandsgröße* ist, ausdrücklich als Teil des 2. Hauptsatzes formuliert. Für die Entropie gilt also im Vergleich zum Energiesatz nur ein „halber Erhaltungssatz“: Lediglich die Entropievernichtung ist verboten. Im Rahmen der Thermostatik geschlossener Systeme (kein Stoffaustausch, quasistatische Prozeßrealisierung) kann man die Entropieänderung eines Systems wie im Falle der Energie in einen Produktionsterm und einen Austauschterm zerlegen (GLANS-DORFF & PRIGOGINE 1971):

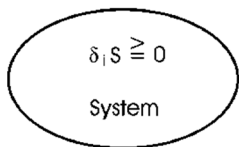


Entscheidend ist, daß der Produktionsterm $\delta_i S$ nicht negativ sein kann.

Für den wichtigen Spezialfall des isolierten (es genügt: wärmeisolierten) Systems folgt

$$dS = \delta_i S \geq 0$$

d. h. die Entropie nimmt (mit der Zeit) zu oder bleibt (im Gleichgewicht) konstant.



Umgebung

$$\delta_e S = 0$$

Diese – in unserem Zusammenhang – spezielle Aussage wird oft ebenfalls als 2. Hauptsatz bezeichnet. Zur klaren Unterscheidung soll dieser

Fall als *Gesetz der Entropiezunahme* bezeichnet werden.

Wie der Erste Hauptsatz ist auch der Zweite eine einschränkende Behauptung über Prozeßrealisierungen:

Alle Realisierungen von Prozessen sind unmöglich, bei denen Entropie vernichtet wird.

Damit ist aber keineswegs ausgeschlossen, daß die Entropie in einem System abnimmt! Es wird lediglich gefordert, daß eine Abnahme nicht durch Vernichtung, sondern durch Abfluß in ein anderes System stattfindet. (*Beispiel*: die Entropie der Sonne nimmt ab [KITTEL 1973]). Entropiezunahme kann dagegen auf zwei Weisen realisiert werden: 1. durch einen Entropiestrom aus einem anderen System, 2. durch Entropieproduktion *im* System.

Nach dieser mehr formalen Diskussion, die einen guten Vergleich mit dem 1. Hauptsatz erlaubt, soll nun eine Veranschaulichung des Entropiebegriffes versucht werden. Dazu werden vor allem weitere Formulierungen des Entropiesatzes gegeben sowie Verknüpfungen mit verschiedenen Eigenschaften von Systemen. Für Begründungen muß wieder auf Lehrbücher verwiesen werden. Im übrigen entsteht das Gefühl der Anschaulichkeit einer physikalischen Größe im Grunde erst durch die Gewöhnung im häufigen Umgang mit dieser Größe!

Die Entropie erweist sich (mit Einschränkungen) als der von CARNOT eingeführte „Wärmestoff“ (*Caloricum*). Tatsächlich ist es richtig, sich die Entropie als eine „Substanz“ vorzustellen, die in Systemen enthalten ist und zwischen Systemen ausgetauscht wird. Allerdings kann diese „Substanz“ in Systemen auch neu produziert werden. So sind z. B. Prozesse der Wärmeleitung, Diffusion, Reibung sowie chemische Reaktionen durch Entropieproduktion charakterisiert. Der Entropiebegriff liegt damit nahe bei unserem vorwissenschaftlichen Wärmebegriff („Ein Körper enthält Wärme“, „Wärme wird durch Reibung erzeugt“). Der heutige (energetische)

Wärmebegriff ist schwieriger handhabbar als der Entropiebegriff (FALK & RUPPEL 1976; JOB 1972; s. Anm. 2, S. 263)!

Die vom Entropiesatz geforderte Einschränkung von Prozeßrealisierungen kommt auch in anderen Formulierungen zum Ausdruck (s. z. B. HEMMINGER & HÖHNE 1979):

„Es ist unmöglich, eine periodisch arbeitende Maschine zu konstruieren, die weiter nichts bewirkt, als Arbeit zu leisten und ein einziges Wärmereservoir abzukühlen“ (Formulierung von THOMSON). Dies ist die Behauptung der Unmöglichkeit eines *Perpetuum mobile 2. Art*.

Beispiel: Ein Schiff kann seine Bewegungsenergie nicht allein durch Abkühlung des Ozeans gewinnen, obwohl dies nach dem Ersten Hauptsatz „erlaubt“ wäre.

„Es ist unmöglich, Wärme von einem kälteren zu einem wärmeren Reservoir zu bringen, ohne in der Umgebung irgendwelche Veränderungen zu hinterlassen“ (Formulierung von CLAUSIUS).

Beispiel: Ein Kühlschranks entzieht dem Kühlgut Wärme und transportiert diese in das wärmere Reservoir „Küche“. Für diesen Prozeß benötigt das System *Kühlschrank + Küche* elektrische Energie von außen. Der umgekehrte Prozeß, Erwärmung des Kühlgutes auf Küchentemperatur, läuft „von selbst“, d. h. er läuft ohne Wechselwirkung mit der Umgebung ab.

Diese beiden angegebenen Formulierungen des 2. Hauptsatzes sind weniger abstrakt und enthalten den Entropiebegriff gar nicht. Es läßt sich aber zeigen, daß sie gerade solche Prozeßrealisierungen, die Entropievernichtung erfordern würden, für unmöglich erklären und mit der zunächst gegebenen Formulierung äquivalent sind.

Entropie als Maß für die Neigung eines isolierten Systems, einen Zustand einzunehmen:

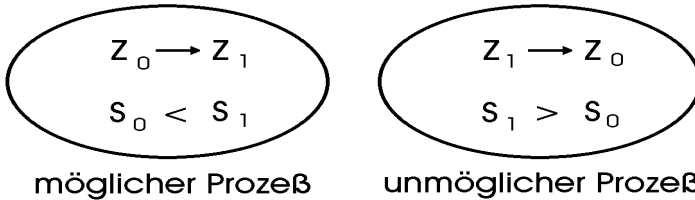
Wenn sich bei einem Prozeß die Entropie ändert, ist noch nicht festgelegt, ob die Änderung durch Erzeugung oder Austausch (oder beides) stattfindet. Erst die Prozeßrealisierung bestimmt dies. Man spricht von *reversiblen* Prozessen (besser Prozeßrealisierungen), wenn keine Entropie produziert wird ($\delta_i S = 0$), andernfalls von *irreversiblen* Prozessen ($\delta_i S > 0$).

Die im Abschnitt 3.3 angeführten Prozeßrealisierungen der Expansion eines Gases (S. 259) sind Beispiele für Irreversibilität und Reversibilität. Man erkennt hieran außerdem, daß im reversiblen Fall Arbeit geleistet wird, also Energie nach außen abgegeben wird. Im (total) irreversiblen Fall bleibt die Energie im System und wird nicht nach außen abgegeben. Energie wird hier vergeudet, *dissipiert*.

Die wörtliche Übersetzung *umkehrbar* für *reversibel* bzw. *nicht umkehrbar* für *irreversibel* gilt für isolierte Systeme: läuft hier ein Prozeß vom Zustand Z_0 zum Zustand Z_1

$$\begin{aligned} Z_0 \rightarrow Z_1, & \quad \text{so wäre der Umkehrprozeß} \\ Z_1 \rightarrow Z_0 & \quad \text{nur dann möglich, wenn } S_0 = S_1, \end{aligned}$$

also keine Entropie erzeugt wird (Folge des 2. Hauptsatzes). Nun sind reversible Prozeßrealisierungen eine Idealisierung, sie können nur angenähert werden. Alle realen Prozesse laufen mehr oder weniger irreversibel ab. Der 2. Hauptsatz wählt also in isolierten Systemen ($dS > 0$) bei Prozeßpaaren den tatsächlich stattfindenden Prozeß und damit die *Richtung* des Vorgangs aus. *In abgeschlossenen Systemen laufen nur solche Vorgänge „von selbst“ ab, bei denen die Entropie zunimmt.*



Die Entropie ist damit ein Maß für die „Realisierungstendenz“ eines Zustandes. „Bei einem in einem (isolierten) System von selbst ablaufenden Vorgang kann das System nur in solche Zustände übergehen, deren Realisierungstendenz größer ist als die des Ausgangszustandes“ (KELLER 1977).

„Irreversible“ Prozesse können durchaus auch umgekehrt werden! Dies ist allerdings nur mit einer *anderen Realisierung*, nämlich durch Wechselwirkung mit der Umgebung möglich.

Beispiel: Zwei verschiedene Gase mischen sich (in einem isolierten Gefäß) „irreversibel“ von selbst unter Entropiezunahme. Eine Entmischung ist bei derselben Anordnung nicht möglich, wohl aber mit geeigneten Filtern und unter Energieaufwand.

Bei *reversibler* Prozeßrealisierung ändert sich die Entropie allein durch Austausch mit der Umgebung. Hier ist

$$dS = \delta_e S = \delta Q / T$$

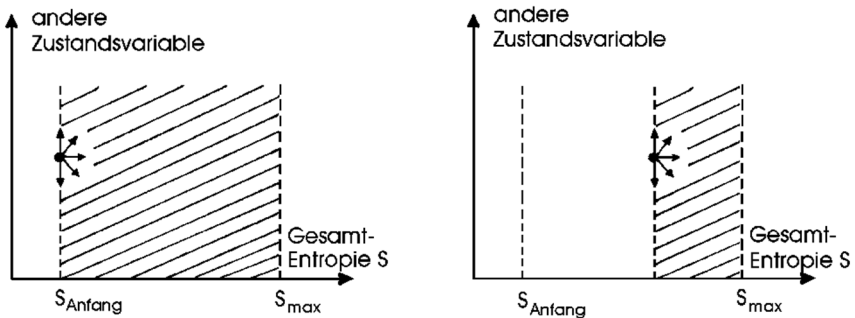
(δQ : reversibel ausgetauschte Wärme; T : absolute Temperatur). Diese Beziehung verknüpft die Entropie mit den Meßgrößen Wärme und Temperatur.

Im irreversiblen Fall ist (wegen $dS = \delta_i S + \delta_e S$)

$$dS > \frac{\delta Q}{T}$$

Ein weiterer, anschaulicher Zugang zum Entropiebegriff liegt in seiner Bedeutung als *Maß für die Arbeitsfähigkeit eines Systems*. Man betrachte ein idealisiertes isoliertes System, z. B. „Kraftwerk + Verbraucher“ (FALK & RUP-

PEL 1976). Im Grenzfall maximaler Entropie (S_{max}) des Systems können keine realen Prozesse mehr ablaufen, insbesondere auch keine Energieumwandlungen. Umgekehrt hat das System bei niedriger Gesamtentropie viele Möglichkeiten, in andere Zustände überzugehen, also insbesondere die den „Verbraucher“ interessierenden Energieumwandlungen durchzuführen (chemische Energie oder Kernenergie \rightarrow Wärme \rightarrow mechanische Energie \rightarrow elektrische Energie \rightarrow usw.). Bei allen Prozessen ist man bemüht, sie möglichst gut reversibel zu realisieren, damit möglichst wenig Energie ungenutzt bleibt. Die Energie eines Systems ist also umso verwendungsfähiger, je geringer die Entropie ist und je besser bei den Prozessen das Ansteigen der Entropie verhindert wird. Die folgenden Abbildungen verdeutlichen durch die Pfeile die Richtungen möglicher Prozesse in einem isolierten System:



Man erkennt deutlich, daß mit wachsender Entropie die Zahl der erreichbaren Zustände abnimmt.

Mit Hilfe des 2. Hauptsatzes lassen sich schließlich wichtige *Extremalprinzipien* für thermodynamische Gleichgewichte aufstellen (z. B. KELLER 1977: 130ff). Systeme sind im Gleichgewicht, wenn gewisse Funktionen einen Extremwert annehmen. *Beispiele* für ein System, das Wärme und Kompressionsarbeit mit der Umgebung austauschen kann (Gas):

Randbedingungen	„thermodynamisches Potential“
$\delta Q = 0$ (wärmeisoliert)	$S \rightarrow$ Maximum
$E = \text{const.}, V = \text{const.}$	$S \rightarrow$ Maximum
$S = \text{const.}, V = \text{const.}$	$E \rightarrow$ Minimum
$T = \text{const.}, V = \text{const.}$	$F = E - TS \rightarrow$ Minimum
$T = \text{const.}, P = \text{const.}$	$G = E + PV - TS \rightarrow$ Minimum

Q: Wärme, E: Energie, S: Entropie, V: Volumen, T: Temperatur, P: Druck, F: Freie Energie, G: Freie Enthalpie

Es ist bemerkenswert, daß die sich einstellenden Gleichgewichte keineswegs immer durch ein Maximum der Entropie des Systems charakterisiert sind!

Bei einem isotherm-isochoren Prozeß ($T = \text{const.}$, $V = \text{const.}$) hat im Gleichgewicht die Freie Energie $F = E - T \cdot S$ ein Minimum. Sie ändert sich gemäß $dF = dE - T \cdot dS$. Eine Abnahme (zum Gleichgewicht hin) kann also durch Energieabnahme und/oder Entropiezunahme des Systems geschehen. Eine Abnahme ist aber auch möglich bei *abnehmender* Entropie, wenn der Term $T \cdot dS$ durch eine Energieabnahme dE überkompensiert wird. Im Gegensatz zu Prozessen in isolierten Systemen braucht hier der Gleichgewichtszustand nicht unbedingt eine höhere Entropie haben als der Anfangszustand!

Damit sei die Skizze der Bedeutung des Entropiebegriffs in der Thermostatik abgeschlossen. Es muß noch erwähnt werden, daß es für den wichtigen Fall offener Systeme heute noch keine allgemein anerkannte mathematische Formulierung des 2. Hauptsatzes gibt. Eine mögliche Form (unter gewissen einschränkenden Annahmen über den Wärme- und Stoffaustausch) findet sich bei KELLER 1977:125ff, 5.

4.2.2 Entropie in der Statistischen Mechanik

Was sagt nun die Statistische Thermodynamik über die Entropie von Systemen im Gleichgewicht? Zum Verständnis müssen hierfür zunächst einige Grundbegriffe (kurz und etwas vergrößert) erläutert werden (s. z. B. REIF 1965; KITTEL 1969): Man unterscheidet bei einem System *Makrozustände* und *Mikrozustände* (besser wäre: *Makro- und Mikrobeschreibung*).

Ein *Makrozustand* ist durch wenige Parameter charakterisiert (Druck, Volumen, Temperatur usw.), die z. B. experimentell vorgegeben sind. Ein *Mikrozustand* ist durch die detaillierte Angabe aller Orts- und Impulskoordinaten der Teilchen bzw. durch die vollständige Charakterisierung des (fast) stationären Quantenzustandes (Energiezustandes) bestimmt. Ein System hat im allgemeinen eine unvorstellbar große Zahl von möglichen Mikrozuständen. Ein bestimmter Makrozustand wird nun durch eine im allgemeinen sehr große Zahl von Mikrozuständen realisiert. Diese Zahl nennt man *Komplexionenzahl* (oder etwas irreführend *thermodynamische Wahrscheinlichkeit*). Zur Veranschaulichung denke man sich ein kleines Modellsystem aus zwei Würfeln, mit denen gewürfelt wird. Als Makrobeschreibung wählen wir die Gesamtaugenanzahl, als Mikrobeschreibung die Angabe der einzelnen Augenzahlen. Das folgende Schema illustriert den Zusammenhang zwischen Makro- und Mikrozustand:

Makrozustand:	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mikrozustand:	(1,1)	(1,2) (2,1)	(1,3) (2,2) (3,1)	(1,4) (2,3) (3,2) (4,1)	(1,5) (2,4) (3,3) (4,2) (5,1)	(1,6) (2,5) (3,4) (4,3) (5,2) (6,1)	(2,6) (3,5) (4,4) (5,3) (6,2)	(3,6) (4,5) (5,4) (6,3)	(4,6) (5,5) (6,4)	(5,6) (6,5)	(6,6)
Zahl der Mikrozu- stände pro Makrozu- stand (Komplexio- nenzahl K):	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1

Erhöht man die Zahl der Würfel, so prägt sich das Maximum der Komplexionenzahl immer schärfer aus.

Während der Messung einer makroskopischen Größe durchläuft das System die vielen, den Makrozustand realisierenden Mikrozustände. Die ermittelte Meßgröße ist also ein zeitlicher Mittelwert.

Für den weiteren Aufbau der Theorie müssen nun *Postulate* eingeführt werden, welche die teilweise Unkenntnis über das System zum Ausdruck bringen. Nach GIBBS bildet man gedanklich ein *Ensemble* von sehr vielen, makroskopisch gleich präparierten Systemen und postuliert:

- 1) Zur Berechnung einer makroskopischen Größe kann der zeitliche Mittelwert durch einen Mittelwert über die Systeme des Ensembles gebildet werden.
- 2) In einem Ensemble aus (thermisch) isolierten Systemen sind alle Mikrozustände (i) gleichwahrscheinlich (für alle i gilt $p_i = p = \text{const.}$).

Diese Postulate kann man sich plausibel machen. (Man bilde z. B. ein Ensemble aus vielen Würfelpaaren.) Die Diskussion ihrer Gültigkeit führt allerdings in viele schwierige Grundlagenprobleme. Letztlich rechtfertigt der Erfolg der Theorie (Übereinstimmung mit dem Experiment) die Postulate.

Jeder Mikrozustand (Energiezustand) läßt sich als Punkt (genauer: kleiner Raumbereich) in einem abstrakten hochdimensionalen Orts-Impulsraum (*Phasenraum*) darstellen. Die damit im zweiten Postulat angenommene regellose (chaotische) Verteilung der Mikrozustände sagt allerdings nichts über die Ordnung *im einzelnen* System aus.

Die wesentliche Aufgabe der Theorie ist es nun zunächst, die Wahrscheinlichkeiten der Mikrozustände (Wahrscheinlichkeitsverteilung) verschiedener anderer Systemtypen zu berechnen. So ergibt sich z. B. für (geschlossene) Systeme im Gleichgewicht und im Wärmekontakt mit einer Umge-

bung konstanter Temperatur T die fundamental wichtige BOLTZMANN-Verteilung

$$P_i = \frac{e^{-E_i / k_B T}}{\sum_i e^{-E_i / k_B T}} \quad (E_i: \text{Energien eines Systems, } k_B: \text{BOLTZMANN-Konstante}).$$

Kennt man die p_i , so lassen sich nun die Mittelwerte von Meßgrößen berechnen. Insbesondere ergibt sich durch Vergleich mit der phänomenologischen Gleichgewichtsthermodynamik (Thermostatik) für den Mittelwert der Entropie (s. z. B. REIF 1965)

$$S = -k_B \sum_i p_i \ln p_i.$$

Diese Formel vereinfacht sich für (adiabatisch) isolierte Systeme (alle $p_i = p = \frac{1}{K}$; $i = 1, \dots, K$) zu

$$S = k_B \ln K.$$

K ist die *Komplexionenzahl*, die angibt, durch wieviele Mikrozustände ein Gleichgewichtsmakrozustand realisiert werden kann.

In einem isolierten System ist die Entropie also (bis auf die BOLTZMANN-Konstante) der Logarithmus der Zahl der möglichen Mikrozustände. Möglich bedeutet dabei: verträglich mit der festgelegten Energie und Stoffmenge.

In dem Würfelbeispiel ist der „Gleichgewichtsmakrozustand“ die Gesamtanzahl 7. Die zugehörige Komplexionenzahl hat den Wert 6.

Je größer K und damit auch die Entropie ist, desto wahrscheinlicher liegt der zugehörige Makrozustand vor: Beim ständigen Durchspielen aller (gleichwahrscheinlichen) Mikrozustände kommt derjenige Makrozustand mit dem größten K am häufigsten vor, er ist am wahrscheinlichsten. Bei realen Systemen im Gleichgewicht ist das Maximum von K ungeheuer viel schärfer ausgeprägt als in dem Würfelspiel, so daß praktisch fast alle Mikrozustände zu demselben Makrozustand (dem Gleichgewichtszustand) gehören.

Kleine Abweichungen (Schwankungen, Fluktuationen) sind möglich, aber im allgemeinen selten. Nimmt die Entropie eines Systems zu, so geht es in einen Zustand mit mehr mikroskopischen Realisierungsmöglichkeiten, also in einen wahrscheinlicheren Zustand über. Dies ist der oft zitierte Zusammenhang zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit.

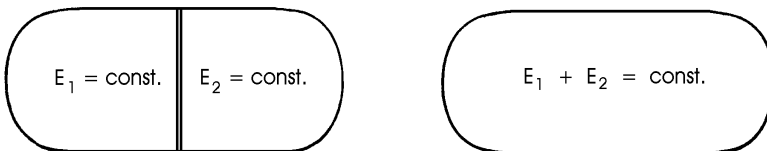
Im Rahmen der Statistischen Thermodynamik wird jetzt das Gesetz von der Entropiezunahme ein beweisbarer Satz unter Verwendung der genannten Postulate⁴. Beim Beweis muß man sich allerdings erinnern, daß alle Aussagen für den Mittelwert (Erwartungswert) der Entropie gelten. Die beobachtete (gemessene) Entropie schwankt um diesen Mittelwert, muß also auch in isolierten Systemen nicht immer monoton zunehmen. Da aber der Mittelwert zunimmt, ist die „Tendenz“ zunehmend. KITTEL (1973) formuliert: „Die Entropie eines abgeschlossenen Systems neigt dazu, konstant zu bleiben oder zuzunehmen.“

Die Statistische Mechanik schwächt den Satz von der Entropiezunahme (und damit den 2. Hauptsatz) ab: Er gilt – im Gegensatz zum 1. Hauptsatz – nur „im statistischen Mittel“. Mit dem Wahrscheinlichkeitsbegriff kann man auch formulieren: „Ein abgeschlossenes System neigt dazu, den wahrscheinlichsten Zustand anzunehmen.“

⁴ Der Grundgedanke des Beweises ist einfach (KITTEL 1973:85ff): Man betrachte ein isoliertes System im Gleichgewicht, das aus zwei isolierten Teilsystemen mit den Energien E_1 und E_2 besteht. Die Entropie ist durch die Komplexionenzahlen $K_1(E_1)$ und $K_2(E_2)$ gegeben:

$$S_{1,2} = k_B \ln(K_1 \cdot K_2) = k_B \ln K_1 + k_B \ln K_2 = S_1 + S_2$$

(aus den Eigenschaften der Logarithmusfunktion folgt die Additivität der Entropie). Läßt man (z. B. durch Wegnahme einer Trennwand) nun Energieaustausch zwischen den Teilsystemen zu, und das wird vorkommen, solange eine Temperaturdifferenz besteht, so gilt nicht mehr $E_1 = \text{const.}$ und $E_2 = \text{const.}$, sondern nur noch die schwächere Bedingung $E_1 + E_2 = \text{const.}$:



Die Energien der Teilsysteme können also kleiner oder größer sein als E_1 bzw. E_2 (es muß nur die Summe konstant bleiben). Genau dies erhöht die Anzahl der mikroskopischen Realisierungen K und damit die Gesamtentropie:

$$K(E_1 + E_2) = \sum_i K_1(E_1 + e_i) \cdot K_2(E_2 - e_i).$$

Die e_i sind ausgetauschte Energieportionen. Diese Summe aus positiven Termen ist größer als $K(E_1) \cdot K(E_2)$, da bereits der eine Summenterm für $e_i = 0$ diesen Wert hat. Es ist also $K(E_1 + E_2) \geq K(E_1) \cdot K(E_2)$ und damit auch

$$S_{1+2} \geq S_{1,2}.$$

(Das Gleichheitszeichen gilt, wenn von Anfang an gleiche Temperatur und damit Gleichgewicht herrscht).

Damit ist ein Erfahrungssatz auf die oben angegebenen Postulate zurückgeführt und in diesem Sinne bewiesen worden.

Es sei schon hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der wahrscheinlichste Zustand keineswegs immer der unordentlichste, am meisten chaotische Zustand sein muß (siehe Abschn. 5.1, S. 288).

Überraschenderweise ist damit nun aber noch gar nicht der gesamte Erfahrungsgehalt des 2. Hauptsatzes bewiesen: Die mit irreversiblen Prozessen verbundene Entropiezunahme ist nach aller Erfahrung eindeutig mit der Zeitrichtung Vergangenheit → Zukunft verknüpft, die Entropie „wächst mit der Zeit“. Spätere Zustände lassen sich von früheren unterscheiden.

Genau diese Verknüpfung von Entropie und Zeitrichtung folgt nun keineswegs einfach aus der Statistischen Mechanik, da in den Grundgesetzen der Mechanik keine Zeitrichtung ausgezeichnet ist (Zeitumkehrinvarianz). Aus dem Beweis folgt eine Entropiezunahme sowohl für spätere als auch – im Gegensatz zur Erfahrung – für frühere Zustände (C. F. v. WEIZSÄCKER 1971). Dieses viel diskutierte Problem der faktischen Irreversibilität, der Auszeichnung einer Zeitrichtung, ist bis heute nicht abschließend gelöst.

C. F. v. WEIZSÄCKER (1971, 1974) postuliert den grundsätzlichen Unterschied zwischen Vergangenheit und Zukunft als objektive Zeitstruktur (siehe auch ZUCKER 1974; WEHRT 1974). Daraus folgt dann der ganze Erfahrungsgehalt des 2. Hauptsatzes. (Der Wahrscheinlichkeitsbegriff ist ja sinnvollerweise nur auf künftige mögliche Ereignisse anwendbar, da Vergangenes festliegt und (prinzipiell) bekannt ist.) Bei v. WEIZSÄCKER verlagert sich das Problem auf das Verständnis der Zeitumkehrinvarianz der Grundgesetze. Eine verwandte Argumentation findet man bei LANDAU & LIFSCHITZ (1969): Der 2. Hauptsatz sollte aus der Quantenmechanik folgen, welche die „Nicht-Äquivalenz der beiden Zeitrichtungen“ implizit enthält (nicht in der SCHRÖDINGERSchen Grundgleichung, wohl aber im Meßprozeß). Über weiterführende Arbeiten in dieser Richtung berichtet PRIGOGINE (1979). Andere Autoren sehen in dem „Bruch der Zeitsymmetrie“ nicht eine fundamentale Eigenschaft der Zeit, sondern eine Eigenschaft von Systemen in der Zeit (DAVIES 1977).

4.2.3 Entropie in der Thermodynamik der Vorgänge

Die bisherigen Überlegungen galten für quasistatisch realisierte Prozesse. Wie lautet nun der 2. Hauptsatz für natürliche Prozesse, also für Vorgänge, bei denen auch Nichtgleichgewichtszustände durchlaufen werden? Für Prozesse in geschlossenen Systemen, deren Anfangs- und Endzustand (Z_A , Z_E) Gleichgewichtszustände sind, gilt die CLAUSIUSsche Ungleichung:

$$S(Z_E) - S(Z_A) \geq \int_{Z_A}^{Z_E} \frac{\delta Q}{T}$$

Das Gleichheitszeichen gilt für quasistatisch reversible, das Größerzeichen für quasistatisch irreversible und natürliche Prozeßrealisierungen; δQ ist die bei der Temperatur T (reversibel oder irreversibel) ausgetauschte Wärme.

Nur für quasistatische Prozesse kann man von der integralen zur differentiellen Form $dS \geq \delta Q / T$ übergehen und damit Aussagen über benachbarte Zwischenzustände machen.

Für wärmeisolierte Systeme gilt wegen $\delta Q = 0$ $S(Z_E) \geq S(Z_A)$.

Hier laufen nur solche Prozesse ab, bei denen die Entropie des Gleichgewichtsendzustandes größer ist als die des Anfangsgleichgewichtszustandes. Diese Aussage stimmt mit derjenigen der Thermostatik überein, ist aber schwächer: Über die Existenz oder den Wert der Entropie der Zwischenzustände ist nichts ausgesagt! Es wird hier also auch keine monotone Entropiezunahme zwischen Z_A und Z_E behauptet!

Hier stoßen wir auf ein fundamentales Problem: Es ist bis heute nicht klar, was man unter der „Entropie eines Systems in einem Nichtgleichgewichtszustand“ verstehen soll. Ähnliches gilt für den Temperaturbegriff. Nach KIRCHHOFF sollte der Entropiebegriff, der ja über einen reversiblen Prozeß definiert ist, überhaupt nicht auf irreversible Prozesse angewendet werden dürfen (MEIXNER 1976; KELLER 1977; PRESNOV 1978).

HAKEN (1977, Kap. 3.6) fragt: „Entropy – Curse of Statistical Mechanics?“ Natürlich kann man Nichtgleichgewichtsentropien definieren, z. B. über Nichtgleichgewichtswahrscheinlichkeitsverteilungen. Das Problem scheint vielmehr in einer eindeutigen Verknüpfung mit einer Meßvorschrift zu liegen, die ja makroskopische Parameter enthalten muß.

Neuere Arbeiten verzichten deshalb auf den Begriff der Nichtgleichgewichtsentropie: MEIXNER entwickelt seit 1969 mit Erfolg eine „entropiefreie Thermodynamik“ (der Vorgänge), die den physikalischen Gehalt der CLAUSSUSschen Ungleichung voll berücksichtigt.

KELLER (1974, dort auch Zitate zu MEIXNER) arbeitet mit einer „begleitenden thermostatischen Entropie“. Dies ist die Gleichgewichtsentropie, die ein System hätte, würde es sich in einem Gleichgewichtszustand mit denselben Extensivparametern wie der betrachtete Nichtgleichgewichtszustand befinden.

Auch in der HAKENSchen Synergetik (HAKEN 1977) spielt die Entropie keine zentrale Rolle. Im Vergleich zum Energiebegriff zeigt sich hier doch eine beträchtlich eingeschränkte Bedeutung des Entropiebegriffs!

Dennoch erweist es sich als möglich, in speziellen aber wichtigen Bereichen der Thermodynamik der Vorgänge (spezielle Klassen von Materialien, Gleichgewichtsnähe, langsame Prozesse, „lokales Gleichgewicht“) mit der

thermostatischen Entropie zu arbeiten. Als zentraler Begriff zur Beschreibung zeitlicher irreversibler Prozesse tritt hier die *Entropieproduktion* $\sigma = dS/dt$ auf. Die für Gleichgewichtsnähe gefundenen allgemeinen Gesetzmäßigkeiten sind für Probleme der Strukturbildung von geringerem Interesse (vgl. GLANSDORFF & PRIGOGINE 1971).

Die PRIGOGINESchen *dissipativen Strukturen* und die HAKENSche *Synergetik* werden in Abschnitt 5.3 (S. 295) besprochen.

4.2.4 Entropie und Information

Die statistische Interpretation des Entropiebegriffs verknüpft Entropie und Wahrscheinlichkeit: Ein makroskopischer Zustand hoher Entropie hat eine höhere Wahrscheinlichkeit als ein Zustand niedriger Entropie. Als Veranschaulichung dieses Sachverhalts wird häufig angeführt, daß zunehmende Entropie zunehmende Unordnung, vermehrtes Chaos bedeute. Der Abschnitt „*Entropie und Unordnung*“ (5.1, S. 288) wird zeigen, daß diese Zuordnung unpräzise und keineswegs allgemeingültig ist. Eine durchaus anschauliche und präzise Verknüpfung ist hingegen mit dem Informationsbegriff möglich.

Der Begriff *Information* spielt heutzutage in der Nachrichtentechnik, der Entscheidungs- und Lerntheorie, der Psychologie, der Biologie, der Mathematik und nicht zuletzt in der statistischen Physik eine wichtige Rolle (s. z. B. STEINMÜLLER 1993). Dieser Begriff wurde im Rahmen einer Informationstheorie von SHANNON und WEAVER quantifiziert (s. z. B. PETERS 1967). Im Hinblick auf technische Anwendungen bei der Übertragung von Nachrichtenflüssen werden Probleme der Codierung, Redundanz, Übertragungsgenauigkeit, Kanalkapazität usw. untersucht.

In der Umgangssprache steht meist der Aspekt der Bedeutung (*semantische Ebene*) und des Zwecks (*pragmatische Ebene*) einer Nachricht im Vordergrund. In der SHANNONSchen Informationstheorie wird dagegen der Begriff *Information* auf den Aspekt des „Neuigkeitswertes“ (C. F. V. WEIZÄCKER 1974) oder „Überraschungswertes“ einer Nachricht eingengt. Dieser Aspekt ist allein mit der Eintrittswahrscheinlichkeit verknüpft und nicht etwa mit zusätzlichen Bedeutungen, die vom Empfänger einer Nachricht nachträglich beigemessen werden (*statistischer Aspekt*, vgl. GITT 1981).

Es gibt andere Ansätze, weitere umgangssprachliche Aspekte in den Informationsbegriff („Erstmaligkeit“, „Bestätigung“) einzubeziehen (E. v. WEIZÄCKER 1974a). Darüber soll hier nicht berichtet werden (Überblick: CAPURRO 1978).

Man geht nun von folgender Situation aus (vgl. auch SALM 1997): Über das Eintreffen der Nachricht Nr. k aus n möglichen Nachrichten (oder über den Ausgang eines Zufallsexperiments) hat der Empfänger nur unvollständige

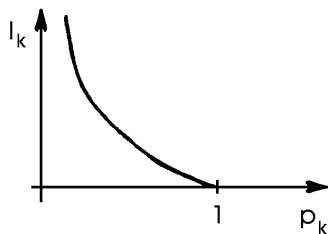
Kenntnis. Dies wird durch eine (irgendwie ermittelte oder geschätzte) Wahrscheinlichkeit p_k ($0 \leq p_k \leq 1$) ausgedrückt. Im Falle der völligen Unkenntnis über die Eintrittswahrscheinlichkeiten gebietet es der *Satz vom unzureichenden Grunde*, keinen Fall zu bevorzugen und alle p_k gleich anzunehmen:

$$\text{alle } p_k = \frac{1}{n} \quad (k = 1, \dots, n).$$

Der Überraschungswert („Neuigkeitswert“, „Information“) des Eintreffens aus n Nachrichten wird angesetzt als

$$I_k = \log \frac{1}{p_k} = -\log p_k.$$

Diese Quantifizierung ist intuitiv ein-sichtig. So hat z. B. das sichere Ereignis den Wert $I = 0$. Wegen der Logarithmus-Funktion sind die Überraschungswerte von mehreren unabhängigen Ereignissen additiv.



Bei Gleichwahrscheinlichkeit aller Ereignisse (alle $p_k = \frac{1}{n}$) gilt:

$$I_k = I = \log n.$$

Hier spricht man auch vom *Entscheidungsgehalt*. Meistens verwendet man den Logarithmus zur Basis 2 ($\log_2 = \text{lb}$) und fügt die Pseudomaßeinheit bit an. (Der Zusammenhang mit dem natürlichen Logarithmus (Basis e) ist: $\ln x = \ln 2 \cdot \text{lb } x$). Dann läßt sich der Entscheidungsgehalt (Neuigkeitswert) eine Nachricht durch das Abzählen (der Mindestzahl) von Ja/Nein-Entscheidungen in einem Frage-Antwort-Spiel ermitteln.

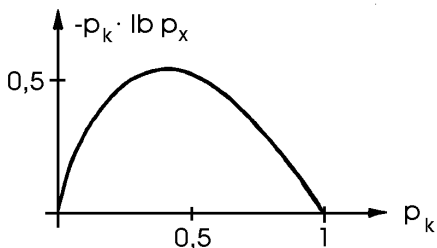
Beispiel: Eine Nachricht bestehe im Aufleuchten *einer* Lampe in einem Feld von 16 Anzeigelampen, die alle mit derselben Wahrscheinlichkeit aufleuchten können. Wie groß ist der Entscheidungsgehalt?

Nach Definition ergibt sich:

$I_k = I = \text{lb } 16 \text{ bit} = \text{lb } 2^4 \text{ bit} = 4 \text{ bit}$. Das Feld kann durch (minimal) 4 Ja/Nein-Entscheidungen auf Alternativfragen (rechts oder links?, oben oder unten?) lokalisiert werden.

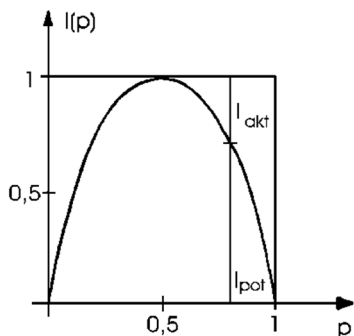
Wie groß ist nun die mittlere Information, die ich erwarte? Die übliche Mittelungsvorschrift ergibt

$$I = \sum_k p_k I_k = - \sum_k p_k \lg p_k$$



Dieser Erwartungswert (Mittelwert) der Information ist das für die Theorie zentrale Informationsmaß. Es wird von SHANNON auch als „Entropie“ bezeichnet. (Für den Fall der Gleichwahrscheinlichkeit gelangt man wieder zu der Formel für den Entscheidungsgehalt).

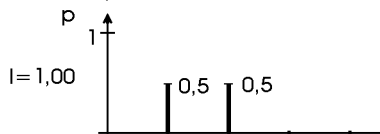
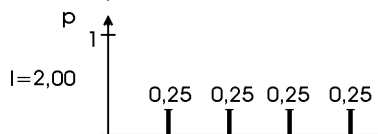
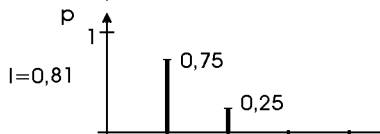
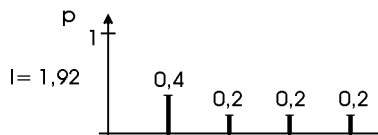
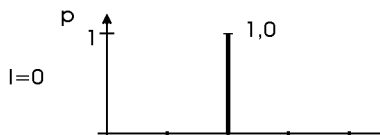
Beispiel 1: Für den Fall von zwei möglichen Ereignissen mit den Wahrscheinlichkeiten p und $q = 1-p$ wird $I = -p \cdot \lg p - (1-p) \cdot \lg(1-p)$. Man erkennt hier, daß I für den Fall der Gleichwahrscheinlichkeit ($p = q = 1/2$) maximal wird.



Es gilt allgemein: Für eine vorgegebene Anzahl n von möglichen Nachrichten (Experimentausgängen) ist I genau dann maximal, wenn alle $p_k = \frac{1}{n}$.

Andererseits ist $I = 0$, wenn eines der Ereignisse mit Sicherheit eintritt ($p_k = 1$, alle anderen $p_i = 0$).

Beispiel 2: Die folgenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen für vier Ereignisse veranschaulichen den Zusammenhang mit der mittleren Information:



Bei maximaler Unkenntnis (minimales Vorwissen) ist also I maximal, bei minimaler Unkenntnis ist $I = 0$. Damit ergibt sich die folgende Interpretation: Die mittlere Information (SHANNONentropie) I ist ein Maß der noch „fehlenden Information“ (*missing information*), ein Maß dessen, was ich – durch Eintreten und Bekanntwerden des Ereignisses – noch erfahren könnte, jetzt aber noch nicht weiß. I ist eine „potentielle Information“ (I_{pot} ; s. ZUCKER 1974; C. F. v. WEIZSÄCKER 1974; HUBER 1975).

Mein durch die Wahrscheinlichkeiten p_k beschriebenes *Vorwissen* vor Eintreffen der Nachricht (*Präinformation, aktuelle Information*) wird *nicht* durch I_{pot} sondern als Differenz zur maximalen Unkenntnis durch

$$I_{\text{akt}} = \text{lb } n - I$$

gemessen (HUBER 1975).

Es gilt also immer $I_{\text{akt}} + I_{\text{pot}} = \text{lb } n$ (s. ob. Abb.). Für Informationsänderungen gilt dann $\Delta I_{\text{akt}} = -\Delta I_{\text{pot}}$.

Beispiel: Münzwurf

mit $p_{\text{Kopf}} = p_{\text{Adler}} = 1/2$.

	vor dem Wurf	nach dem Wurf
I_{pot}	1 bit	0 bit
I_{akt}	0 bit	1 bit

Die Abnahme der potentiellen Information ($\Delta I_{\text{pot}} = -1$ bit) charakterisiert, daß man nach vollzogenem Wurf nichts Neues mehr über die Lage der Münze wissen kann. Die Zunahme der aktuellen Information ($\Delta I_{\text{akt}} = 1$ bit) beschreibt den Informationsgewinn durch die Ausführung des Experiments. Betrachtet man nun den Ausdruck für die thermodynamische Entropie, so fällt sofort die weitgehende formale Übereinstimmung mit der potentiellen (nicht der aktuellen) Information auf:

thermodynamische Entropie

$$S = -k_B \sum_i p_i \ln p_i$$

SHANNONSche Information
(SHANNONSche Entropie)

$$I_{\text{pot}} = -\sum_i p_i \text{lb } p_i$$

Eben wegen dieser Übereinstimmung hat SHANNON sein Informationsmaß auch als *Entropie* bezeichnet.

Kann man nun also Entropie und Information (bis auf einen Proportionalitätsfaktor) einfach gleichsetzen? Zur Klärung dieser Frage muß die Bedeutung der p_i betrachtet werden: In der (thermodynamischen) Entropie sind die p_i Wahrscheinlichkeiten von Mikrozuständen, genauer: Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Energiezustände eines materiellen Systems; im Infor-

mationsbegriff bedeuten diese p_i die Eintrittswahrscheinlichkeit beliebiger, inhaltlich nicht spezifizierter Ereignisse. Soweit diese Ereignisse nicht den mechanischen Grundgesetzen gehorchen, braucht die SHANNONSche Entropie (Information) auch nicht dem 2. Hauptsatz zu genügen! Der Informationsbegriff ist also allgemeiner als der thermodynamische Entropiebegriff. Erst wenn man die Wahrscheinlichkeiten im Sinne der statistischen Thermodynamik festlegt, kann man gleichsetzen

$$S = k_B \ln 2 \cdot I_{\text{pot}}$$

Ferner gilt für Entropie- und Informationsänderungen

$$\Delta S = k_B \ln 2 \cdot \Delta I_{\text{pot}} \quad \text{und} \quad \Delta S = -k_B \ln 2 \cdot \Delta I_{\text{akt}}.$$

Die Verknüpfung wird noch enger, wenn man die Entropie als Vielfaches der BOLTZMANN-Konstante k_B mißt ($\sigma = S/k_B$, KITTEL 1969; KITTEL & KROEMER 1993). Man erhält $\sigma = \ln 2 \cdot I_{\text{pot}}$.

Damit ist nun eine informationstheoretische Interpretation der thermodynamischen Entropie möglich: Die Entropie mißt die potentielle Information des Experimentators. Sie mißt, wieviel derjenige, der nur den Makrozustand kennt, noch wissen könnte, wenn er auch den Mikrozustand kennenlernte (C. F. v. WEIZSÄCKER 1974; vgl. aber RYAN 1980). Bei zunehmender Entropie nimmt diejenige Menge an Wissen zu, die der Kenner des jeweiligen Makrozustandes nicht hat, aber durch Messung des jeweiligen Mikrozustandes (prinzipiell) gewinnen könnte.

Andererseits spricht man aber häufig von „Entropiezunahme = Informationsabnahme“. Hier ist die aktuelle Information gemeint. Die Verwechslung von aktueller und potentieller Information hat seit BRILLOUIN einige Verwirrung und Vorzeichen-Unklarheiten in der Literatur gestiftet (vgl. ZUCKER 1974; WILSON 1968).

Die obigen Aussagen lassen sich auch mit dem Begriff der *Negentropie* N formulieren ($N = -S$, $\Delta N = -\Delta S$), dies bringt aber nichts Neues.

Der Satz von der Entropiezunahme lautet in informationstheoretischer Formulierung: „Mit fortschreitender Zeit wird mit überwiegender Wahrscheinlichkeit die aktuelle Information des zu dieser Zeit vorliegenden Makrozustandes abnehmen, seine potentielle Information (Entropie) zunehmen“ (C. F. v. WEIZSÄCKER 1974). Solche Interpretationen klingen überraschend subjektivistisch und werden nicht allgemein akzeptiert (s. z. B. BUDJKO 1972). C. F. v. WEIZSÄCKER (1972) hat aber klargestellt, daß der Informationsbegriff „in objektiver Weise subjektbezogen“ ist. Er schreibt: „Der Informationsbegriff ist nämlich etwas, was sich auf ein wissendes Subjekt bezieht, auf die Fragen, die dieses Subjekt hat, auf die Antworten, die es dafür gewinnt, aber er ist in objektiver Weise subjektbezogen, und für alle Subjekte,

die dasselbe Wissen oder dieselben Methoden haben, Wissen zu erwerben, ist auch das Resultat dasselbe, und dieses ist der objektive Gehalt.“

Wer an der Subjektivität des Informationsbegriffs Anstoß nimmt, sollte bedenken, daß der Wahrscheinlichkeitsbegriff selber mit entsprechenden Problemen belastet ist (SCHLÖGL 1979)!

Die informationstheoretische Formulierung der Entropie wird meines Erachtens auch durch die interessante Möglichkeit gestützt, die statistische Mechanik insgesamt mit Hilfe der Informationstheorie zu begründen. JAYNES (1957) ersetzte die üblichen Postulate (Abschn. 4.2.2, S. 271) durch einen verallgemeinerten Satz vom unzureichenden Grunde. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Energiezustände soll so ermittelt werden, daß darin der maximal erreichbare Grad an Unvoreingenommenheit zum Ausdruck kommt (*unbiased guess*). Man soll die am wenigsten weitreichenden Annahmen über das machen, worüber man (fast) nichts weiß. Mathematisch bedeutet dies die Minimierung der aktuellen bzw. Maximierung der potentiellen Information (*maximum entropy principle*) unter gewissen Nebenbedingungen (Stoffmenge bekannt, Gesamtenergie bekannt o. ä.). Und tatsächlich ergeben sich daraus die bekannten Wahrscheinlichkeitsverteilungen, auf denen die statistische Mechanik aufbaut (s. auch HUBER 1975; HAKEN 1977; LEVINE & TRIBUS 1979). Der JAYNESSche Ansatz erweist sich darüberhinaus auch als fruchtbar für Nichtgleichgewichtsprobleme (LEVINE & TRIBUS 1979; SCHLÖGL 1971). Man kann also statistische Mechanik entweder mit dem thermodynamischen Entropiebegriff oder mit dem Informationsbegriff treiben.

Die Grundlagendiskussion ist aber keineswegs abgeschlossen. Folgende Problempunkte seien genannt:

- 1) Die Äquivalenz von Entropie und Information hängt am gewählten Informationsmaß. Auch wenn es für das SHANNONSche Informationsmaß sehr gute Gründe gibt (Operationalisierbarkeit als Frage-Antwort-Strategie, HUBER 1975), scheinen andere denkbare Informationsmaße nicht völlig ausgeschlossen.
- 2) Der Zusammenhang *Entropie – Information* ist nur für Gleichgewichtszustände unumstritten (JAYNES 1965; MEIXNER 1976 [Diskussionsbemerkung von SCHLÖGL]).
- 3) Die Herleitung der Äquivalenz geschieht nicht zufällig in der „halb-klassischen“ Darstellung. Sowohl der Übergang zum klassischen Grenzfall (das Informationsmaß divergiert) als auch zur Quantenmechanik (Korrespondenzprinzip, Entropieoperator?, HUBER 1975, 1978; PRIGOGINE 1979) ist mit nicht abschließend gelösten Problemen verbunden.

- 4) Die Ansätze von JAYNES einerseits und PRIGOGINE andererseits in der Thermodynamik der Vorgänge lassen noch keine gemeinsame Sicht erkennen (vgl. ZUCKER 1974).

Trotz der angesprochenen Probleme scheint der Zusammenhang *Entropie – Information* von tiefliegender Bedeutung zu sein. Ähnlich wie bei der EINSTEINSchen Beziehung $E = m \cdot c^2$ gewinnt man neue vertiefte Einsichten dadurch, daß ganz verschiedene Größen als äquivalent erkannt werden. Hier muß allerdings auf ein mögliches Mißverständnis hingewiesen werden (vgl. BAUMAN 1966): Aus der EINSTEINSchen Masse-Energie-Äquivalenz wird gelegentlich die „Umwandlung von Masse in Energie“ herausgelesen. Dies ist nicht richtig! Führt man einem System Energie (z. B. in Form von Wärme) zu, so nimmt ja nach $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ seine Energie *und* seine Masse (=Trägheit) zu! Erst beim Energieaustausch zwischen verschiedenen Systemen kann man sinnvollerweise davon reden, daß einer Massenabnahme im ersten System eine Energiezunahme im zweiten System entspricht. Aber auch hier wurde nicht Masse in Energie umgewandelt, so wie Energieformen sich ineinander umwandeln: Die fehlende Masse des ersten Systems findet sich voll im zweiten System wieder, z. B. als Trägheit eines Strahlungsfeldes. Die EINSTEINSche Gleichung macht eine Aussage über die Gesamtenergie. Sie führt keine neue Energieform ein, deshalb braucht der Energiesatz auch nicht erweitert zu werden. Statt von der Erhaltung der Energie kann man nun aber auch von der Erhaltung der (relativistischen) Masse reden.

Die vorstehenden Überlegungen gelten analog für die *Entropie-Informations-Äquivalenz!* Information wird nicht in Entropie (oder umgekehrt) umgewandelt, und auch der 2. Hauptsatz braucht nicht um einen Informationsterm erweitert zu werden. Ein Vorgang kann wahlweise mit den Begriffen *Entropie* oder *Information* beschrieben werden. Allenfalls könnte man für ein System die Abnahme der *aktuellen* Information und die damit gekoppelte Zunahme der Entropie als „Umwandlung“ interpretieren (s. auch Abschn. 4.2.5, MAXWELLScher Dämon, S. 284).

Da sowohl Information als auch (statistische) Entropie sich von demselben Wahrscheinlichkeitsbegriff ableiten, transzendiert der SHANNONSche Informationsbegriff den Entropiebegriff nicht. Meines Erachtens besteht deshalb keine Möglichkeit, in *dieser* Begrifflichkeit eine Wechselwirkung von Geist und Materie zu diskutieren (z. B. Interaktionismus *self-brain* von ECCLES & ZEIER 1980; POPPER & ECCLES 1977).

Ist man allerdings bereit, die physikalische Beschreibungsebene zu verlassen, so könnte ein *allgemeinerer* Informationsbegriff mit seiner ausgeprägteren Subjektbezogenheit („Bedeutung“, „Sinn“, „Zweck“ einer Information) geeignet sein, eine geistige (schöpferische) Einflußnahme auf das Materielle zu formulieren (vgl. GITT 1981). In Abschnitt 6 (S. 298) wird

versucht, zu zeigen, wie eine solche Einflußnahme denkbar ist und sich in der physikalischen Ebene als „gesetzte“ Rand- und Anfangsbedingung manifestiert.

4.2.5 Zuständigkeitsbereich und Gültigkeitsgrenzen des Entropiesatzes

Der 2. Hauptsatz ist für alle Prozesse, die als thermostatisch realisiert beschrieben werden können, bestens bewährt und bestätigt. (Seine Anwendung in der Biologie wird in Abschn. 4.2.6, S. 286, diskutiert.) Im Gegensatz zum Ersten Hauptsatz ist er nur im statistischen Mittel gültig (Abschn. 4.2.2, S. 271).

Die Gültigkeit des 2. Hauptsatzes wurde immer wieder auch mit Gedankenexperimenten getestet. Dabei wurde untersucht, ob es nicht durch *Kenntnisnahme* von Systemparametern möglich ist, den 2. Hauptsatz zu umgehen.

Beispiel: Der *MAXWELLSche Dämon* mißt die Geschwindigkeiten von Gasmolekülen und nutzt diese aktuelle Information (Teilinformation über die Mikrozustände), um die Moleküle nach schnellen und langsamen zu sortieren. Dabei entsteht eine Temperaturdifferenz und eine Entropieerniedrigung.

Eine derartige, durch Ausnutzung von Information bewirkte Entropiesenkung ist solange unproblematisch, als diese durch eine gekoppelte Entropieerhöhung überkompensiert wird. Genau dies ist aber der Fall! Spätestens seit Entwicklung der Quantenmechanik ist man sich bewußt, daß jede Messung eine (energetische) Wechselwirkung mit dem zu messenden Objekt darstellt und ein irreversibler Prozeß ist. SZILLARD (1929) und BRILLOUIN (1962) haben nun nachgewiesen, daß die durch den irreversiblen Meßprozeß bewirkte Entropieerhöhung gerade die Entropieerniedrigung kompensiert (oder überkompensiert), welche man mit Hilfe der Information aus der Messung erreicht hatte (*BRILLOUINS Prinzip*, ZUCKER 1974). Damit ist die Gültigkeit des 2. Hauptsatzes auch für Prozesse nachgewiesen, in denen Meßinformation ausgenützt wird. (Der *MAXWELLSche Dämon* kann übrigens durch einen einfachen Automaten ersetzt werden.) BRILLOUIN nennt sein Prinzip den „erweiterten 2. Hauptsatz“. Diese Bezeichnungsweise ist etwas irreführend, da ja der übliche 2. Hauptsatz bei den geschilderten Prozessen nach wie vor gilt. In den Naturwissenschaften erweitert man einen Satz doch nur dann, wenn man neue Situationen findet, in denen der bisherige Satz nicht mehr voll gültig ist.

Meines Erachtens gibt das BRILLOUINSche Prinzip eine vertiefte Einsicht in den 2. Hauptsatz mit Hilfe des Informationsbegriffs, erweitert ihn aber nicht. Nach einem Vorschlag von ZUCKER (1974) sollte man eher von *Irreversibilitätsunkosten einer Messung* sprechen (s. a. HENNING 1980; weiterführend: LEFF & REX 1990).

Bei Prozessen mit *Nichtgleichgewichtszuständen* tauchen die im Abschnitt 4.2.3 (S. 275) angesprochenen prinzipiellen Schwierigkeiten auf. Dort wird – im Gegensatz zum Energiebegriff – der Entropiebegriff als solcher problematisch und damit auch der Aussagegehalt des 2. Hauptsatzes. Hier muß die weitere Entwicklung abgewartet werden. Aus diesem Grunde sollte man auch mit einer *universalen* Verwendung des Entropiebegriffs vorsichtig sein.⁵

CLAUSIUS konnte 1865 noch formulieren: „Die Energie der Welt ist konstant, die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu“ (vgl. MEIXNER 1976). Heute ist man mit dieser Behauptung des „Wärmetods der Welt“ (Ende aller Prozesse) zurückhaltender. Die hier angewandte CLAUSIUSsche Ungleichung (Abschn. 4.2.3, S. 275) ist nämlich nur unter folgenden Voraussetzungen anwendbar:

- 1) Das Weltall ist abgeschlossen im thermodynamischen Sinne.
- 2) Der „Anfangszustand“ ist ein Gleichgewichtszustand (in dem dann durch Aufhebung von „Hemmungen“ eine Entwicklung begannen).

Über die Gültigkeit der beiden Annahmen kann man nur spekulieren. Selbst wenn sie zutreffend wären, läßt sich – wie besprochen – nichts über eine etwaige Zunahme der „Entropie der Welt“ zum gegenwärtigen Zeitpunkt aussagen (KELLER 1977)! Nach den Überlegungen über *Entropie und Unordnung* (Abschn. 5.1, S. 288) sollte man sich den „Wärmetod“ auch nicht als strukturloses Chaos vorzustellen, sondern eher als „die Erstarrung der Formen im Gleichgewicht“ (HAASE 1957), als „eine Versammlung von komplizierten Skeletten“ (C. F. v. WEIZSÄCKER 1974).

Die Tatsache, daß der Wärmetod noch nicht erreicht ist, führt auf Spekulationen über kosmologische Anfangsbedingungen (vgl. WEHRT 1974; HUND 1969).

In der kosmologischen Thermodynamik treten neuartige Probleme auf, die damit zusammenhängen, daß (hinreichend) große Masseansammlungen gar keinen Gleichgewichtszustand haben, sondern zu *Schwarzen Löchern* kollabieren können. Es wird vermutet, daß solche Schwarzen Löcher den 2. Hauptsatz verletzen: Sie schlucken Materie und scheinen damit Entropie zu vernichten. Durch Einführung einer *black hole-Entropie* versucht man, den 2. Hauptsatz auch für diese extremen Objekte zu „retten“ (siehe DAVIES 1977; SEXL 1980; BEKENSTEIN 1980).

⁵ Es fällt auf, daß die Entropie im PHILBERTHschen Weltmodell – im Gegensatz zur Energie – offenbar keine Rolle spielt (ab der 2. Auflage von *Der Dreieine* kommt der Entropiebegriff überhaupt nicht mehr vor [B. PHILBERTH 1976]).

KELLER (1977) beschließt den Abschnitt über den „Wärmetod“ in seinem Lehrbuch mit folgenden beachtlichen Bemerkungen: „Im übrigen sollte nicht vergessen werden, daß auch der 2. Hauptsatz der Thermodynamik nur Teil eines von Menschen ersonnenen Formalismus ist, der bestenfalls die physikalische Wirklichkeit beschreiben kann. Dies ist aber nach der Überzeugung des Verfassers nur ein Teilaspekt des vergangenen und gegenwärtigen Wirkens eines Schöpfers, der die Welt nicht nur geschaffen hat, sondern auch um ihr zukünftiges Schicksal weiß!“

4.2.6 Der Zweite Hauptsatz in der Biologie

Während Anwendbarkeit und Zuständigkeit des 1. Hauptsatzes für biologische Systeme nicht bestritten werden, gab der 2. Hauptsatz immer wieder Anlaß zu Zweifeln und Verwirrung. Die beobachtete Strukturbildung und Differenzierung in der Biologie schien und scheint der Aussage des Entropiesatzes zu widersprechen (Überblick: ZOTIN 1978; ferner: WEHRT 1974; C. F. V. WEIZSÄCKER 1974; HAASE 1957).

Auch PLANCK (1944), der wohl bedeutendste Thermodynamiker unseres Jahrhunderts, hat sich in einem Vortrag 1933 vorsichtig, aber klar gegen die Zuständigkeit des 2. Hauptsatzes in der Biologie ausgesprochen: „Auch der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik, das Prinzip der Vermehrung der Entropie, hat mehrfach Deutungen außerhalb der Physik gefunden. So hat man den Satz, daß der Verlauf aller physikalischen Vorgänge einseitig gerichtet ist, für den Entwicklungsgedanken in der Biologie verwerten wollen. Das ist nun ein ganz besonders unglücklicher Versuch, wenigstens dann, wenn man mit dem Worte Entwicklung den Begriff des Fortschritts in aufsteigender Richtung, also der Vervollkommnung, Veredelung, verbindet. Denn das Entropieprinzip ist nach seinem Inhalt ein Wahrscheinlichkeitsatz, es besagt im Grunde nur, daß auf einen von vornherein unwahrscheinlichen Zustand im Mittel stets ein wahrscheinlicherer Zustand folgt. Will man dies Gesetz biologisch deuten, so liegt es jedenfalls näher, an eine Degeneration zu denken als an eine Veredelung. Denn das Ungeordnete, Gewöhnliche, Gemeine ist immer von vornherein wahrscheinlicher als das Geordnete, Vorzügliche, Hervorragende.“

Inzwischen wurde der Fragenkreis vielfach durchdacht, und es gibt heute überzeugende Argumente für die Anwendbarkeit und Gültigkeit des 2. Hauptsatzes in der Biologie. Zur Strukturierung des Problems sollen drei Fragen diskutiert werden:

- 1) Ist der 2. Hauptsatz anwendbar auf (zuständig für) biologische Systeme?
- 2) Ist der 2. Hauptsatz unter der Voraussetzung der Anwendbarkeit auch gültig in biologischen Systemen oder kennt man Verletzungen?

3) Ist unter der Annahme der Anwendbarkeit und Gültigkeit eine Evolution denkbar?

Zu 1: Von seiner allgemeinen Formulierung her macht der 2. Hauptsatz keine Einschränkungen über die betrachteten Systeme. Insofern ist er auch für Organismen zuständig. Schwierigkeiten entstehen, wenn man unter dem 2. Hauptsatz das Gesetz der Entropiezunahme in (thermisch) isolierten Systemen versteht (z. B. BEIER 1962). Da biologische Systeme offen, also weder isoliert noch geschlossen sind, ist der 2. Hauptsatz *in dieser Formulierung* nicht anwendbar. Jede weitere Diskussion über seine Gültigkeit wird damit gegenstandslos. Nach der in Abschnitt 4.2 (S. 266) gegebenen Systematik handelt es sich hierbei aber um die Einschränkung auf einen Spezialfall des 2. Hauptsatzes ($\delta_e S = 0$), die gar nicht nötig ist.

Zu 2: Die meisten Autoren gehen heute von der Annahme der Gültigkeit des 2. Hauptsatzes aus und wenden ihn mit Erfolg an (vgl. ZOTIN 1978). Man sollte allerdings bedenken, daß hier eine Extrapolation auf Systeme vorgenommen wird, die im Vergleich mit den sonstigen Systemen der Physik und Chemie sehr komplex sind. Letztlich muß immer wieder das Experiment zeigen, ob sich diese Extrapolation bewährt. Alle bisher vermuteten Verletzungen des 2. Hauptsatzes haben sich aber nicht bestätigt.

Beispiele: Organismen haben einen höheren Wirkungsgrad für mechanische Arbeit als der (aus dem 2. Hauptsatz folgende) maximale thermodynamische Wirkungsgrad für Wärmekraftmaschinen. Hier liegt kein Widerspruch vor, da Organismen gar keine Wärmekraftmaschinen sind, sondern (im Muskel) chemische Energie in mechanische wandeln. Auch die Vermutung, daß Mikroorganismen als *MAXWELLSche Dämonen* (s. Abschn. 4.2.5, S. 284) funktionieren, hat sich nicht bestätigt.

Demgegenüber steht die Beobachtung, daß Organismen viel Wärme und Entropie abgeben. Ein rennender Mann gibt gleichviel Wärme ab (auf die Masse bezogen) wie ein großer Ozeandampfer (ZOTIN 1987). Dies läßt auf eine hohe Irreversibilität der Prozesse schließen und garantiert wohl bei weitem das „Verbot der Entropievernichtung“ (s. Abschn. 4.2.1, S. 266).

Es gibt auch keine Hinweise, daß *intelligente Wesen* den 2. Hauptsatz umgehen können (vgl. die Diskussion des *MAXWELLSchen Dämons* in Abschn. 4.2.5, S. 284).

Folgendes Beispiel sei zur Diskussion gestellt:

Ein Künstler arbeitet in einem thermisch isolierten (!) Raum und meißelt dort eine Statue aus einem Steinblock (– ein schwaches Abbild für Gottes schöpferisches Handeln). Hier wird eine Gestalt gemacht, die niemals „von selbst“ entstehen würde. Wird hierbei das Gesetz der Entropiezunahme verletzt? In der physikalischen Beschreibungsebene finden bei den Meißelbewegungen neben den energiefreisetzenden Stoffwechselprozessen vor allem Meiß- und Regelvorgänge statt. Alle diese Prozesse sind irreversibel

und deshalb mit Entropieerzeugung verknüpft. Wo sollte thermodynamische Entropie verringert oder gar vernichtet werden? PETERS (1967: 32) schreibt zusammenfassend: „Der Zweite Hauptsatz gilt auch für abgeschlossene Systeme, die intelligente Wesen enthalten.“

Dieses Beispiel zeigt allerdings auch, daß die thermodynamische Beschreibungsweise den Vorgang der Gestaltbildung völlig unangemessen wiedergibt. Wie sollte man auch mit der thermodynamischen Entropie den Unterschied zwischen der „gewollten“ Statue und einer bei einem Verwitterungsprozeß „zufällig“ entstehenden Form beschreiben? Dasselbe gilt für die biologischen Gestalten (vgl. Abschn. 5.2, S. 292).

Zu 3: Nachdem keine Gründe gegen die Anwendbarkeit und Gültigkeit des 2. Hauptsatzes in der Biologie sprechen, führt das angegebene Beispiel auf die entscheidende Frage nach dem genaueren Zusammenhang zwischen Strukturbildung und dem 2. Hauptsatz. Dies soll im folgenden Hauptabschnitt diskutiert werden.

5. Strukturbildung und Zweiter Hauptsatz

5.1 Entropie und Unordnung

Seit der statistischen Interpretation der Entropie (Abschn. 4.2.2, S. 271) zu Beginn des Jahrhunderts durch BOLTZMANN und GIBBS ist es üblich, Entropie und Unordnung (*disorder, randomness, „mixed-upness“*) in Verbindung zu bringen. Fast jedes Lehrbuch der Thermodynamik bringt Beispiele, die zeigen, daß mit zunehmender Entropie Unordnung (Chaos) wächst bzw. Ordnung abnimmt.

An dieser Stelle entstehen die erwähnten Probleme, wie Ordnung und Strukturbildung überhaupt stattfinden können. Hier muß zunächst betont werden, daß diese Probleme nur für Prozesse in isolierten Systemen vorliegen, in denen also das Gesetz der Entropiezunahme gilt. Die meisten Prozesse – und gerade auch die biologischen – finden aber gar nicht in isolierten, sondern in geschlossenen oder offenen Systemen statt. In solchen Systemen läßt der 2. Hauptsatz auch Entropieabnahme (durch Entropieabgabe an die Umgebung) zu, er verbietet ja lediglich Entropievernichtung. Gerade unter der Annahme einer festen Beziehung zwischen Entropie und Unordnung ist hier also vom 2. Hauptsatz die Möglichkeit von Strukturbildung (*Ordnung*) keineswegs ausgeschlossen, und die Beispiele in den Abschnitten 2.2 und 2.3 verdeutlichen dies (S. 253 u. 254).

Die folgende Diskussion zeigt nun darüber hinaus, daß ein allgemeingültiger enger Zusammenhang zwischen Entropie und Unordnung gar nicht besteht und daß selbst in isolierten Systemen Strukturbildung möglich sein kann.

Der weithin behauptete Zusammenhang von Entropie und Unordnung kann auf zweierlei Weisen verstanden werden:

- 1) Zwischen zwei (quantifizierten) Begriffen besteht eine (funktionale) Beziehung (vgl. Abschn. 4.2.4, S. 277).
- 2) Die umgangssprachlichen Begriffe *Ordnung*, *Unordnung* werden durch den Entropiebegriff präzisiert: Entropie als „Maß für Unordnung“.

Zu 1: Die präzise Zuordnung *Entropie-Ordnung* scheitert daran, daß es in den Naturwissenschaften gar keinen quantifizierten allgemeingültigen Ordnungsbegriff gibt. BOIS (1979) spricht von einer „discussion sans objet“, und WRIGHT (1970) schreibt: „It is not to be expected that there will be any exact correlation between precise quantitative concepts and intuitive qualitative ideas which cannot be other than imprecise.“

In der Physik geht man so vor: Für verschiedene Probleme werden unterschiedliche *Ordnungsparameter* eingeführt, um den Grad an räumlicher *Nahordnung* oder *Fernordnung* oder räumlicher *Orientierung* zu charakterisieren. Ein einfacher universeller Zusammenhang mit der Entropie besteht nicht.

Zu 2: Ist nicht gerade die Entropie das gesuchte Maß der Unordnung? Üblicherweise werden hier folgende Typen von Beispielen angeführt (vgl. die Beispiele in Abschn. 2.1, S. 253!):

- a) Mischungs- und Diffusionsexperimente. Die adiabate Durchmischung zweier Gassorten erfolgt unter Entropiezunahme. Der Übergang von Ordnung in Unordnung wird hier intuitiv verstanden als die Vermischung der ursprünglichen räumlichen Trennung der Eigenschaften der Gase (Dichte, Farbe). Entsprechendes gilt für die Expansion eines Gases in ein Vakuum und für den Temperaturengleich zwischen Metallstücken. Hier diffundieren Schwingungsquanten (Phononen) vom wärmeren in den kälteren Raumbereich. In all diesen Beispielen wird eine räumliche Strukturierung, Gestaltung (Farb-, Dichte-, Temperaturunterschiede) mit der Zeit abgebaut, zerstört. Die Alltagserfahrung suggeriert hier weitere Beispiele (zunehmende Unordnung auf dem Schreibtisch usw.). Ein anschauliches Modell ist auch die Durchmischung von verschiedenfarbigen Kugeln.
- b) Kristalle bei tiefer Temperatur. Kristalle haben bei tiefen Temperaturen eine hohe räumliche Ordnung (Translationsperiodizität) und eine niedere (im Grenzfall verschwindende) Entropie. Beim Aufheizen in die Schmelze nimmt die Unordnung und die Entropie zu.

Es ist nun entscheidend wichtig zu sehen, daß diese eingängigen Beispiele – wohl wegen ihrer Einfachheit – „einseitig ausgesucht“ sind (C. F. v. WEIZSÄCKER 1974) und daß es viele Gegenbeispiele gibt, die den behaupteten Zusammenhang *Entropie-Unordnung* nicht zeigen (vgl. die Beispiele in Abschn.

2.2 und 2.3, S. 253 u. 254, sowie HAASE 1957; MCGLASHAN 1966; WRIGHT 1970; C. F. v. WEIZSÄCKER 1974). Einige solche *Gegenbeispiele* sind hier zusammengestellt:

- a) Verdoppelt man die Stoffmenge eines beliebigen Systems, so verdoppelt sich auch die Entropie wegen der Extensivität dieser Größe. Es ist sicher abwegig, hier von einer Verdoppelung der Unordnung zu sprechen. Somit kann – wenn überhaupt – nur die Intensivgröße „spezifische Entropie“ (Entropie pro Stoffmenge) ein Maß für Unordnung sein.
- b) Die aus kalorimetrischen Daten gewonnenen spezifischen Entropien der ersten drei Edelgase betragen (bei 25° C und 1 atm, gemessen in $\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$): Helium 127, Neon 147, Argon 154.

Die zunehmenden Entropien lassen sich mit den zunehmenden Massen der Gasatome völlig verstehen (SACKUR-TETRODE-Gleichung). Mit der Massenzunahme ist eine Verringerung der mittleren Geschwindigkeit verknüpft. Eine Zunahme von Unordnung – gleich in welchem Sinne – ist hier nicht erkennbar.

Läßt sich wenigstens bei ein und demselben System eine Beziehung zum Ordnungsbegriff erkennen? Hier müssen nun Systeme diskutiert werden, die Phasenübergänge (z. B. Wechsel des Aggregatzustandes) machen können. Zur Vereinfachung sollen nur thermisch isolierte Systeme betrachtet werden (dann ist jeder Prozeß mit Entropiezunahme verbunden).

- c1) Unterkühltes Wasser kann spontan (teilweise) zu Eis kristallisieren. Dabei nimmt die Temperatur zu. C. F. v. WEIZSÄCKER (1974) hat einen solchen Prozeß in einem stark vereinfachten „Kondensationsmodell“ durchgerechnet und diskutiert. Dieser Vorgang kann in dem Ordnungs-/Unordnungs-Schema auf zwei Weisen interpretiert werden. *Entweder*: Bei diesem Vorgang nimmt mit zunehmender Entropie *Ordnung* zu in dem oben erklärten Sinne: Das System gewinnt Gestalt, es strukturieren sich Bereiche mit unterschiedlicher Dichte, Symmetrie, Brechungszahl usw. Diese Interpretation widerspricht damit der oft behaupteten Zunahme von Unordnung bei zunehmender Entropie. *Oder*: Mit dem Eis ist eine höhere räumliche Ordnung entstanden; diese wird aber durch die Unordnung der mit der höheren Temperatur verknüpften heftigeren thermischen Bewegung *überkompensiert*. Diese zweite Interpretation lehnt sich begrifflich an die stattfindenden Entropieänderungen an (Entropieerniedrigung bei der Kristallisation, Entropieerhöhung durch Temperaturerhöhung). Sie sprengt dabei aber den meist gemeinten *räumlichen* Ordnungsbegriff, da nun Unordnung mit der thermischen Bewegung verknüpft wird (*Impulsraum*).
- c2) Die Problematik wird noch deutlicher, wenn man nicht die Kristallisation aus der Schmelze, sondern aus der Lösung betrachtet (WRIGHT 1970;

wieder im thermisch isolierten System): Aus einer übersättigten Lösung eines Salzes kann spontan ein Teil der gelösten Substanz in kristalliner Form ausfallen. Je nach Substanz wird dabei die Lösung wärmer oder aber kälter! (Dies hängt davon ab, ob die bei der Kristallisation freiwerdende Energie überwiegt, oder aber die zur Auflösung der Hydrathüllen der Ionen benötigte Energie; siehe z. B. ULICH & JOST 1970). Es gibt also Fälle, wo die obige übliche Interpretation „Überkompensation der entstandenen Ordnung“ versagt. Hier erscheint jeder Versuch gekünstelt, eine zunehmende Unordnung hineinzuzinterpretieren.

Das anschauliche Modell der farbigen Kugeln müßte abgeändert werden: Die Kugeln müssen mit Haken und Ösen oder mit kleinen Magneten versehen werden, welche die Wechselwirkungen darstellen. Beim Mischen bilden sich jetzt geordnete Bereiche.

- d) Die angeführten Beispiele erlauben noch, einer homogenen räumlich geordneten Phase (Kristall) eine niedrigere Entropie zuzuschreiben. Aber auch hier scheint es Gegenbeispiele zu geben: Man hat experimentelle Hinweise, daß in Systemen, deren Elemente hinreichend viele innere Freiheitsgrade haben (Polymere), geordnete Bereiche (Cluster) vorliegen können, deren Entropie nicht erniedrigt ist (*Cluster-Entropie-Hypothese*, PECHHOLD U. A. 1976; 1979).

Die diskutierten Beispiele zeigen deutlich, daß der meist behauptete allgemeine Zusammenhang zwischen Entropie und Unordnung aufgegeben werden muß. C. F. V. WEIZSÄCKER (1972) schreibt: „[...] Andererseits haben wir gelernt, daß der 2. Hauptsatz besagt, daß die Unordnung wächst, aber das haben wir schlecht gelernt! Was er wirklich besagt, ist, daß die Entropie wächst.“ DINGLE (1959) spricht von „a most inessential visualization which has probably done much more harm than good“. Und JAYNES (1965) schreibt: „Glib, unqualified statements to the effect that ‚entropy measures randomness‘ are in my opinion totally meaningless, and present a serious barrier to any real understanding of these problems.“

Woher rühren nun eigentlich die Schwierigkeiten mit dem Ordnungsbegriff? Hier führt die Erinnerung an die statistische Definition der Entropie zu einem vertieften Verständnis: Entropie ist eine Funktion der Verteilung der Energiezustände. Nun ist die Energie eines Systems Funktion sowohl der Orts- als auch der Impulskoordinaten. Wie erwähnt lassen sich bestimmte Energiezustände als Punkte in dem *abstrakten hochdimensionalen Phasenraum* darstellen. Zunehmende Entropie bedeutet nun in der Tat eine gleichförmigere, weniger strukturierte und wenn man will, „unordentlichere“ Verteilung der Energiezustände in *diesem* Raum.

Umwandlung von mechanischer Energie in Wärme bedeutet z. B., daß Energie von einigen wenigen Orts- bzw. Impulskoordinaten auf sehr viele Im-

pulskoordinaten (Freiheitsgrade) umverteilt wird (*Dissipation*). Mit der räumlich geometrischen Ordnung des realen Systems braucht dies nicht verknüpft zu sein. Nur in den genannten speziellen Beispielen, wo die Systemelemente ohne Wechselwirkung sind (ideales Gas, Phononen: Energien der Teilchen nicht abstandsabhängig), geht eine Entropieerhöhung parallel mit einer zunehmenden räumlichen Unordnung (s. a. SCHLÖGL 1979).

Mit zunehmender Entropie kann also sowohl ein Strukturabbau als auch Strukturbildung einhergehen. Der 2. Hauptsatz läßt selbst in isolierten Systemen Strukturbildung zu.

5.2 Entropie und Komplexität

Der wenig scharf gefaßte Ordnungsbegriff bedeutet in der Physik vorwiegend eine räumliche Regelmäßigkeit (Periodizität) oder räumliche Vorzugsrichtung („architektonische Ordnung“, „kristallographische Ordnung“). Folgende, mehr *qualitative* Gesichtspunkte sollten für eine Präzisierung des Ordnungsbegriffs mit bedacht werden (vgl. EBELING 1976; WEHRT 1974; YOCKEY 1977; SCHAEFER 1984):

- a) Der Ordnungsbegriff ist eng mit dem Strukturbegriff verknüpft. Unter einer Struktur versteht man ganz allgemein die Menge der Relationen zwischen den Elementen eines Systems.
- b) Man kann Untermengen der Relationen betrachten und dann z. B. von „räumlicher Struktur“ oder „zeitlicher Struktur“ sprechen. Der Ordnungsbegriff bezieht sich auf bestimmte Relationen und ist nur unter Angabe dieser Relationen sinnvoll verwendbar: „Ordnung bezüglich ...“. *Beispiel:* Ein Kristall kann hohe Ordnung zeigen bezüglich der räumlichen Lage seiner Atome und niedere Ordnung bezüglich der Verteilung seiner Isotope.
- c) Räumliche periodische Strukturen werden mit dem Symmetriebegriff klassifiziert und beschrieben. Hohe Symmetrie (z. B. die Homogenität einer Flüssigkeit) ist mit geringer Strukturiertheit und Ordnung verbunden. Bei *Abnahme* der Symmetrie (durch Kristallbildung) wächst die Strukturierung und die Ordnung. Auch hier müßte man wieder präzisieren: „Ordnung bei makroskopischer Betrachtungsweise“. Betrachtet man eine Flüssigkeit auf der molekularen Ebene, so ist sie keineswegs räumlich homogen, sondern man findet ein „Wimmeln wechselnder Gestalten“ (C. F. v. WEIZSÄCKER 1974).
- d) C. F. v. WEIZSÄCKER (1972; 1974) hat in seinem „Kondensationsmodell“ verschiedene Betrachtungsebenen (semantische Ebenen) eingeführt und gezeigt, wie man mit der SHANNONSchen Entropie (Information) Maße für Gestaltenreichtum angeben kann. Ein solches Maß tritt als *ein* Term

in einer Summe von Termen auf, die *insgesamt* die thermodynamische Entropie ausmachen (diese Summendarstellung hängt an der Einfachheit des Modells!).

- e) Die V. WEIZSÄCKERSchen Überlegungen erinnern vor allem auch daran, daß es bei biologischer Ordnung gar nicht primär um Regelmäßigkeit geht, sondern um *Komplexität* im Sinne einer *funktionalen Ordnung*. Kristallographische Ordnung kann man durchaus in lebenden Organismen auch finden (Symmetrie bei Blütenständen, kristalline Knochensubstanz usw.), dies ist aber nicht entscheidend. Es geht um durch die Lebensfunktionen bedingte komplexe Strukturen.
- f) Es gibt einen interessanten Versuch von KOLMOGOROFF U. A. (Literatur bei YOCKEY 1977), „Komplexität“ *algorithmisch* zu definieren und zu messen. Als Beispiel betrachte man folgende beiden Sequenzen von Binärziffern (CHAITIN 1975):

0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0

Beide Folgen können mit *derselben* Wahrscheinlichkeit (2^{-20}) als Ergebnis von 20 Münzwürfen auftreten. Die (mittlere) Information ist dieselbe! Dennoch ist der Grad an Ordnung bzw. Zufälligkeit völlig verschieden. Die erste Folge erscheint konstruiert, die zweite zufällig. Die erste Folge läßt sich offenbar durch die einfache Bildungsvorschrift (Algorithmus) „10 mal 01“ voll charakterisieren; für die zweite Folge ist keine kurze Bildungsvorschrift erkennbar; evtl. muß man die ganze Folge selber angeben. Als Maß für Komplexität wählt man nun die SHANNONSche Entropie des kürzest möglichen Algorithmus, der eine vorliegende Sequenz beschreibt. Regelmäßige Folgen haben einen im Vergleich zu der Folge kurzen Algorithmus und damit eine geringe Komplexität, kompliziert strukturierte Folgen eine hohe, „zufällige“ Folgen die maximale Komplexität. Dieses Maß rückt Zufälligkeit und Komplexität überraschend nahe zusammen. Es sagt allerdings nichts über die Entstehung der Sequenzen (zufällig oder planvoll) aus!

PAPENTIN (1980a; 1980b) macht den vielversprechenden Versuch, das Komplexitätsmaß weiter zu verfeinern und in „organisierte Komplexität“ und „unorganisierte Komplexität“ zu zerlegen. Allerdings ist dazu weitere Information notwendig, die nicht in der betrachteten individuellen Sequenz selber steckt. Die Subjektbezogenheit des Informationsbegriffs wird hier wieder augenfällig. Die Quantifizierung der Komplexität biologischer Strukturen ist ein überaus schwieriges Unternehmen, das erst in den Anfängen steht.

Ein besonders bemerkenswertes Ergebnis der Komplexitätstheorie sei noch angeführt: Man kann zwar die Ordnung einer Sequenz durch Auffinden eines hinreichend kurzen Algorithmus beweisen, es ist aber *unmöglich* zu beweisen, daß für eine Sequenz *kein* kürzerer Algorithmus existiert, daß diese also „echt zufällig“ ist. Zur Veranschaulichung betrachte man die Ziffernfolge

1 4 1 5 9 2 6 5 3 5 8 9 7 9 3 2 3 8 4 6.

Sie erscheint völlig regellos – dabei handelt es sich um die ersten 20 Dezimalen der Zahl π , für die einfache Berechnungsvorschriften existieren.

Die aufgeführte Unmöglichkeitssaussage reicht bis an die Wurzeln der mathematischen Beweistheorie und ist mit dem metamathematischen GÖDELSchen Theorem verknüpft (CHAITIN 1975).

Ist man gewillt, den engen mathematischen Rahmen zu verlassen, so wirft diese Aussage auch Licht auf die Problematik von *Zufall und Fügung*: Wenn jemand behauptet, eine Ereignisfolge sei zufällig (im Sinne von planlos, absichtslos), wie z. B. die Entstehung des Lebens (MONOD 1971), so ist dies eine Glaubensaussage und prinzipiell nicht beweisbar! Hier ist ein Freiraum für alternative Deutungen; niemand ist gezwungen, an den Zufall zu glauben. Der Glaube an einen planenden Schöpfer ist logisch nicht falsifizierbar – der Glaube an den Zufall nicht verifizierbar (vgl. hierzu auch BIERLEIN 1979).

Dieser Abschnitt sollte darauf hinweisen, daß architektonische Ordnung, Regelmäßigkeit in der Physik wenig mit der interessierenden funktionalen Ordnung der Biologie zu tun hat.

Da nun bereits in der Physik die thermodynamische Entropie im allgemeinen kein brauchbares Ordnungsmaß darstellt, ist gar nicht zu erwarten, daß Entropie (und die damit verknüpfte Information) und Komplexität irgendwie zusammenhängen. Die Gültigkeit des 2. Hauptsatzes braucht nicht angezweifelt zu werden, er ist zuständig für die irreversiblen Stoffwechselprozesse; für die Frage nach der Entstehung und Aufrechterhaltung von funktionaler Ordnung ist er ein zwar gültiges, aber nichtssagendes Rahmengesetz. MCCLENDON (1980) schreibt: „Now the problem is the evolutionary development of a great variety of organisms, all of which carry on the same basic metabolic activities. Here the usefulness of the thermodynamic version of information theory is lost, insofar as evolution goes“ (vgl. auch ZOTIN 1978).


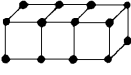

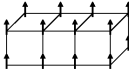
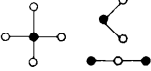

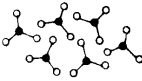
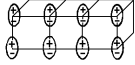
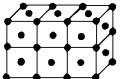

YOCKEY (1977), der mit der Informationstheorie (SHANNONSche Entropie) die Bildungswahrscheinlichkeit komplexer Biopolymere berechnet, betont: „The efforts [...] to relate considerations which involve thermodynamic

entropy to biology are misdirected if only because they are using an entropy which is irrelevant to the problem [...] The flow of energy in an organism is an important aspect of life, however, the genome functions as a control of this energy flow and in a sense operates orthogonal to it. As far as the origin of life is concerned thermodynamics and ‚heat death‘ of the universe are irrelevant. We must consider genetic entropy not thermodynamic entropy.“

Die besonderen Eigenschaften komplexer Systeme werden von KORNWACHS & LUCADOU 1984 untersucht.

5.3 Konservative und dissipative Strukturen

Ursache für die Strukturbildung in Materie sind elektromagnetische Wechselwirkungen, die man im Rahmen der Quantentheorie gut versteht und (näherungsweise) berechnen kann. Die folgende Abbildung (STIERSTADT 1978) zeigt einige Beispiele (s. a. Abschn. 2.2, S. 253).

Plasma		Überstruktur	
Atom		Magnetismus	
Molekül		Supraleitung	
Flüssigkeit		Ferroelekttrizität	
Kristall		Kernmagnetismus	

Durch elektromagnetische Wechselwirkung geordnete Strukturen der Materie.

Die räumlich oft sehr komplizierte Gestalt größerer Moleküle (Biopolymere: Proteine, DNS-Doppelhelix, Lipide) folgt aus der sehr ausgeprägten Richtungs- und Abstandsabhängigkeit von einigen der Wechselwirkungstypen (chemische Bindung, Wasserstoffbrückenbindung).

Bei Systemen aus vielen Teilchen (Atome, Moleküle) können sehr unterschiedliche Ordnungs- oder Strukturierungsgrade vorliegen. Grob gesagt besteht eine Konkurrenz zwischen den strukturierenden Wechselwirkungen (Energie der Lage) und der Bewegungsenergie der Systemelemente. Bei hin-

reichend tiefer Temperatur kondensiert alle Materie in mehr oder weniger geordneter Weise, bei hoher Temperatur dominiert dagegen die ungeordnete Bewegung der Teilchen.

In dem umfangreichen Gebiet der Theorie der *Phasenübergänge* (Phase = Bereich einheitlicher makroskopischer physikalisch-chemischer Eigenschaften) beschäftigt man sich mit den allgemeinen Zügen und den Details des Übergangs zwischen Zuständen unterschiedlichen Ordnungsgrades (s. z. B. STIERSTADT 1978; Kondensationsmodell, C. F. v. WEIZSÄCKER 1974). Beim Überschreiten einer Stabilitätsgrenze wird eine Phase instabil und eine neue Phase bildet sich.

Die geschilderten „statischen“, „architektonischen“ Strukturen benötigen im thermodynamischen Gleichgewicht keine andauernde Energiezufuhr. Man nennt sie auch *konservative Strukturen* (EIGEN, WINKLER 1975). Sie spielen zusammen mit den Gleichgewichts-Phasenübergängen eine wichtige Rolle in lebenden Systemen.

Beispiele: Faltblattstrukturen von Proteinen, Helixstrukturen von Nukleinsäuren, geordnete Lipidmembranen; Phasenübergang in Lipidschichten der Lungenbläschen (STIERSTADT 1978).

Oft liegt allerdings nicht eine räumliche Regelmäßigkeit, „Periodizität“, „kristallographische Ordnung“ vor, sondern eine „organisierte Komplexität“. Räumliche Periodizität scheint eher ein Zeichen fehlender Lebensfähigkeit zu sein (kristallisierte Viren!).

Bei der *Entstehung* komplizierter Gleichgewichtsstrukturen spielen neben den inneren Eigenschaften des Systems (charakterisiert durch GIBBS-Funktionen) die Anfangs- und Randbedingungen eine wesentliche Rolle (s. Abschn. 6, S. 298). So versucht KUHN (1978) in seinen Modellvorstellungen zur Entstehung des Lebens die Bildung von Nukleinsäuren durch komplizierte „Temperaturzeitprogramme“ und spezielle räumliche Randbedingungen (poröses Gestein u. ä.) plausibel zu machen.

Man kennt nun noch einen zweiten wichtigen Strukturbildungsmechanismus, der nicht im Gleichgewicht und auch nicht in Gleichgewichtsnähe („thermodynamischer Zweig“), sondern ferne vom Gleichgewicht abläuft. Bei wachsender Auslenkung eines Systems aus dem Gleichgewicht können Instabilitäten entstehen, bei denen das System sprunghaft von dem einen stationären Zustand in einen anderen, höher strukturierten Zustand springt. Allerdings kann auch ein Umschlag zu „chaotischem“ Verhalten erfolgen, wenn z. B. eine Flüssigkeitsströmung turbulent wird. Da in stationären Zuständen (eigentlich: stationären Prozessen) Energie dissipiert (und Entropie produziert) wird, spricht man von *dissipativen Strukturen* (vgl. die Beispiele in Abschn. 2.3, S. 254). Die interessanten Analogien zu den Phasenübergängen sowie die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Ferngleichgewichtsstruk-

turen sind aktueller Gegenstand der Forschung (PRIGOGINE; HAKEN; Übersichtsartikel: BECKER 1977; HAKEN 1980a; 1980b; PRIEBE 1981 u. v. a.; ferner: PRIGOGINE 1979; HAKEN 1977).

Zu den wesentlichen Charakteristika gehören nichtlineare Gesetzmäßigkeiten (z. B. nichtlineare Strömungsgleichungen, autokatalytische Reaktionsschemata), welche eine rückgekoppelte Wechselwirkung der Teile eines Systems bewirken. Das beobachtete kollektive, kooperative Verhalten in solchen Systemen (*Beispiel*: gemeinsame Rotation von Flüssigkeitsteilchen beim BENARD-Experiment) wird von HAKEN mit dem gewichtigen Begriff „Selbstorganisation“ bezeichnet (WEIDLICH 1980: „Selbstkonsistenz“).

Beispiel: Beim Laser werden die Atome durch ein elektromagnetisches Feld zur kohärenten Emission von Licht gezwungen („versklavt“); dieses Feld wird andererseits von den Atomen *selbst* erzeugt. Hierbei sollte man allerdings den entscheidenden Einfluß der äußeren Bedingungen nicht vergessen (Anordnung des Apparats, geeignet bemessener Energiedurchfluß [„Pumprate“] usw.). Die „Selbstorganisation“ wird durch viel „Fremdorganisation“ erst ermöglicht.

Ferngleichgewichts-Strukturen mit charakteristischem kooperativem Verhalten der Teilsysteme und Instabilitäten mit Strukturumschlag findet man in überraschend vielen Bereichen (Laser, autokatalytische oszillierende chemische Reaktionen, Wirbelbildung in Strömungen, revolutionäre Änderungen in Gesellschaften, revolutionärer Paradigmenwechsel in den Wissenschaften). Die Herausarbeitung der gemeinsamen Eigenschaften solcher Systeme ist Gegenstand der *Synergetik* (HAKEN; „Lehre vom Zusammenwirken“).

Auch in manchen biologischen Prozessen erkennt man inzwischen dissipative Strukturen. Ihre Gleichgewichtsferne wird oft als entscheidendes Kennzeichen des biologischen Lebens angesehen: Nach dem Tode geht ein Organismus ins thermodynamische Gleichgewicht über.

Beispiele für zeitlich periodische Prozesse (PRIEBE 1981; PRIGOGINE 1979):

- 1) glykolytischer Abbau der Glucose
- 2) Stoffwechsel (Atmungskette) in den Mitochondrien
- 3) Kreislaufrhythmen
- 4) Enzymsynthese

Die Existenz solcher Prozesse ist an spezielle Anfangsbedingungen geknüpft („passender“ Input von Glucose, intakte Organellenmembran u. a.). Sind die Anfangsbedingungen weniger komplex als der Prozeß selber?

Mit den etwas primitiven Periodizitäten der dissipativen Strukturen ist man allerdings noch weit entfernt vom Verständnis der organisierten Komplexität von Organismen (Problem der *Gestalt*: vgl. dazu VOLLMERT 1978).

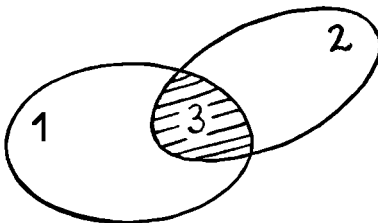
Es wird nun der Versuch unternommen, nicht nur *vorhandene* Muster als dissipative Strukturen zu deuten, sondern auch deren *Entstehung* durch

Ferngleichgewichtsphasenübergänge zu erklären: „Es scheint heute, daß die meisten biologischen Vorgänge auf Mechanismen beruhen, an denen deutlich wird, daß das Vorhandensein belebter Materie weit vom Gleichgewicht entfernte Bedingungen voraussetzt, die jenseits der Stabilitätsgrenze des thermodynamischen Zweiges liegen. Es ist daher ein sehr verlockender Gedanke, die Entstehung des Lebens mit aufeinanderfolgenden Instabilitäten in Zusammenhang zu bringen“ (PRIGOGINE 1979). In diesem Sinne entwirft EIGEN (1971; 1975; 1980) sein „Hyperzyklen“-Modell. Hier verschärft sich die Frage nach den „geeigneten“ Anfangsbedingungen. Waren die notwendigen Bedingungen alle immer zur rechten Zeit mit hinreichend großer Wahrscheinlichkeit vorhanden? (Vgl. den Beitrag von P. Rüst in diesem Band S. 51ff).

Konservative und dissipative Strukturen sind offenbar *vorhanden* als notwendige Bestandteile existierender lebender Systeme. Können sie spontan *entstehen* und im Laufe der Zeit immer komplexer werden? Die thermodynamischen Hauptsätze schließen dies, wie gezeigt, nicht aus. Ist aber eine spontane Lebensentstehung und ein Komplexitätswachstum mit den heute bekannten physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten als hinreichend wahrscheinlich zu begreifen? Fachleute bezweifeln das ernsthaft (siehe Abschn. 7, S. 301). Als Zugang zu dieser Kritik soll nun noch das aufgetauchte Problem der Anfangs- und Randbedingungen diskutiert werden.

6. Hauptsätze und Anfangsbedingungen

Bei der Diskussion der Hauptsätze wurde hervorgehoben, daß ihr wesentliches Charakteristikum darin besteht, daß sie allgemeine einschränkende Aussagen über Prozeßrealisierungen machen. Die Situation ist in folgendem (mengentheoretischen) Diagramm grob veranschaulicht:



- 1: Menge der nach dem Ersten Hauptsatz möglichen Prozeßrealisierungen
- 2: Menge der nach dem Zweiten Hauptsatz möglichen Prozeßrealisierungen
- 3: Schnittmenge der nach dem Ersten und Zweiten Hauptsatz möglichen Prozeßrealisierungen

In der Natur werden nur Prozeßrealisierungen aus der Schnittmenge 3 beobachtet. (Zur Differenzmenge [1-3] gehört das *Perpetuum mobile 2. Art*; zur Differenzmenge [2-3] kann ein *Perpetuum mobile 1. Art* gehören oder z. B. ein isoliertes sich erwärmendes [!] Metallstück.) Die Menge 3 der möglichen Prozeßrealisierungen wird durch die

anderen bekannten *Erhaltungssätze* (Impulserhaltung, Ladungserhaltung u. a.) weiter reduziert.

Existieren nun noch *weitere gesetzmäßige Einschränkungen* von Prozeßrealisierungen (Verkleinerung der Menge 3)?

Es gibt nun tatsächlich andere Erfahrungsbereiche, wo über die thermodynamischen Hauptsätze hinaus eine ganz charakteristische gesetzmäßige Einschränkung der denkbaren Prozesse stattfindet: dies sind Wellenausbreitungsphänomene (DAVIES 1977; PENROSE & PERCIVAL 1962; POPPER 1958).

Ein *Beispiel* verdeutlicht das Wesentliche: Das System bestehe aus einem Wasserteich mit einem unregelmäßig geformten Ufer. Stört man die Wasseroberfläche ungefähr in der Mitte des Teichs, so pflanzt sich die Störung bekanntlich als Kreiswelle bis zum Ufer fort. Der umgekehrte Prozeß, das Zusammenlaufen der gleichen Welle vom Ufer her zu einem Punkt in der Teichmitte, wird nie beobachtet, obwohl die zuständige Wellengleichung beide Prozesse zuläßt.

Hier bestehen Analogien zu der Asymmetrie bei irreversiblen Prozessen, wo durch den 2. Hauptsatz immer nur *eine* Prozeßrealisierung ausgewählt wird. In dem hier genannten Beispiel spielt der 2. Hauptsatz aber offenbar keine entscheidende Rolle, wenn man Reibungsdämpfung vernachlässigt. Die Einschränkung von Prozeßrealisierungen hängt hier mit den Anfangsbedingungen zusammen: Die Anfangsbedingung für die Wellenausbreitung von der Teichmitte her läßt sich sehr leicht durch einen Steinwurf o. ä. realisieren. Die Anfangsbedingung für den Umkehrprozeß wäre eine extrem komplizierte phasenkorrelierte Bewegung des gesamten Ufers. Dies ist durch die Wellengleichung nicht ausgeschlossen, aber doch so unwahrscheinlich, daß es nie beobachtet wird. Weitere Beispiele finden sich bei DAVIES (1977) und KRAUS (1973). Merkwürdigerweise führt die tiefere Untersuchung der hier geschilderten Asymmetrie bei Wellenphänomenen wie beim 2. Hauptsatz zu kosmologischen Überlegungen. Für Strukturbildungsfragen ist die geschilderte Einschränkung wohl ohne Bedeutung. Es ist eine offene Frage, ob es weitere allgemeine, gesetzmäßige Bedingungen gibt, die Prozeßrealisierungen einschränken.

Neben den *allgemeinen* Einschränkungen von Prozeßrealisierungen müssen nun *spezielle* Einschränkungen diskutiert werden, nämlich ungeeignete Anfangs- und Randbedingungen.

Beispiel: Man denke an die Synthese eines technischen Polymers, wie z. B. Polyethylen $(-CH_2-)_n$. Dieser Prozeß läuft großtechnisch ab, und niemand zweifelt, daß er im Rahmen der Hauptsätze stattfindet. Auch gibt es keine Anhaltspunkte dafür, daß der Bau der zugehörigen chemischen Anlagen oder die Entdeckung des geeigneten Katalysators im Widerspruch zum 2. Hauptsatz stehen. Trotzdem wird dieser Prozeß in der Natur nie beobachtet – die Bezeichnung „Kunststoff“ deutet ja darauf hin. Das raumzeitliche Zusammentreffen der geeigneten Reaktionspartner einschließlich des Katalysators, sowie das Vorliegen der „richtigen“ Werte von Temperatur, Druck, Konzentration usw. ist extrem unwahrscheinlich und wurde nie beobachtet.

Eine mit den Hauptsätzen verträgliche Prozeßrealisierung ist also dann nicht möglich, wenn im System und in der Umgebung „geeignete“ Anfangszustände gar nicht vorliegen. In dem genannten Beispiel werden die notwendigen Bedingungen von Menschen gesetzt und der Prozeß wird dadurch ermöglicht. (In der Praxis steuert meist ein Prozeßrechner die chemischen Anlagen „automatisch“. Der Rechner aber braucht ein Programm und einen Programmierer!)

Diese Art der Einschränkung von Prozessen läßt sich auch aus der allgemeinen „Wenn-dann-Struktur“ naturwissenschaftlicher Aussagen ablesen: „Wenn bestimmter Anfangszustand, dann (geregelt durch Gesetze) bestimmter Endzustand“.

Wegen des gesetzmäßigen Prozeßablaufs ist der gewünschte Endzustand nur von einem (oder mehreren) bestimmten Anfangszuständen aus erreichbar. (Beispielsweise muß bei einem isolierten System der Anfangszustand im Vergleich zum Endzustand dieselbe Energie und geringere Entropie besitzen.) *Ob* (oder mit welcher Wahrscheinlichkeit) aber der benötigte Anfangszustand vorliegt, braucht gerade nicht durch diejenigen Gesetze festgelegt zu sein, die den Prozeßablauf bestimmen. Allgemein kann man sagen: Vorgänge in der Natur werden durch die Naturgesetze allein gar nicht ganz festgelegt, es müssen noch Anfangsbedingungen (oder „Randbedingungen“) hinzukommen. Man muß zusätzliche Größen angeben, die nicht aus den Gesetzen ableitbar sind (Kontingenzproblem).

Beispiel: Die Anwendung des Gravitationsgesetzes auf das Problem der Bewegung von Körpern (Planeten, Kometen) im Zentralfeld der Sonne ergibt die Lösung: Die Bahnen sind Kegelschnitte, also Ellipsen, Parabeln, Hyperbeln. Welcher der Bahntypen, welche räumliche Lage und welche individuelle Bahn nun tatsächlich vorliegt, wird erst durch Anfangsbedingungen über Ort, Impuls oder ähnliches festgelegt. Unter Umständen lassen sich diese Bedingungen als gesetzmäßige Folge einer Theorie der Planetenentstehung verstehen. Diese Theorie wird aber ihrerseits Anfangsbedingungen benötigen, und seien es auch nur gewisse Naturkonstanten. Die Grenze zwischen Gesetzmäßigem und Kontingentem läßt sich zwar hinausschieben, aber nicht beseitigen. „Die Welt ist durch die erkannten und erkennbaren Naturgesetze gar nicht eindeutig bestimmt“ (FREY 1965).

Der Indeterminismus in der Quantenmechanik bringt nun noch einen weiteren wesentlichen Aspekt: Während die klassisch-deterministische Physik die Kontingenz auf den Anfang, den Rand beschränkt, ist bei mikrophysikalischen Prozessen „der Vorrat an Kontingenz gewissermaßen über den ganzen Zeitablauf hinweg verteilt“ (WEIDLICH 1980). Man kann davon sprechen, daß hier fortlaufend Anfangsbedingungen neu „gesetzt“ werden. In sehr vielen Fällen kommt man zwar wegen des Gesetzes der großen Zahlen zu quasi-deterministischen makroskopischen Gesetzmäßigkeiten, gelegentlich schlagen aber auch einzelne indeterminierte Vorgänge ins Makroskopi-

sche durch (Nebelkammerspuren von Elementarprozessen, Rißbildung in Materialien, Keimbildung, Mutationen, Gehirnvorgänge?). Bei Prozessen in Systemen, die *empfindlich* auf mikrophysikalische Vorgänge ansprechen – und dazu gehören die biologischen Systeme – muß also neben den naturgesetzlichen Aspekten auch die permanent vorhandene „kontingente Öffnung“ mit bedacht werden. WEIDLICH (1980) spricht von der „Ankopplung an eine Art „Zufallsfeld“. Hier ist ein legitimer Freiraum, auch eine schwache steuernde außer-materielle Einflußnahme auf materielle Prozesse zu diskutieren, wie sie etwa von ECCLES für manche Gehirnvorgänge postuliert wird (ECCLES & ZEIER 1980; POPPER & ECCLES 1977).

Auch Alternativmodelle zu den gängigen Selbstorganisationsmodellen für die Lebensentstehung werden denkbar. Steuerung im Spielraum indeterminierter Elementarprozesse braucht dabei die Hauptsätze nicht zu verletzen: Bei kleinen *Energieumverteilungen* wird Energie weder erzeugt noch vernichtet, und Entropieschwankungen sind wegen des statistischen Charakters des Entropiesatzes ohnehin nicht ausgeschlossen.

Könnte sich nicht „schöpferische Information“ im Materiellen als Setzung von Randbedingungen manifestieren, die „von selbst“ nicht oder mit viel zu geringer Wahrscheinlichkeit vorliegen? LEWIS (1980) diskutiert sehr anschaulich, mit welcher Leichtigkeit die Natur solche „Eingriffe“ verkräftet und in den natürlichen Geschehensstrom einfügt. Im Grunde ist doch auch jede willentliche Handlung eines Menschen (sofern man ihn nicht auf einen datenverarbeitenden Automaten reduziert) ein Hinweis auf eine Beeinflußbarkeit „natürlicher“ Prozesse.

7. Zusammenfassung und Folgerungen

Die bekannten einschränkenden Gesetze für Prozeßrealisierungen schließen offenbar Strukturbildung, Entstehung von komplexen Gestalten, keineswegs aus. Insbesondere ist auch der 2. Hauptsatz als ein allgemeines „Rahmengesetz“ zu verstehen, das noch genügend Spielraum läßt „eine kaum zu überschauende Fülle von Phänomenen zu realisieren“ (KELLER 1979). Eine Kritik der Evolutionstheorie sollte deshalb nicht an *dieser* Stelle ansetzen.

Auf der anderen Seite sind heute keine physikalisch-chemischen allgemeinen Gesetzmäßigkeiten bekannt, welche über die – vom biologischen Standpunkt aus – primitiven dissipativen Strukturen hinaus eine Organisation zu immer komplexeren Gestalten beschreiben und fordern würden. So werden heutzutage in der Literatur lediglich *spezielle Modelle* diskutiert, die im Rahmen der bekannten Gesetze eine chemische und molekulare Evolution plausibel machen sollen (EIGEN 1971; 1975; 1980; KUHN 1978; BRESCH 1980). Die massive Kritik, die an solchen Modellen vorgebracht wird, läßt sich weitgehend als eine *Kritik der Anfangsbedingungen* verstehen. Lagen die

notwendigen Anfangs- und die begleitenden Randbedingungen überhaupt mit hinreichend großer Wahrscheinlichkeit vor?

Einige wenige Beispiele sollen diese Kritik verdeutlichen:

- 1) VOLLMERT (1978; 1979) zeigt, daß die in der angenommenen „Ursuppe“ vorliegende Monomeren-Mischung gerade nicht die geeignete Vorbedingung für die Synthese genügend langkettiger Biopolymerer war.
- 2) WILDER SMITH (1978) fragt immer wieder nach der Maschine, welche die – reichlich vorhandene – Energie organisiert, „gleichrichtet“. Auch dies kann man auffassen als die Frage nach den Anfangsbedingungen und den begleitenden Prozeßbedingungen, unter denen eine Organisation zu komplexen „Maschinen“ geschehen kann.

Bis heute lassen sich auch keine überzeugend wahrscheinlichen Bedingungen angeben, die anfangs eine Razematbildung bei der Proteinsynthese verhindert hätten. (Ein Razemat ist die Mischung zweier zueinander spiegelbildlicher Molekülformen. Bei Proteinen kommt in der Natur fast nur die „L-Form“, nicht die „D-Form“ vor.)

- 3) RÜST (1980) diskutiert die EIGENSche Theorie der molekularen Evolution (*Hyperzyklenmodell*) sowie ein Modell von BRESCH (1980, *Paketmodell*) und zeigt unter Bezug auf die aktuelle Fachliteratur, daß jeder einzelne Prozeßschritt selbst unter optimistischen Annahmen zu unwahrscheinlich ist. Da jeder Schritt Vorbedingung für den folgenden ist, folgt daraus eine so geringe Gesamtwahrscheinlichkeit für Vorformen von lebenden Zellen, daß die vorgeschlagenen Modelle als unzureichend angesehen werden müssen. Insbesondere ändert auch eine Variation einzelner Annahmen an dieser Aussage nichts.
- 4) YOCKEY (1977) schließt eine informationstheoretische Untersuchung über die Wahrscheinlichkeit der spontanen Lebensentstehung mit folgender Bemerkung: „One must conclude that, contrary to the established and current wisdom a scenario describing the genesis of life on earth by chance and natural causes which can be accepted on the basis of fact and not faith has not yet been written.“

Es ist nun keineswegs so, daß die Probleme bei der biologischen Evolution im engeren Sinne (Entwicklung des Lebens aus einer Urzelle; Makroevolution) geringer sind. Die grundlegenden Evolutionsmechanismen stellen sich immer deutlicher als unzureichend heraus (für kritische Überblicke s. z. B. KAHLE 1980; BECK 1979; VOLLMERT 1978).

Eine unvoreingenommene Betrachtung der gegenwärtig vorliegenden evolutionstheoretischen Erkenntnisse drängt zu dem Schluß, daß – naturwissenschaftlich formuliert – die Entstehung und Entwicklung des Lebens eine Kette von Zufallsereignissen extrem geringer Wahrscheinlichkeit war

(vgl. MONOD 1971). Gegen eine solche Aussage ist nichts einzuwenden, solange der Begriff *Zufall* im Sinne der Informationstheorie eine Beschreibungsebene maximaler Unkenntnis charakterisiert (HENNING 1980).

Es ist derzeit nicht entscheidbar, ob diese wissenschaftlich unbefriedigende Situation sich mit der Zeit durch überzeugende Experimente und Modelle bessert oder ob die angeführte Evolutionskritik auf ein *prinzipielles* Defizit der naturwissenschaftlichen Beschreibung hinweist. Manches spricht dafür, daß der für die Beschreibung *vorhandener* Strukturen so erfolgreich praktizierte *methodische Atheismus* der Naturwissenschaften beim Problem der *Entstehung* des Lebens unzureichend ist.

Literaturverzeichnis

- BAUMANN, R. P. (1966): Can Matter Be Converted to Energy? *J. Chem. Ed.* 43, 366
- BECK, H. W. (1979): *Biologie und Weltanschauung.* (Wort und Wissen. Bd. 1). Neuhausen-Stuttgart: Hänssler
- BECKER, F. (1977): *Chemie: Irreversible Thermodynamik und dissipative Strukturen.* *Umschau* 77(24), 784
- BEIER, W. (1962): *Biophysik.* Leipzig: VEB Georg Thieme (zit. nach LAMPRECHT & ZOTIN 1978)
- BEKENSTEIN, J. D. (1980): Black-hole Thermodynamics. *Physics today*, Jan. 1980, 24
- BETTWIESER, E. (1978): „Augenzeugen“ einer Sterngeburt? *Umschau in Wiss. u. Techn.* 78 (21), 659
- BIERLEIN, D. (1979): *Entscheidung und Verantwortung in kybernetischer Sicht.* (Wort und Wissen. Bd. 3). Neuhausen-Stuttgart: Hänssler
- BOHR, N.; KRAMERS, H. A.; SLATER, J. C. (1924): *Phil. Mag.* 47, 785 (zit. nach ECCLES & ZEIER 1980)
- BOIS, D. (1979): Entropie et désordre, une relation mythique (correspondance). *La Recherche* 10 (103), 927
- BRESCH, C.; NIESERT, U.; HARNASCH, D. (1980): Hypercycles, Parasites and Packages. *J. Theor. Biol.* 85, 399
- BRILLOUIN, L. (1962): *Science and Information Theory.* New York – San Francisco – London: Academic Press
- BUDJKO, N. (1972): Entropie und Information. *Ideen exakten Wissens [Zeitschrift]*, S. 313
- CAPURRO, R. (1978): *Information. Ein Beitrag zur etymologischen und ideengeschichtlichen Begründung des Informationsbegriffs.* München – New York – London – Paris: K. G. Saur
- CHAITIN, G. J. (1975): Randomness and Mathematical Proof. *Sci. Amer.* 232(5), 47
- DAVIES, P. C. W. (1977): *The Physics of Time Asymmetry.* Berkeley – Los Angeles: Univ. of California Press
- DINGLE, H. (1959): *Bull. Inst. Phys.* 10, 218 (zit. nach WRIGHT 1970)
- EBELING, W. (1976): *Strukturbildung bei irreversiblen Prozessen.* (BSB). Leipzig: B. G. Teubner
- ECCLES, J. C.; ZEIER, H. (1980): *Gehirn und Geist.* München: Kindler
- EIGEN, M. (1971): Selforganisation of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. *Naturwissenschaften* 58, 465
- EIGEN, M.; WINKLER, R. (1975): *Das Spiel.* München – Zürich: R. Piper

- EIGEN, M.; GARDINER, W. C. JR; SCHUSTER, P. (1980): Hypercycles and Compartments. *J. Theor. Biol.* 85, 407
- FALK, G. (1968): Theoretische Physik auf der Grundlage einer allgemeinen Dynamik. Bd. II: Allgemeine Dynamik. Thermodynamik. (Heidelberger TB Bd. 27). Berlin – Heidelberg – New York: Springer
- FALK, G.; RUPPEL, W. (1976): Energie und Entropie. Eine Einführung in die Thermodynamik. Berlin – Heidelberg – New York: Springer
- FREY, G. (1965): Erkenntnis der Wirklichkeit. Stuttgart – Berlin – Köln – Mainz: Kohlhammer
- GITT, W. (1981): Information und Entropie als Bindeglieder diverser Wissenschaftszweige. *PTB-Mitt.* 91, 1
- GLANSDORFF, P.; PRIGOGINE, I. (1971): Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations. London – New York – Sidney – Toronto: Wiley Interscience (Nachdruck 1978)
- HAASE, R. (1957): Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik und die Strukturbildung in der Natur. In: *Die Naturwiss.* 44 (15), 33
- HAKEN, H. (1977): Synergetics – An Introduction. Berlin – Heidelberg – New York: Springer
- HAKEN, H. (1980a): Ein neuer Zweig der Wissenschaft: Die Synergetik. *Bild der Wiss.* H. 3/1980, 84
- HAKEN, H. (1980b): Synergetics. Are Cooperative Phenomena Governed by Universal Principles? *Naturwissenschaften* 67, 121
- HEMMINGER, W.; HÖHNE, G. (1979): Grundlagen der Kalorimetrie. Weinheim – New York: Verlag Chemie
- HENNING, K. (1980): Die Entropie in der Systemtheorie. (Habilitationsschrift Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen)
- HUBER, A. (1975): Die informationstheoretische Begründung des Entropiebegriffs der statistischen Mechanik. (Habilitationsschrift Univ. Kiel)
- HUBER, A. (1978): On the Definition of Entropy for Arbitrary Phase Space Densities in Classical Statistical Mechanics. *Annals of the Israel Physical Society*, Vol. 2 – STATPHYS 13 –
- HUND, F. (1969): Grundbegriffe der Physik. Mannheim: Bibliograph. Institut
- JAYNES, E. T. (1957): Information Theory and Statistical Mechanics. *Phys. Rev.* 106, 620; 108, 171
- JAYNES, E. T. (1965): Gibbs vs. Boltzmann Entropies. *Am. J. Phys.* 33, 391
- JOB, G. (1972): Neudarstellung der Wärmelehre. Die Entropie als Wärme. Frankfurt/M.: Akademische Verlagsgesellschaft
- KAHLE, H. (1980): Evolution – Irrweg moderner Naturwissenschaften? Bielefeld: Moderner Buchservice C. P. v. Nottbeck
- KELLER, J. (1974): Über den Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik irreversibler Prozesse. Berlin – New York: de Gruyter

- KELLER, J. U. (1977): *Thermodynamik der irreversiblen Prozesse. Teil 1: Thermostatik und Grundbegriffe.* Berlin – New York: de Gruyter
- KELLER, J. U. (1979): *Technische Thermodynamik in Beispielen, Teil 1: Grundlagen.* Berlin – New York: de Gruyter
- KELLER, J. (1979a): persönliche Mitteilung
- KITTEL, CH. (1969): *Thermal Physics.* New York: J. Wiley
- KITTEL, CH.; KROEMER, H. (1993): *Physik der Wärme.* München – Wien: Oldenbourg-Verlag
- KITTEL, CH. (1973): *Physik der Wärme.* München – Wien: Oldenbourg / Frankfurt: J. Wiley
- KORNWACHS, K.; LUCADOU, W. v. (1984): *Komplexe Systeme.* In: KORNWACHS, K. (Hg.): *Offenheit – Zeitlichkeit – Komplexität. Zur Theorie der Offenen Systeme.* Frankfurt/M – New York: Campus
- KRAUS, K. (1973): *Über die Richtung der Zeit.* *Phys. Blätter* 29 (1), 9
- KUHN, H. (1978): *Modellvorstellungen zur Entstehung des Lebens.* *Phys. Blätter* 34, S. 208.255
- LAMPRECHT, I. (1978): *Application of the Concept of Classical Thermodynamics in Biology.* (In: LAMPRECHT & ZOTIN 1978)
- LAMPRECHT, I.; ZOTIN, A. I. (eds.) (1978): *Thermodynamics of Biological Processes.* Berlin: de Gruyter
- LANDAU, L. D.; LIFSCHITZ, E. M. (1969): *Lehrbuch der Theoretischen Physik. Bd. 5: Statistische Physik.* Berlin: Akademie-Verlag
- LEVINE, R. D.; TRIBUS M. (ed) (1979): *The Maximum Entropy Formalism.* Cambridge, Mass. – London: MIT Press
- LEWIS, C. S. (1980): *Wunder.* Basel – Gießen: Brunnen (2. Aufl.)
- MCCLENCON, J. H. (1980): *The Necessary Distinction Between Metabolism and Evolution: A Comment on the Thermodynamics of Evolution.* In: *J. Theor. Biol.* 83, 523
- MCGLASHAN, M. L. (1966): *The Use and Misuse of the Laws of Thermodynamics.* In: *J. Chem. Educ.* 43 (5), 227
- MEIXNER, J. (1976): *Entropie einst und jetzt.* (Rheinisch-westfälische Akademie der Wissenschaften, Vorträge N 260). Opladen: Westdeutscher Verlag
- MONOD, J. (1971): *Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie.* München: Piper (2. Aufl.)
- PAPENTIN, F. (1980a): *Complexity of Snowflakes.* *Die Naturwissenschaften* 67, 174
- PAPENTIN, F. (1980b): *On Order and Complexity. I.: General Considerations.* *J. Theor. Biol.* 87, 421
- PECHHOLD, W., R.; LISKA, E.; GROSSMANN, H. P.; HÄGELE, P. C. (1976): *On Present Theories of the Condensed Polymer State.* *Pure and Appl. Chem.* 46, 127

- PECHHOLD, W., R.; GROSSMANN, H. P. (1979): Meander Model of Condensed Polymers. *Faraday Disc.* 68, 59
- PENROSE, O.; PERCIVAL, I. C. (1962): *Proc. Phys. Soc.* 79, 605. (zit. n. DAVIES 1977)
- PETERS, J.: Einführung in die allgemeine Informationstheorie. Berlin – Heidelberg – New York: Springer 1967
- PHILBERTH, B. (1976): *Der Dreieine*. Aschaffenburg: Pattloch (4. Aufl.)
- PHILBERTH, B. (1980): persönliche Mitteilung
- PHILBERTH, K. (1977): *The Generation of Matter and the Conservation of Energy. With an additional Postscript*. Nachdruck aus: YOURGRAU, W. & BRECK, A. D. (eds.): *Cosmology, History, and Theology*. New York: Plenum Press 1976
- PLANCK, M. (1944): *Wege zur phys. Erkenntnis*. Leipzig (4. Aufl.) (zit. nach HAASE 1957), siehe auch: *Phys. Abhandlungen und Vorträge*. Bd. III. Braunschweig: 1958 (zit. nach WEHRT 1974)
- POPPER, K. R. (1958): *Nature* 181 (1958), 402; 179 (1957), 1297; 178 (1956), 382; 177 (1956), 538 (zit. nach DAVIES 1977)
- POPPER, K. R.; ECCLES, J. C. (1977): *The Self and Its Brain*. Berlin – New York – London: Springer International
- PRESNOV, E. V. (1978): *Formalism of Non-Equilibrium Phenomenological Thermodynamics* (in: LAMPRECHT & ZOTIN 1978)
- PRIEBE, L. (1981): *Rhythmus des Lebendigen*. Umschau 81 (2), 43
- PRIGOGINE, I. (1979): *Vom Sein zum Werden. Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften*. München – Zürich: Piper
- REIF, F. (1965): *Fundamentals of statistical and thermal physics*. Mac-Graw-Hill Kogakusha. Dt.: *Grundlagen der Physikalischen Statistik und Physik der Wärme*. (Hrsg. v. W. MUSCHIK). Berlin – New York: de Gruyter 1975
- RÜST, P. (1980): *Vermögen EIGENS Hyperzyklen eine spontane Lebensentstehung plausibel zu machen?* (unveröffentlichtes Manuskript)
- RYAN, J. P. (1980): *Information – Entropy Interfaces and Different Levels of Biological Organization*. *J. Theor. Biol.* 84, 31
- SALM, W. (1997): *Entropie und Information – naturwissenschaftliche Schlüsselbegriffe*. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG
- SCHLÖGL, F. (1971): *Produced Entropy in Quantum Statistics*. *Z. f. Physik* 249, 1
- SCHLÖGL, F. (1979): *Information Measures and Thermodynamic Criteria of Motion*. (in: GÜTTINGER, W.; EIKEMEIER, H. (eds.): *Structural Stability in Physics*. Berlin – Heidelberg – New York: Springer 1979)
- SCHMUTZER, E. (1972): *Symmetrien und Erhaltungssätze der Physik*. Berlin: Akademie-Verlag
- SCHMUTZER, E. (1973): *Symmetrien in den physikalischen Naturgesetzen*. I, II. *Phys. Bl.* 29, S. 213.260
- SEXL, R. (1980): *Explodierende Schwarze Löcher*. *Phys. Blätter* 36 (7), 169

- STIERSTADT, K. (1978): Phasenübergänge in Physik und Biologie. Phys. Bl. 34 (7), 304; 34 (8), 358
- SZILARD, L. (1929): Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen. Z. f. Phys. 53, 840
- ULICH, H.; JOST, W. (1970): Kurzes Lehrbuch der physikalischen Chemie. Darmstadt: Steinkopff (17. Aufl.)
- VOLLMERT, B. (1978): Das Makromolekül DNS. Entstehung und Entwicklung des Lebens: Fügung oder Zufall? Pfinztal: G. F. Sass
- VOLLMERT, B. (1979): Grundriß der Makromolekularen Chemie. Bd. 2. Karlsruhe: E. Vollmert
- WEHRT, H. (1974): Über Irreversibilität, Naturprozesse und Zeitstruktur (in: WEIZSÄCKER, E. v. 1974)
- WEIDLICH, W. (1980): Naturwissenschaft und Gottesbegriff. (Vortrag, gehalten am 18. 1. 1980 an der Kirchlichen Hochschule Berlin und am 11. 6. 1980 vor der ESG Stuttgart)
- WEIZSÄCKER, C. F. v. (1970): Zum Weltbild der Physik. Stuttgart: Hirzel (11. Aufl.)
- WEIZSÄCKER, C. F. v. (1971): Der zweite Hauptsatz und der Unterschied von Vergangenheit und Zukunft (in: ders.: Die Einheit der Natur. München: Hanser)
- WEIZSÄCKER, C. F. v. (1972a): Vorbereitete Diskussionsbemerkung. Nova Acta Leopoldina 37/1 (206), 503
- WEIZSÄCKER, C. F. v.: (1972b) Entwicklung und Wissenschaft. Nova Acta Leopoldina 37/2 (207), 7
- WEIZSÄCKER, C. F. v. (1974): Evolution und Entropiewachstum (in: WEIZSÄCKER, E. v. 1974)
- WEIZSÄCKER, E. v. (Hrsg.) (1974): Offene Systeme I.: Beiträge zur Zeitstruktur von Information, Entropie und Evolution. Stuttgart: Klett
- WEIZSÄCKER, E. v. (1974a): Erstmaligkeit und Bestätigung als Komponenten der pragmatischen Information (in: WEIZSÄCKER, E. v. 1974)
- WILDER SMITH, A. E. (1978): Die Naturwissenschaften kennen keine Evolution. Basel – Stuttgart: Schwabe & Co.
- WILSON, J. A. (1968): Entropy, not Negentropy. In: Nature 219, 535
- WRIGHT, P. G. (1970): Entropy and Disorder. Contemp. Phys. 11 (6), 581
- YOCKEY, H. P. (1977): A Calculation of the Probability of Spontaneous Biogenesis by Information Theory. In: J. Theor. Biol. 67, 377
- ZOTIN, A. I. (1978): The Second Law, Negentropy, Thermodynamics of linear irreversible Processes (in: LAMPRECHT & ZOTIN 1978)
- ZUCKER, F. J. (1974): Information, Entropie, Komplementarität und Zeit. (in: WEIZSÄCKER, E. v. 1974)

Teil 3

Theologische

Gesichtspunkte

zur Frage

„Schöpfung und / oder Evolution“

3.0 Vorbemerkung

Hermann Hafner

Vorbemerkung

Nachdem die vorangehenden Beiträge die Evolutionstheorie in einigen grundlegenden naturwissenschaftlichen Aspekten exemplarisch skizziert und kritisch befragt haben, wenden wir unser Interesse nunmehr dem Themenkomplex zu, in dem die christliche Gemeinde und Theologie sich über die Grundlagen des Daseins und Soseins der Weltwirklichkeit ausspricht: der Schöpfungslehre.

Da wir die Frage nach deren Verhältnis zu den Aussagen der Evolutionstheorie erst klären wollen, dürfen wir diesbezüglich nichts vorwegnehmen, sondern lassen jede solche Verhältnisbestimmung zunächst offen und betrachten die christliche Schöpfungslehre als einen selbständigen und der Evolutionstheorie unabhängig gegenüberstehenden Aussagezusammenhang. Auch die Frage, ob (und wenn ja, inwiefern) Schöpfungslehre und Evolutionstheorie denselben Geschehenszusammenhang zum Gegenstand haben, muß vorläufig unentschieden bleiben.

Wir müssen also gründlich „umschalten“ und uns einem neuen Sachzusammenhang zuwenden, um diesen von seinen eigenen Voraussetzungen her zu verstehen.

Natürlich legt sich der Gedanke nahe, mit einer kurzen Definition oder wenigstens Explikation des Schöpfungsbegriffs zu beginnen, damit von Anfang an klar ist, wovon man redet und worauf sich die Untersuchung bezieht.

Aber gerade an diesem Zweck gemessen würde sich eine solche Vorab-Definition als Kurzschluß erweisen, durch den man die weitere Behandlung des Gegenstandes von dessen eigentlichen Grundlagen abgetrennt hätte. Denn das biblische und christliche Reden von Schöpfung ist nicht durch Definitionen begründet und in seinem Bedeutungsgehalt festgelegt worden, sondern hat seine entscheidende Prägung durch den vollzogenen Sprachgebrauch in einem konkreten Geschichtszusammenhang empfangen – und zwar durch einen Sprachgebrauch, der eine große Vielfalt und Vielschichtigkeit aufweist. Man kann wohl versuchen, bestimmte Merkmale dieses Sprachgebrauchs sekundär durch Definitionen zu erfassen und festzuhalten – aber dies bleibt eben ein sekundärer Vorgang und ändert nichts daran, daß der Glaube der christlichen Gemeinde seine Grundlagen und Wurzeln

nicht in diesen Definitionen hat (die ja unter diesen Umständen immer auch nur eine Auswahl aus den Merkmalen des gegebenen Sprachgebrauchs erfassen können!), sondern in jenen biblischen Worten mit ihrem vielschichtigen Sprachgebrauch selbst und in den historischen Situationen, aus denen diese Worte und ihr Sprachgebrauch hervorgingen (darin liegt die unverzichtbare und durch keine „Lehre“ ersetzbare Bedeutung der Bibel für den christlichen Glauben!).

Angemessener als eine Vorab-Definition wird es also sein, wenn wir unser Verständnis dessen, was mit dem biblisch-christlichen Reden von Schöpfung gemeint ist, unmittelbar an der Untersuchung des grundlegenden biblischen Sprachgebrauchs ausrichten.

Dies ist zusammen mit der Einführung in die historischen Zusammenhänge des biblischen Schöpfungszeugnisses und einer kurzen zusammenfassenden Auswertung die Aufgabe des *ersten* der folgenden drei Beiträge (S. 313ff.).

Im *zweiten* Beitrag (S. 363ff.) sollen anhand eines knappen Durchgangs durch die Geschichte christlicher Schöpfungslehre einige grundlegende Aspekte kirchlicher Lehrbildung beleuchtet und ein Einblick in die Vielfalt von Ausprägungen der Schöpfungslehre gegeben werden.

Der *dritte* Beitrag (S. 391ff.) schließlich wird die Frage nach den Beziehungen zwischen christlicher Schöpfungslehre und der Evolutionstheorie angehen und versuchen, die Grundlagen der Problemstellung und einige Grundaspekte zu einer Antwort herauszuarbeiten.

Zahlen in eckigen Klammern bei Literaturangaben verweisen auf die entsprechende Nummer des Literaturverzeichnisses, das für alle drei theologischen Beiträge auf S. 459ff zusammengestellt ist.

3.1 Zum biblischen Schöpfungszeugnis

Hermann Hafner

Das biblische Schöpfungszeugnis und seine grundlegenden Zusammenhänge

1. Die Vielfalt des biblischen Redens von Schöpfung	314
1.1 Die Vielfalt der Redegattungen	314
1.2 Die Vielfalt hinsichtlich des Objektbereiches	316
1.3 Die Vielfalt der Vorstellungen und Ausdrucksformen	319
1.4 Die Vielfalt der Intentionen und Bezüge	322
1.5 Die Variabilität der Zeitdimensionen	329
2. Zum Verständnis des biblischen Schöpfungszeugnisses und seiner Grundlagen	331
2.1 Der Wirklichkeitshorizont des Schöpfungsglaubens	331
2.2 Die geschichtlichen Grundlagen des biblischen Schöpfungsglaubens	333
2.3 Die biblische Zuspitzung des Schöpfungsglaubens	338
2.4 Mythisches und biblisches Reden vom Anfang	340
2.5 Zu den biblischen Schöpfungsberichten	347
2.6 Schöpfung und Verstrickung	351
2.7 Das Schöpfungszeugnis als Moment des ungeteilten biblischen Glaubens	355
3. Was lehrt uns das biblische Zeugnis von der Schöpfung?	357
3.1 Wie gibt uns die Bibel das Schöpfungszeugnis?	357
3.2 Was sagt uns die Bibel mit ihrem Schöpfungszeugnis?	358
3.3 Was lernen wir aus der Eigenart des biblischen Schöpfungszeugnisses?	359

Wir wollen so vorgehen, daß wir uns zunächst einen gewissen Überblick über die Vielfalt und Spannweite biblischen Redens von Schöpfung verschaffen, indem wir den Bestand biblischer Schöpfungsaussagen unter verschiedenen Gesichtspunkten beschreiben und charakterisieren. Von dieser grundlegenden Bestandsaufnahme aus wollen wir dann weiterfragen nach den Grundlagen, von denen das biblische Schöpfungszeugnis herkommt und von denen es gestaltet und geformt wurde, nach den geschichtlichen Situationen, in denen dies geschah, und nach der spezifischen Eigenart und den spezifischen Zusammenhängen, durch die es als ein Ganzes zusammengehalten wird.

1. Die Vielfalt des biblischen Redens von Schöpfung

Es gibt eine ganze Reihe von Dimensionen, in denen man diese Vielfalt namhaft machen und entfalten kann. Ich möchte sie im Folgenden nacheinander durchgehen.

1.1 Die Vielfalt der Redegattungen

Die Bibel enthält ja nicht nur eine farbige Schöpfungserzählung wie 1. Mose 2 oder einen streng geformten Bericht wie 1. Mose 1. Viel häufiger wird in anderen Formen von Schöpfung geredet.

Mehrfach und in verschiedener Gestalt begegnet im Psalter das Lob Gottes angesichts der Schöpfung, in direkter Anrede an Gott¹ oder in dritter Person². Oder ein Bittender wendet sich in der Gebetsanrede an „Gott, der Himmel und Erde gemacht hat“ (und von dem man daher alle Hilfe erwarten kann), wie zum Beispiel der König HISKIA dies tut angesichts der Bedrohung durch den Assyrerkönig SANHERIB³.

Die Bezugnahme auf Gott als den Schöpfer kann aber auch in einem Weisheitsspruch den Grund für eine ethische Norm darstellen: „Wer dem Geringen Gewalt tut, lästert dessen Schöpfer; aber wer sich des Armen erbarmt, der ehrt Gott“⁴. Oder in weisheitlicher Aufzählung der Schöpfungswerke Gottes wird seine Macht⁵ oder seine Weisheit⁶ vor Augen gestellt.

Gottes Schöpfersein ist auch das durchschlagende Argument prophetischer Polemik gegen heidnischen Götzendienst⁷ und tragendes prophetisches Argument für die Gültigkeit der neuen Heilsankündigung an das jüdische Volk in der babylonischen Gefangenschaft gegen dessen Verzagtheit⁸. Entsprechend kommen Schöpfungsaussagen als Charakterisierung der Macht Gottes in der prophetischen Botenformel vor: „So spricht Gott, der Herr, der die Himmel schafft und ausbreitet, der die Erde macht und ihr Gewächs, der dem Volk auf ihr den Odem gibt und den Geist denen, die auf ihr gehen“⁹.

1 Ps 8; 104

2 Ps 33; 96; 135; 136; 148

3 2. Kön 19,15

4 Spr 14,31; vgl. 17,5

5 Hiob 26,5-14

6 Spr 3,19f; Sir 16,23 - 17,15; Sir 43

7 Jer 10,3-16; Jes 40,12-25

8 Jes 40,26-31

9 Jes 42,5; vgl. Jer 33,2; Sach 12,1

Schließlich erscheinen Schöpfungsaussagen als Selbstcharakterisierung in Gottes eigenem Mund in Prophetensprüchen¹⁰, und ebenso wird Hiob durch Gottes eigene Rede als Geschöpf vor die Macht des Schöpfers gestellt¹¹. Und die Erschaffung eines neuen Himmels und einer neuen Erde ist Gegenstand göttlicher Verheißung¹².

Diese Hinweise auf die wichtigsten alttestamentlichen Redegattungen, in denen Schöpfungsaussagen begegnen, mögen genügen, um die Vielfalt vor Augen zu stellen und deutlich zu machen, daß es dabei um mehr geht als um die Feststellung eines bestimmten benennbaren Faktums namens „Schöpfung“ und daß der mit diesen Aussagen angesprochene Sachverhalt niemals „nur“ und manchmal nicht einmal primär ein Faktum am Anfang der Weltgeschichte ist¹³; es geht stets auch und manchmal primär um einen Sachverhalt im gegenwärtigen Verhältnis Gottes zur Welt – und das in sehr vielerlei und wechselnden Beziehungen und Nuancierungen.

¹⁰ Jes 44,24; 45,7.12; 48,13; 51,13.15.16

¹¹ Hiob 38 - 41

¹² Jes 65,17

¹³ Wenn ich hier und auch gelegentlich im Folgenden nach dieser Richtung hin zuspitze und Akzente setze, so geht es mir dabei um die Überwindung jener eingeschliffenen Denkgewohnheit, die beim Thema Schöpfung zunächst nur an den Anfang der Welt denkt. Eine gute Charakterisierung dieser Denkgewohnheit in der kirchlichen Tradition und Kunst gibt LINK: Erfahrung [8], S. 105 [die Nummer in eckigen Klammern verweist auf die entsprechende Nummer des Literaturverzeichnisses, das für alle drei theologischen Beiträge gesammelt auf S. 459ff zusammengestellt ist]: „Mit der Erschaffung der Welt und des Menschen und mit der Vertreibung aus dem Paradies war die Bühne erstellt, auf der sich das Drama der Menschheitsgeschichte entrollte, das bis zum Jüngsten Gericht hinabreicht. In diesem geschlossenen Bild wurde das Reden von Schöpfung und Schöpfer freilich an den äußersten Rand gedrängt; es mußte nachgerade ‚zu einer bloßen Auskunft über die Herkunft von Welt und Mensch‘ herabsinken (WESTERMANN: Schöpfung [21], S. 36). Hier wurde in ‚großartiger Einseitigkeit‘ von allem abgesehen, was den Menschen im Horizont seiner alltäglichen Erfahrung zu dem Satz von der Erschaffung der Welt hätte veranlassen können. Diese Einseitigkeit ist den biblischen Texten jedoch völlig fremd.“

Solcher Einseitigkeit gegenüber ist es wesentlich, daß das alttestamentliche Lob des Schöpfers keine Folgerung aus der Schöpfungsgeschichte darstellt, sondern unmittelbar seinen eigenen, gegenwärtigen Wirklichkeitsbezug hat, auf den es sich gründet; nicht anders verhält es sich im Neuen Testament mit den Bezugnahmen Jesu auf das Schöpferhandeln Gottes in der Natur.

Freilich gilt es hier zugleich nach der anderen Seite hin Widerstand zu leisten: Ein Verständnis von Schöpfung, das die Tat Gottes am Anfang auflöst zugunsten einer zeitlosen Hervorbringung aller Dinge durch Gott, ist ebensowenig biblisch wie die Einengung des Schöpferhandelns Gottes auf ein Geschehen am Anfang.

1.2 Die Vielfalt hinsichtlich des Objektbereiches

Auch hinsichtlich dessen, was als „Gegenstand“ des Erschaffens bzw. als göttliche Schöpfungswerke genannt und vor Augen gestellt wird, herrscht in den biblischen Texten eine zwar keineswegs ungeordnete und beliebige, aber dennoch recht bunte Vielfalt.

Einzelne Schöpfungswerke

In verschiedenster Weise kann in bestimmtem Zusammenhang auf einzelne Schöpfungswerke Bezug genommen werden, die jeweils gerade von Interesse sind. So zum Beispiel bei der Einweihung des Tempels durch SALOMO: „Die Sonne hat der Herr an den Himmel gestellt; er hat aber gesagt, er wolle im Dunkel wohnen“¹⁴. Oder „DEUTEROJESAJA“¹⁵ ermutigt durch den Hinweis auf die Sterne als Gottes machtvolles Schöpfungswerk sein verzagtes Volk, der Heilsbotschaft zu glauben¹⁶.

In Ps 93,1 und 119,90 wird durch Erwähnung der Gründung der Erde von der Festigkeit und Unumstößlichkeit der Herrschaft beziehungsweise der Wahrheit Gottes gesprochen. Gott stellt in seiner zweiten Rede dem HIOB seine unermeßliche Macht in der Darstellung der beiden kolossalen Urtiere Behemoth und Leviathan vor Augen¹⁷. Oder der PREDIGER sagt, daß Gott den bösen wie den guten Tag geschaffen hat¹⁸.

Auch auf die Erschaffung des Menschen kann so in verschiedenen Zusammenhängen Bezug genommen werden¹⁹. Ebenso kann auf Gott als den Schöpfer menschlicher Organe gewiesen werden²⁰, oder Gott läßt sein Handeln davon bestimmen, daß er den Lebensodem der Menschen geschaffen hat und darum nicht vernichten will²¹.

Einzelne Bereiche des Geschaffenen und das Ganze der Welt

Es können auch bestimmte Bereiche des Geschaffenen genannt und ihre Glieder aufgezählt werden; so zum Beispiel „was unter dem Himmel ist“ (Wind, Wasser, Regen, Blitz, Donner)²² oder „alles Lebendige“²³ oder die Erde und die Menschen und Tiere, die auf ihr leben²⁴.

¹⁴ 1. Kön 8,12

¹⁵ Jener uns sonst nicht näher bekannte Prophet am Ende der babylonischen Gefangenschaft, auf den der zweite Teil des Jesajabuches (Kap. 40 - 55) zurückgeht.

¹⁶ Jes 40,26; in V. 28 folgt noch eine Bezugnahme auf die Erschaffung der Erde.

¹⁷ Hiob 40 + 41

¹⁸ Pred 7,14

¹⁹ 5. Mose 4,32; Ps 89,48; Jes 17,7; 41,4

²⁰ 2. Mose 4,11; Ps 94,9; Spr 20,12

²¹ Jes 57,16

²² Hiob 28,25f

²³ 1. Mose 7,4; Hiob 12,7-10

²⁴ Jer 27,5

Vielfältig sind auch die Formeln, die das *Ganze* der geschaffenen Welt zusammenfassen, und es ist interessant zu beobachten, was dabei jeweils sozusagen als die Eckpfeiler des Ganzen zusammengestellt wird. Neben dem abstrakten Begriff „Welt“, der erst in den alttestamentlichen Apokryphen und im Neuen Testament begegnet²⁵, oder der Wendung „alle Dinge“, „alles“²⁶ stellt „Himmel und Erde“ sozusagen die Standardformel dar²⁷, die auch gewissermaßen „zerdehnt“²⁸ oder mannigfach variiert werden kann²⁹. Aber die Reihe kann auch dreigliedrig angelegt werden: „Himmel, Erde, Mensch“³⁰, oder viergliedrig: „Himmel, Erde, Meer und alles, was darinnen ist“³¹; beide erweiterten Reihen können auch noch weiter ausgestaltet werden³².

Daneben können zu „Himmel und Erde“ auch noch weitere Gegensatzpaare gestellt werden: „Himmel – Erde, Norden – Süden“³³, „Erde – Himmel, Wasser der Tiefe – Wolken“³⁴; oder es werden überhaupt andere Polaritäten verwendet: „Tiefen der Erde – Höhen der Berge, Meer – Trockenes“³⁵, „Quellen – Bäche, Tag – Nacht, Gestirne – Sonne, Land und seine Grenze, Sommer – Winter“³⁶, „Berge – Wind, Morgenröte – Finsternis“³⁷ oder „Licht – Finsternis, Heil – Unheil“³⁸. Oder in wieder anderer Konstellation: „Wasser – Himmel, Erde – Berge und Hügel“³⁹.

Schließlich wäre noch auf Kol 1,16 hinzuweisen: „Alles: im Himmel – auf Erden, Sichtbares – Unsichtbares; Throne, Herrschaften, Mächte, Gewalten“.

²⁵ z. B. Weish 1,14; 7,17; 11,17; Joh 1,10; Apg 17,24. – Wo die Lutherbibel im Alten Testament „alle Welt“ oder „Enden der Welt“ übersetzt, steht im Hebräischen das Wort für „Erde“; gemeint ist also die ganze irdische Welt.

²⁶ Jer 10,16; Jes 66,2; Weish 9,1; 13,3,4; Joh 1,3; Eph 3,9; Hebr 2,10; Offb 4,11

²⁷ 1. Mose 1,1; 14,19,22; Jes 37,16; 44,24; 48,13; Ps 121,2; 124,8 usw.

²⁸ Ps 96,5.10 = 1. Chr 16,26.30

²⁹ z. B. Ps 78,69; Jer 10,12; Jes 45,18; Ps 102,26

³⁰ Sach 12,1

³¹ 2. Mose 20,11; Neh 9,6; Ps 146,6; Apg 4,24; 14,15

³² z. B. Jes 42,5; 45,12; Weish 9,1.2; Offb 10,6

³³ Ps 89,12f

³⁴ Spr 3,19f

³⁵ Ps 95,4f

³⁶ Ps 74,15-17

³⁷ Am 4,13

³⁸ Jes 45,7

³⁹ Jes 40,12

Betrachtung der Werke Gottes

Daneben gibt es eine Reihe von Texten, die sich unter verschiedenartigen Gesichtspunkten und in verschiedenartigen Zusammenhängen auf eine ausführliche Betrachtung der Schöpfungswerke Gottes einlassen und dabei eine reiche Vielfalt von Werken Gottes vor Augen stellen. Es handelt sich dabei um einige Psalmen und weisheitliche Texte. Zusammenstellungen solcher Art müssen wohl als eine der Voraussetzungen für die Gestaltung der in strenger Form zusammenfassenden Schöpfungsgeschichte von 1. Mose 1 angesehen werden.

Da hier die eigene Lektüre der Texte noch weniger als in den übrigen Fällen durch ein paar knappe Charakterisierungen zu ersetzen ist, beschränke ich mich darauf, diese Texte zu nennen⁴⁰.

Der einzelne Mensch

Was auch bei manchen der bisher angeführten Texte und Zusammenhänge deutlich anklang, daß nämlich die Schöpfungsaussage nicht nur ein längst vergangenes Ereignis am Anfang der Welt, sondern die Grundlagen des gegenwärtigen Weltbestandes meint, das wird unübersehbar in einer weiteren Gruppe von Aussagen, die einen *konkreten einzelnen Menschen* als Gottes Geschöpf ins Blickfeld rücken.⁴¹ Dabei kann es sich um Gottes eigene Begründung seines prophetischen Auftrags an JEREMIA handeln⁴² oder um eine analoge Selbstaussage des Gottesknechtes⁴³. Daneben stehen Fälle, in denen ein Mensch Gott als seinen Schöpfer anspricht und damit an Gottes Fürsorgewillen und -„instinkt“ gegenüber dem von ihm selbst Geschaffenen appelliert⁴⁴ oder sich vertrauensvoll dazu bekennt, daß er seinem Schöpfer nicht entrinnen kann⁴⁵.

Umgekehrt kann der Grundsatz aufgestellt werden, daß Gott als der Schöpfer des Armen und Geringen nicht unberührt bleibt, wenn diesem Unrecht geschieht⁴⁶, und mit dem Hinweis auf den gemeinsamen Schöpfer wird das gleiche Lebensrecht verschiedengestellter Menschen⁴⁷ und die Gleichwertigkeit der Menschen im Verhältnis zueinander festgestellt⁴⁸.

⁴⁰ Ps 8; 104; 136; 148; Spr 8,22-31; Hiob 26; 38; Sir 16,23 - 17,15; 42,15 - 43,37

⁴¹ Hier setzte dann MARTIN LUTHER mit seiner Erklärung des ersten Glaubensartikels im *Kleinen Katechismus* an: „Ich glaube, daß *mich* Gott geschaffen hat ...“!

⁴² Jer 1,5

⁴³ Jes 49,5

⁴⁴ Hiob 10,3.8-12; Ps 119,73

⁴⁵ Ps 139

⁴⁶ Spr 14,31; 17,5

⁴⁷ Spr 22,2; Hiob 31,15

⁴⁸ Hiob 33,4.6

Das Volk Gottes

Eine andere spezielle Gruppe stellen jene Texte dar, in denen davon gesprochen wird, daß Gott *das Volk* (Israel bzw. das jüdische Volk) geschaffen hat. Gemeint ist damit die Begründung der spezifischen Existenz Israels als Gottesvolk, die hier aber eben zugleich die konstitutive Grundlage für die Volksexistenz als solche ist⁴⁹. Daneben können aber in besonderem Zusammenhang auch *alle Völker* als von Gott geschaffen angesprochen werden⁵⁰.

Diese Gruppe findet im Neuen Testament ihre Fortführung, wenn *die christliche Gemeinde* als das durch Christus erschaffene Gottesvolk angesprochen wird⁵¹.

Eine spezifische Anknüpfung an die Menschenschöpfung ist es, wenn im Neuen Testament vom *neuen Menschen* als einem in Christus nach dem Bild Gottes geschaffenen gesprochen wird⁵². Auch die *guten Werke* und der *Lebensertrag* christlicher Existenz können im Neuen Testament als von Gott Geschaffenes bezeichnet werden⁵³.

Das Neue

Zuletzt ist noch auf eine gewichtige Linie hinzuweisen, die sich vom Alten in das Neue Testament hinüberzieht; Gott will *Neues schaffen*. Das beginnt bei JEREMIA⁵⁴ und wird im Vorblick auf die verheißene Rückkehr bei DEUTEROJESAJA mehrfach in kräftigem Ton angeschlagen⁵⁵; der dabei angeklungene Ton vom neuen Himmel und der neuen Erde⁵⁶ wird dann von „TRITTOJESAJA“ in der Zeit nach der Rückkehr fortgeführt⁵⁷ und im Neuen Testament aufgenommen⁵⁸.

1.3 Die Vielfalt der Vorstellungen und Ausdrucksformen

Die Bibel hat keinen genormten Einheitsausdruck, um das Schaffen Gottes zu bezeichnen; vielerlei Ausdrücke und Vorstellungen werden herangezogen, wenn davon geredet werden soll.

⁴⁹ z. B. 5. Mose 32,6.15.18; 1. Chr 17,22; Jes 27,11; 43,1.7; 44,2; 51,13; Ps 100,3

⁵⁰ 5. Mose 26,19; Ps 86,9

⁵¹ Eph 2,10; Tit 2,14; 1. Petr 2,9f; Jak 1,18

⁵² Eph 2,15; 4,24; Kol 3,10; Gal 6,15; 2. Kor 5,17; vgl. Röm 5,12-19

⁵³ Eph 2,10; Phil 1,11; Hebr 13,21

⁵⁴ 31,22; vgl. 31,31-34

⁵⁵ Jes 43,18f; 48,6f; 51,16

⁵⁶ Jes 51,16

⁵⁷ Jes 65,17; 66,22

⁵⁸ Hebr 12,27; Offb 21,5

Um – freilich aus dem mythischen Zusammenhang völlig herausgenommene und in keiner Weise als Beschreibung des Hergangs gemeinte – Nachklänge mythischer Schöpfungsvorstellungen handelt es sich, wenn Gott als der angesprochen wird, der den Chaos-(Urmeer-)Drachen bezwang⁵⁹ oder wenn vom Werden des Menschen „unten in der Erde“ die Rede ist⁶⁰.

Eine ganze Reihe von Verben und Formulierungen umschreibt das Schaffen Gottes in vielfältigen Analogien zu handwerklichem Tun; so etwa, wenn Gott „baut“⁶¹, wenn er die Erde „gründet“⁶² oder den Himmel „ausspannt“ beziehungsweise „ausbreitet“⁶³ oder wenn er die Erde über den Wassern ausbreitet⁶⁴ oder den Norden über dem Leeren ausspannt und die Erde über das Nichts hängt⁶⁵. Von der Tätigkeit des Töpfers und des Metallformers herkommend kann auch allgemein gesagt werden, daß Gott seine Geschöpfe „bildet“, „formt“⁶⁶. Sehr häufig wird auch einfach gesagt, daß Gott Himmel und Erde oder andere Geschöpfe „machte“⁶⁷. Das „Handwerkliche“ an solchen Formulierungen kann noch dadurch unterstrichen werden, daß dabei ausdrücklich von *Gottes Hand* die Rede ist, zum Teil als Ausdruck der Macht und Wirksamkeit solchen Tuns Gottes⁶⁸.

Andere Aussagen sprechen davon, daß Gott *Grenze und Maß gesetzt* hat: vor allem dem Meer beziehungsweise Wasser⁶⁹, aber auch der Erde⁷⁰. Das Motiv der Ordnung, die Gott gesetzt hat und erhält, durchzieht auch, indirekt in der gegenseitigen Zuordnung der Schöpfungswerke ausgedrückt,

⁵⁹ Ps 74,13f; Hiob 26,12f; Jes 51,9 – wo das Bild dann unmittelbar zum Schilfmeer-Wunder hin weitergezogen wird.

⁶⁰ Ps 139,15. Diese Vorstellung gehört ursprünglich in den Zusammenhang der Verehrung der „Mutter Erde“; auf demselben Hintergrund ist wohl auch der Gedanke zu denken, daß der Mensch „aus Erde gemacht“ beziehungsweise „von Erde genommen“ sei und wieder zur Erde zurückkehrt, 1. Mose 2,7; 3,19.

⁶¹ 1. Mose 2,22; Ps 78,69; 104,3

⁶² Ps 89,12; 93,1; 96,10; Jes 45,18; Sach 12,1

⁶³ Jes 40, 22; 42,5; 48,13; Ps 104,2

⁶⁴ Ps 136,6

⁶⁵ Hiob 26,7

⁶⁶ 1. Mose 2,7.19; Am 4,13; Jes .45,18; Jer 10,16

⁶⁷ Allgemein ist hier anzumerken, daß die deutschen Verben der LUTHER-Bibel nicht streng auf immer dieselben Verben des hebräischen Textes bezogen sind; insbesondere das auch verhältnismäßig oft vorkommende „bereiten“ ist eine Sammelübersetzung für unterschiedliche hebräische Verben.

⁶⁸ z. B. Hiob 10,3.8; Ps 95,5; 102,26; Jes 45,9-12; 48,13; 66,2

⁶⁹ Ps 104,6-9; Spr 8,29; Hiob 28,25; 38,10; Jer 5,22

⁷⁰ Hiob 38,5; Ps 74,17

den ganzen 104. Psalm⁷¹. Auf dieser Linie liegt auch der Gedanke, daß Gott die Welt aus gestaltlosem Stoff geschaffen habe⁷².

Eine weitere Gruppe von Aussagen erfaßt das Schaffen Gottes als ein *Gebieten*, das unweigerlich seine Erfüllung nach sich zieht⁷³, oder als ein Rufen, dem Folge geleistet wird⁷⁴. Dementsprechend kann auch gesagt werden, daß die Schöpfung *durch Gottes Wort* geschah⁷⁵.

bara

Aus der Vielfalt der Ausdrucksformen hebt sich das hebräische Wort für *schaffen* (*bara*) durch prägnante Besonderheiten heraus: Im alttestamentlichen Sprachgebrauch kommt nur Gott als Subjekt bei diesem Verb vor, es ist also sozusagen für das göttliche Schaffen reserviert und hebt damit dessen Besonderheit gegenüber allem sonstigen Schaffen hervor; dazu kommt, daß nie ein Stoff, ein „Material“ genannt wird, aus dem Gott etwas schaffen würde; damit signalisiert dieses Wort also gewissermaßen die freie Souveränität Gottes, der in seinem Schaffen auf keine Voraussetzungen angewiesen und von nichts abhängig ist.

Mit diesen Besonderheiten und dem damit gegebenen radikalen und bewußten Verzicht auf alle anschaulichen Vorstellungen davon, wie das Schaffen Gottes vor sich gehe, bündelt dieses Verb in gewisser Weise einen Haupttrend der alttestamentlichen Schöpfungsaussagen. Es kommt vor allem im Schöpfungsbericht 1. Mose 1 und bei DEUTEROJESAJA vor, aber gelegentlich auch sonst⁷⁶. Noch zugespitzt werden die im Sprachgebrauch dieses Verbs liegenden Intentionen, wenn später gesagt wird, daß Gott die Welt *aus nichts* (genauer: *nicht aus Seiendem*) geschaffen habe⁷⁷.

Diese Bündelung ist darum möglich, weil auch die „anschaulicheren“ und „konkreteren“ Formulierungen nicht darauf angelegt sind, das schaffende Tun Gottes in seinem Wie darstellend zu beschreiben oder gar zu definieren. Die anschaulichen Formulierungen sind zwar nicht gleichgültig und könnten nicht folgenlos durch abstraktere ersetzt werden, aber sie dienen nie dazu, Vorstellungen darüber festzulegen, wie das Schaffen Gottes vor sich gehe, und zumeist sind sie wohl auch von dem Bewußtsein getragen, daß sie nicht als „realistische“ Beschreibungen zu verstehen seien. Besonders deutlich kommt das da zum Ausdruck, wo bewußt Formu-

⁷¹ vgl. Ps. 148,6

⁷² Weish 11,17

⁷³ Ps 33,9; 148,5; Jes 45,12; 1. Mose 1: „und Gott sprach“

⁷⁴ Jes 41,4; 48,13; Röm 4,17

⁷⁵ Ps 33,6; Weish 9,1; Sir 43,28; Hebr 1,3; 11,3; vgl. Joh 1,3; Jak 1,18

⁷⁶ z. B. Jer 31,22; Ps 51,12; 89,13.48; 102,19

⁷⁷ 2. Makk 7,28; vgl. Röm 4,17

lierungen zusammengestellt sind, die auf der Ebene des Vorstellens unvereinbare Gegensätze sein müßten, wie zum Beispiel in Jes 48,13: „Meine Hand (!) hat die Erde gegründet, und meine Rechte hat den Himmel ausgespannt. Ich rufe (!), und alles steht da.“ Gerade auch der Schöpfungsbericht von 1. Mose 1 enthält einige solcher Formulierungen, die sich durch ihre Kombination gegen eine vorstellungsmäßige Fixierung sperren: „Gott sprach“ / „Gott machte“ (z. B. V. 6f und V. 20f) und „Gott sprach: Die Erde bringe hervor“ / „Gott machte“ (V. 24.25).

Wir können aus diesem Tatbestand eine Folgerung ziehen: es ist für das biblische Reden von Schöpfung zwar wesentlich, daß vom Schaffen Gottes auch in anschaulichen und „griffigen“ Formulierungen gesprochen werden kann, die durch ihren Charakter unmittelbar deutlich machen, daß hier auch „wirklich“ etwas geschieht; dabei ruht das Interesse aber nie auf der Beschreibung des Vorgangs, sondern stets auf etwas anderem: auf der sich manifestierenden Macht oder Weisheit Gottes, auf dem Dasein der Schöpfungswerke als Ergebnis des Vorgangs, auf dem Faktum, daß Gott die Dinge ins Dasein rief, usw. Wir werden im folgenden Abschnitt noch davon zu sprechen haben.

Zuvor ist aber noch kurz auf zwei weiterführende Ausformungen des Schöpfungsdenkens im biblischen Bereich hinzuweisen:

- Eine besondere Rolle bei der Schöpfung spielt in manchen Texten die *Weisheit*, indem sie nicht nur als Eigenschaft Gottes beziehungsweise als Charakterzug seines Schaffens figuriert, der sich im Geschaffenen spiegelt⁷⁸, sondern gewissermaßen als Begleiterin Gottes bei der Schöpfung und als Kraft, die die Schöpfung durchwirkt⁷⁹.
- In einer gewissen Analogie dazu wird im Neuen Testament bezeugt, daß die Welt *durch Christus* geschaffen sei und ihm darum eine einzigartige Stellung im Gegenüber zu allen Geschöpfen und im Glauben und Gehorsam der Gemeinde zukomme⁸⁰.

1.4 Die Vielfalt der Intentionen und Bezüge

Die biblischen Schöpfungsaussagen haben nie nur den Sinn, „an sich“ und neutral zu behaupten, daß die Erschaffung der Welt durch Gott eine Tatsache sei oder daß sie so oder so vor sich gegangen sei; es geht nie nur darum, „einfach“ eine solche Tatsache festzustellen. Vielmehr steht jede dieser Aussagen in einem ganz bestimmten Zusammenhang, in den sie eingebracht wird, und hat ganz bestimmte Intentionen; sie will auf etwas Bestimmtes hinaus, das stets über eine Tatsachenfeststellung hinausgeht – und in dieser Intention liegt ihr eigentlicher Sinn. Das heißt: Die „Schöpfungstatsache“ wird durch die Aussagen in bestimmte Sinnzu-

⁷⁸ So z. B. Ps 136,5; Spr 3,19; Jer 10,12

⁷⁹ Spr 8,22-31; Weish 9,2.4.9; 7,21-27

⁸⁰ Joh 1,3.10; 1. Kor 8,6; Kol 1,15f; Hebr 1,2f

sammenhänge hineingestellt; und was mit ihr gemeint ist, verstehen wir nur, wenn wir auf diese Sinnzusammenhänge achten. Das wollen wir nun im Folgenden in einigen grundlegenden Linien tun. Wir berühren dabei vieles, was schon oben im Abschnitt über die Redegattungen angedeutet war, nur betrachten wir jetzt nicht die Seite der Sprachstrukturen, sondern die angesprochenen Sachzusammenhänge.

Lob Gottes

Ein beträchtlicher Teil der Schöpfungsaussagen zielt auf das Lob Gottes⁸¹. Das heißt: Hier wird sozusagen nur „nebenbei“ etwas über die Welt oder gar über deren Anfang gesagt, die eigentliche Intention ist, die in der Erfahrung und Betrachtung der Weltwirklichkeit ansichtig werdende Macht, Herrlichkeit oder Weisheit Gottes oder das Wissen um die überlegene Herrschaft Gottes über alle Weltphänomene in Worte zu fassen und darin die antwortende Lebensbewegung des Lobens zu vollziehen. Man hat diese Worte also nicht eigentlich verstanden, sondern man hat sie zerstört und das Wichtigste von ihnen abgeschnitten, wenn man aus ihnen auf Flaschen gezogene „Aussagen“ über Tatbestände der Wirklichkeit machen wollte. So sehr das Loben sich auf erkannte und erfahrene Wirklichkeit gründet⁸² – sobald man die Bewegung des Lobens aus den Worten entfernt hat und sie zu bloßen Feststellungen erstarren ließ, hat man diese Wirklichkeit schon verfehlt.

Was mit den Schöpfungsaussagen im Gotteslob gemeint ist, dessen wird man nur inne, wenn man in ihnen und mit ihnen dem Wissen Ausdruck verleiht, daß das ganze eigene Leben, alles fremde Leben und der Bestand der ganzen Weltwirklichkeit ein Gottesgeschenk ist – oder vielleicht auch, wenn man sich in Verzweiflung davon abgeschnitten sieht oder sich im Kampf um die Autonomie des Menschen dagegen auflehnt; aber nicht, wenn man nur „Tatsachen“ „feststellen“ will. Die Wirklichkeit, von der das Schöpfungslob spricht, umschließt wohl „Tatsachen“, bedeutet im Eigentlichen aber umfassend ein Staunen und Dankbarkeit erweckendes, ihn selbst wesenhaft charakterisierendes machtvolleres Tun Gottes, mit dem er der Welt und allem Leben Dasein und Bestand gibt.

Das Schöpferlob kann sich ganz auf das schaffende Wirken Gottes konzentrieren, indem es die Werke dieses Schaffens nur knapp nennt und aufzählt⁸³. Aber es kann auch beim Geschaffenen verweilen und den Schöpfer loben, indem es die Herrlichkeit der Geschöpfe und der Schöpfung preist und vor Augen stellt⁸⁴. Hier kommt also eine wertende Sicht des Geschaffenen zur Ausdrücklichkeit, die sonst mehr implizit mitgegeben ist, die aber im Bereich des Gotteslobes substantiell zur Schöpfungsaussage gehört.

81 z. B. Ps 19,2-7; 33; 93; 95,1-6; 96; 104; 136; 148

82 „denn“, z. B. Ps 96,4!

83 z. B. Ps 136; 148

84 z. B. Ps 8; 19; auch 104

Gericht Gottes und Begrenztheit des Menschen

Worauf das Lob des Schöpfers sich gründet, das kann freilich auch noch in anderen Zusammenhängen bedacht werden oder zur Sprache kommen: Der Lobpreis in Am 4,13 etwa will Israel anleiten, einzustimmen und so *Gottes Gericht* anzuerkennen, sich vor seiner Schöpfermacht zu beugen. Oder noch schärfer ins Allgemein-Menschliche vorangetrieben und zugespitzt spricht Ps 90 den Zorn des weltüberlegenen Schöpfers als Grund der *menschlichen Vergänglichkeit* an. Und der PREDIGER wird nicht müde zu zeigen, wie die sonst hoch gepriesene Weisheit Gottes in seinem Wirken in der Welt für den Menschen undurchschaubar ist und damit empfindlich negativ als *Grenze seiner Lebensentfaltung* spürbar wird⁸⁵.

Ähnlich dienen die Schöpfungsaussagen im Munde HIOBS dazu, den Schleier der sozial und religiös konstruierten und „aufgehenden“ Wirklichkeitssicht zu zerreißen und durchzustößen zu der Einsicht, wie unberechenbar und unbeeinflussbar der Mensch „wirklich“ *dem Tun Gottes ausgeliefert* ist⁸⁶, und auch das Lied von der Weisheit⁸⁷ zielt darauf ab, daß der Zugang zur Weisheit dem Menschen verschlossen ist und allein Gott der Schöpfer ihn kennt. Erst indem HIOB aus Gottes eigenem Munde in genau dieser Dimension angesprochen wird, indem er also in genau dieser Undurchschaubarkeit neu und ursprünglich der Gegenwart Gottes begegnet und Gott sich gewissermaßen selbst zu dieser Undurchschaubarkeit bekennt, löst sich sein Ringen auf in die Beugung und Anerkennung – genau dessen, was er zuvor seinen Freunden gegenüber unbeugsam geltend gemacht hatte und wogegen er Sturm gelaufen war⁸⁸.

So gehört also zu dem Wissen um die im Gotteslob besungene Schöpfermacht Gottes als Kehrseite das Wissen um die eigene menschliche Ohnmacht und um die Unerreichbarkeit der Weisheit Gottes; gerade der nachforschenden Weisheit als menschlichem Unternehmen bleibt die von Gott geschaffene und regierte Welt und Gottes Wirken und Plan in ihr über allem erforschten Wissen ein unerforschliches Geheimnis.

Und als negatives Pendant zu dem Wissen um Gottes schaffende Macht gehört das Wissen um seine zerstörende und vernichtende Macht; im Lob Gottes gehören beide Seiten zusammen⁸⁹.

⁸⁵ z. B. Pred 3,1-15; 7,13f; 11,5

⁸⁶ Hiob 9,1-20; 12; 26

⁸⁷ Hiob 28

⁸⁸ Hiob 40,1f; 42,2-6

⁸⁹ Ps 104,29f; 136; Am 5,8; 9,5f; Ps 90; vgl. Ps 18,8-16; 29

Gottes alleinige Herrschaft

Eine besondere Zuspitzung erfahren die Schöpfungsaussagen, wenn sie *polemisch gegen die heidnischen Götter* gewandt werden und so Zeugnis für die Einzigkeit des Gottes Israels sind⁹⁰. Hier wird durch die Schöpfungsaussage entschieden, wer die Macht hat – auch für die Gegenwart und Zukunft.

Überhaupt dienen Schöpfungsaussagen häufig dazu, die *gegenwärtige Herrschaft und Macht Gottes* über das Geschehen in der Welt geltend zu machen; das tritt besonders deutlich hervor, wenn sie unmittelbar durch Aussagen über die Geschichtstaten Gottes oder über sein ständiges Wirken in der Natur fortgeführt werden oder sich gar mit letzteren wechselseitig durchdringen⁹¹.

Verbundenheit Gottes mit seinem Geschöpf

Ging es bei allen bisher genannten Zusammenhängen um das Schöpfersein des Gottes Israels im Verhältnis *zur Welt*, so ist daneben eine andere Gruppe von Aussagen zu beachten, die von Gott als dem Schöpfer des *Menschen* sprechen; wie wir oben (S. 318 u. 319) sahen, kann sich das sowohl auf einen einzelnen wie auf das Volk als ganzes beziehen.

Diese Aussagen gehören primär wohl in den Zusammenhang von *Klage und Bitte* und heben auf die *Verbundenheit Gottes mit seinem Geschöpf* ab: der Beter appelliert an Gott, der ihn beziehungsweise sein Volk geschaffen hat und dem es darum doch nicht gleichgültig sein kann, was aus seinem Geschöpf wird⁹². Ps 139 wendet dieses Motiv um in eine Betrachtung der unentrinnbaren und das Dasein des Beters ganz durchdringenden Gegenwart Gottes. Es kann auch „umgedreht“ werden zu einer Anklage des Volkes, das seinen Schöpfer vergißt⁹³ oder in eine Aussage des Gerichtes Gottes: „Darum erbarmt sich ihrer auch nicht, der sie gemacht hat; und der sie geschaffen hat, ist ihnen nicht gnädig“⁹⁴.

Berufung

In den Zusammenhang eines *Berufungsgeschehens* gehört es, wenn ein Mensch aus Gottes Mund erfährt, zu welchem Zweck er geschaffen wurde,

⁹⁰ Jer 10,1-16; Jes 40,12-31; 45,14-25; Ps 96; 115; etwas verändert wird das weitergeführt in Weish 13 und Röm 1,18-25; vgl. auch Apg 14,15-17; 17,22-31

⁹¹ 1. Sam 2,1-10; 2. Kön 19,15; Jer 10,12-16; 27,5; 32,17-22; Jes 40,22-31; 44,24-28; 45,12f; Hiob 9,5-10; 12,7-25; Ps 33; 104; 146

⁹² Hiob 10,3.8-12; Ps 119,73; Jes 63,16; 64,7f

⁹³ 5.Mose 32, 6.15-18

⁹⁴ Jes 27,11

und wenn so der Inhalt der Berufung ihm zur fundamentalen *Bestimmung seines Lebens* wird⁹⁵.

DEUTEROJESAJA

Einen besonderen Akzent haben die Schöpfungsaussagen bei DEUTEROJESAJA. Unermüdlich stellt er seinen Hörern Israels Gott in immer neuen Wendungen sowohl als den Schöpfer des Volkes⁹⁶ wie auch als den Schöpfer der Welt⁹⁷ vor Augen – und das alles, um sein Volk aus der Resignation zu erwecken und zum Glauben an die neue Verheißung zu motivieren: weil Gott Israel geschaffen hat, darum ist es glaubwürdig, daß er sich auch jetzt nach diesem einschneidenden Gericht seines Volkes wieder annimmt; und die Erinnerung, daß er allein der Schöpfer der Gestirne, des Firmaments, der Erde, der Schöpfer von allem ist, zeigt seine Macht, auch durchzuführen, was er sich vorgenommen hat, und seine unvergleichliche Einzigkeit, neben der Babylons Götter zu machtlosen Statisten im Kräftespiel der Welt werden. Die Schöpfungsaussagen werden hier – im Gegensatz zu allem vorher Dagewesenen – zur *Grundlage des Heilsglaubens*; und das in einer Unmittelbarkeit und Eindringlichkeit, die einzigartig ist und sich auch später so nicht wiederfindet.

Die Schöpfungsgeschichten

In einem ganz eigenen und spezifischen Zusammenhang erscheint das Reden vom Schöpfer und von der Schöpfung in den *Schöpfungsgeschichten*⁹⁸. Sie sind der eigentliche Ort, an dem die Rede vom Schöpfer und von der Schöpfung *Rede vom Anfang der Welt* ist. Wie wir gesehen haben, ist dies keineswegs der einzige und auch nicht der alles beherrschende Zusammenhang der Schöpfungsaussagen. Aber auch diese Seite ist in der Bibel deutlich akzentuiert: die beiden vermuteten und rekonstruierten Quellschriften der fünf Mosebücher, deren eine („Jahwist“; vermutlich in der frühen Königszeit) mit 1. Mose 2, die andere („Priesterschrift“; vermutlich am Ende der babylonischen Gefangenschaft) mit 1. Mose 1 beginnt, haben beide bewußt und entschieden die Schöpfungsgeschichte und andere Bestandteile der „Urgeschichte“⁹⁹ der Geschichte Gottes mit ihrem Volk und mit dessen Vorfahren vorgespant und so die Schöpfung als erste Tat Gottes in eine Reihe mit seinen Geschichtstaten gestellt, als Anfang an die Spitze alles Geschehens. Das entspricht der Grundstruktur von Israels Gottesver-

⁹⁵ Jer 1,5; Jes 49,5

⁹⁶ Jes 43,1.15; 44,2.21; 51,12-16; 54,5

⁹⁷ Jes 40,12-31; 44,24; 45,6f.12.18; 48,12f; 51,13

⁹⁸ 1. Mose 1 und 2

⁹⁹ 1.Mose 1-11

hältnis: Israels Beziehung zu seinem Gott ist ganz und gar bestimmt durch die zeitlich bestimmten Taten Gottes; so muß auch die Schöpfung als Tat dieses Gottes analog dazu als ein Geschehen am Anfang verstanden werden, nicht als ein zeitlos die Welt hervorbringendes und bestimmendes Geschehen.

Vielleicht hängt es damit (aber auch mit anderen Entwicklungen) zusammen, daß in den apokryphen Schriften, im Neuen Testament und in der Geschichte der Kirche dieser Aspekt des Schöpfungszeugnisses der beherrschende und strukturgebende wurde. Er ist es schließlich auch, der sich mit der Endzeithoffnung als anderem Pol verbindet und mit dieser zusammen in nachalttestamentlicher Zeit den Rahmen für das Verständnis der Heilsgeschichte bildet.

Dementsprechend kann im Neuen Testament die Bezugnahme auf die Erschaffung der Welt den *Zeitraumen der Geschichte* abstecken und so die Totalität alles bisherigen Geschehens seit dem Anfang der Welt umspannen¹⁰⁰.

Neues Testament

Aber auch im Neuen Testament verdrängt diese Blickrichtung auf den Anfang nicht die gegenwärtigen Bezüge: die Art, wie JESUS in vielen Gleichnissen und Worten auf das Geschehen in der Natur hinweist, zeigt das *gegenwärtige schöpferische Wirken Gottes* in diesen Vorgängen oder setzt es voraus¹⁰¹. Darum kann der Blick auf das natürliche Geschehen den Menschen etwas von Gottes Art, von Gottes Willen oder vom Kommen seines Reiches lehren. In wieder etwas anderer Weise geht es in Röm 1,18-25 um die *Erkenntnis Gottes* aus den Schöpfungswerken und um die daraus folgende Schuld des Menschen, der den Schöpfer mit dem Geschöpf verwechselt. Entsprechend ist die Bezugnahme auf Gott als den Schöpfer ein wichtiges und grundlegendes Element der *Missionspredigt*: das Evangelium von Jesus Christus ruft zur Umkehr von den falschen Göttern zu dem wahren Gott, der Schöpfer und Herr des Himmels und der Erde ist und dieses Evangelium verkündigen läßt¹⁰².

Ähnlich wie in der Missionspredigt ist *Gottes Stellung gegenüber der Welt* und seine *alles umfassende Herrschaft und Macht* im Blick, wenn die Gemeinde mitten in der Verfolgung im Gebet Gott als den Schöpfer des Himmels und der Erde anredet¹⁰³; sie ruft ihn an als den, der kraft seiner Schöpfermacht seine Pläne zum Ziel führen und das Evangelium gegen allen Widerstand weiter kraftvoll verkündigen lassen wird, und sie unterstellt sich ihm zur Ausführung dieses Zeugendienstes.

¹⁰⁰ Mt 24,21; Mk 13,19; Lk 11,50; vgl. Joh 9,32

¹⁰¹ z. B. Mt 5,45; 6,25-34; 10,29-31; 13; Mk 4 usw.; vgl. auch Mk 12,24-27

¹⁰² Apg 14,15-17; 17,22-31; vgl. Offb 14,7

¹⁰³ Apg 4,24

Schließlich ist Gottes Stellung als Schöpfer Grund und Gegenstand himmlischer *Anbetung*¹⁰⁴.

Aber auch *das Geschaffene* kann Gegenstand des Interesses sein; der Verweis auf die Schöpfung dient dann einer Aussage über dessen von Gott gesetzte *Bestimmung und Ordnung*¹⁰⁵. Auch das neutestamentliche Gottesvolk wird so als zu einer klaren Bestimmung geschaffen betrachtet¹⁰⁶. Entsprechend wird auch die *Festigkeit göttlicher Bestimmung* dadurch unterstrichen, daß sie „von Anbeginn der Welt“ besteht¹⁰⁷ oder gar „vor Grundlegung der Welt“ getroffen wurde¹⁰⁸.

Auch auf die *Vergänglichkeit der Welt* kann abgehoben werden¹⁰⁹ und dies als Androhung des Gerichtes Gottes gefaßt werden¹¹⁰; aber es ist wohl charakteristisch, daß nur an der letztgenannten Stelle eine Verknüpfung mit dem Schöpfungsgedanken vorliegt, und auch das nur in einer gewissen Spannung; die Welt geht dem Gericht entgegen, *obwohl* sie durch Gottes Wort geschaffen ist. Die Vergänglichkeit ist dem Neuen Testament nicht mehr durch das Geschöpfsein als solches begründet, sondern durch die Gottfeindlichkeit der Welt und durch Gottes Gericht. Röm 8,19-25 spricht in diesem Sinne vom Seufzen der Kreatur, die unfreiwillig um des Menschen willen der Vergänglichkeit unterworfen ist, und richtet über ihr die Verheißung der Freiheit der Kinder Gottes auf.

Verschiedentlich wird dem Vorläufigen, Irdischen mit der Wendung „nicht mit Händen gemacht“ das Himmlische, Endgültige gegenübergestellt¹¹¹.

Die Stellung Jesu Christi und die neue Schöpfung

An einigen Stellen des Neuen Testaments wird die Schöpfungsaussage auf Christus bezogen und dient dazu, seine *einzigartige Stellung* gegenüber der Welt als einer durch ihn erschaffenen hervorzuheben¹¹². In einer gewissen sachlichen Verbindung dazu stehen jene Aussagen, die davon sprechen, daß in Christus „nun“ (nämlich im Anbruch der Endzeit) das offenbart wird, was von der Schöpfung her verborgen war beziehungsweise was Gott vor

¹⁰⁴ Offb 4,11

¹⁰⁵ Sabbat: Mk 2,27; Mann und Frau: Mk 10,6-9; 1. Kor 11,9; 1. Tim 2,13; Speisen: 1. Tim 4,3f

¹⁰⁶ Eph 2,10; Tit 2,14

¹⁰⁷ Mt 25,34; Offb 13,8

¹⁰⁸ 1. Kor 2,7; Eph 1,4; 1. Petr 1,20; 2. Tim 1,9; Tit 1,2

¹⁰⁹ 1. Joh 2,16f; Hebr 12,27

¹¹⁰ 2. Petr 2,5; 3,5-7

¹¹¹ Apg 17,24; 2. Kor 5,1; Kol 2,11; Hebr 9,11

¹¹² 1. Kor 8,6; Kol 1,15-17; Hebr 1,2; Offb 3,14 und – in Anknüpfung an die Schöpfungsgeschichte von 1. Mose 1 – Joh 1,1-18

Grundlegung der Welt beschlossen hatte¹¹³. Durch den Rückbezug auf die Schöpfung wird die *grundlegende Bedeutung dessen verdeutlicht, was Inhalt des Evangeliums ist*.

Wie hier das Gewicht des Evangeliums durch die Verknüpfung mit der ersten Schöpfung hervortritt, so wird umgekehrt das in Christus geschaffene Heil selbst in Schöpfungskategorien gefaßt und so als *neue Schöpfung* verstanden, die ebenso wie die erste allein durch Gottes souveränes Schöpferhandeln gesetzt ist¹¹⁴.

Wenn wir abschließend die Vielfalt all dieser Zusammenhänge und Bezüge überblicken, so wird deutlich, wie sehr die Schöpfungsaussagen jeweils durch sie bestimmt und mit ihnen verwoben sind und wie unangemessen es ist, durch Abstrahierung von diesen Zusammenhängen eine für sich bestehende „Einheits-Schöpfungsaussage“ begrifflich herstellen zu wollen, die dann als sekundär auch noch in jenen Relationen stehend gedacht wäre! Die Schöpfungsaussage steht nicht „an sich“ da. Die Bezüge, in denen jeweils vom Schöpfer, von seinem Schaffen, von der Schöpfung und vom Geschöpf gesprochen wird, gehören essentiell mit zu dieser Aussage und bestimmen deren substantiellen Gehalt mit. Das Schöpfungszeugnis ist vielschichtig in den Gesamtzusammenhang biblischen Glaubens verflochten, und auch das, was es uns zu sagen hat, ist vielschichtig. Die Bildung eines invariante und scharf definierten Einheitsbegriffs ist kein geeignetes Mittel, den Inhalt des biblischen Schöpfungszeugnisses aufzunehmen und zur Geltung zu bringen.

1.5 Die Variabilität der Zeitdimensionen

Bereits oben habe ich verschiedentlich darauf hingewiesen, daß das biblische Reden vom Schöpfer und von Schöpfung keineswegs einlinig auf ein Geschehen am Anfang der Welt konzentriert ist. In der Tat sind die zeitlichen Bezüge der biblischen Aussagen unterschiedlich: Viele sprechen von einem Geschehen, das abgeschlossen in der Vergangenheit zurückliegt¹¹⁵; freilich muß dabei diese Vergangenheit nicht immer mit dem Anfang der Welt identisch sein¹¹⁶. Öfter ist aber auch von einem gegenwärtig andauernden¹¹⁷ oder auch von einem gegenwärtig aufbrechenden Geschehen die Rede¹¹⁸. Einige Worte schließlich beziehen sich auf zukünftiges Geschehen¹¹⁹.

¹¹³ Mt 13,35; 1. Kor 2,7; Eph 3,9; 1. Petr 1,20; 2. Tim 1,9; vgl. Kol 2,2f

¹¹⁴ 2. Kor 5,17; Gal 6,15; Eph 2,10.15; 4,24; Kol 3,10; Jak 1,18; 2. Kor 4,6; Phil 1,11; Hebr 13,21; Offb 21,5; vgl. Röm 5,12-19

¹¹⁵ z. B. 1. Mose 1+2; Ps 90,2; 102,26; 148,5

¹¹⁶ z. B. Hiob 10,8-12; Ps 119,73

¹¹⁷ z. B. Ps 104; Hiob 9,5-10; Am 5,8; 9,6

¹¹⁸ z. B. Jes 43,19; 48,7

¹¹⁹ z. B. Jes 51,16; 65,17; 66,22

Nun ist freilich die Unterscheidung zwischen vergangenheitlicher und gegenwartsbezogener Aussage sprachlich nicht immer so glatt zu treffen, wie dies aufgrund der deutschen Übersetzung erscheinen mag. Denn die hebräische Sprache kennt nicht wie die indogermanischen Sprachen eine Flexion der Verben nach *Tempora*, die Vergangensein, Gegenwart und Zukünftigkeit eines Geschehens ausdrücken, sondern lediglich zwei sogenannte „Tempora“ (besser: *Vollzugsformen*), die das angesprochene Geschehen nicht auf der Zeitlinie festlegen, sondern es danach charakterisieren, ob es (in der Perspektive des jeweiligen Redezusammenhangs)

- als einfache (oder betont: als vollendete, unwiderrufliche) Tatsache, als vollendete Tat und abgeschlossenes Geschehen im Blick ist oder
- als sich vollziehendes, andauerndes, nicht vollendetes Geschehen.

Neben diesen beiden „Tempora“ gibt es noch ein Partizip, das keinerlei zeitliche Festlegung enthält.

Sehr viele der alttestamentlichen Schöpfungsaussagen sind in Form von Partizipien formuliert. Sie wollen also nicht ein Schöpfungsgeschehen zeitlich festlegen, sondern vielmehr dem Gott Israels die Eigenschaft und Macht des Schöpferseins, die Urheberschaft gegenüber dem Geschaffenen zuschreiben und ihn als den Schöpfer vor Augen stellen¹²⁰. Zwar wird in vielen solcher Fälle der sachliche Zusammenhang ein Verständnis nahelegen, das mehr an ein vergangenes oder mehr an ein gegenwärtiges Tun Gottes denken läßt, aber sprachlich ist dies durch die Partizipialform oft geradezu offengehalten.

Wie oben (S. 327) schon angedeutet, konzentriert sich in nachalttestamentlicher Zeit das Reden von Schöpfung stark auf das Schöpferhandeln Gottes am Anfang der Welt. Dennoch hat das Neue Testament nicht nur diese Linie von der Welterschöpfung am Anfang aufgenommen und die Verheißung der künftigen Neuschöpfung weitergeführt und vertieft, sondern ebenso bildet für viele Aussagen des Neuen Testaments – wenn auch unter veränderter Begrifflichkeit – das Wissen um das gegenwärtige, alles durchdringende Schöpferwirken Gottes und um seine alles umfassende Schöpfermacht die tragende Grundlage¹²¹. Auch der Lobpreis der Schöpfungsmittlerschaft Christi¹²² enthält ja eine Aussage über die gegenwärtigen Machtverhältnisse.

Freilich hebt das Neue Testament, wenn es vom gegenwärtigen schöpferischen Wirken Gottes spricht, vor allem auf das Wirken Gottes durch seine

¹²⁰ z. B. Hiob 9,5-10; Ps 104,2-5 u. ö.; 136,4-9; Jes 40,22; 44,24ff; Am 4,13; 5,8; 9,6

¹²¹ z. B. Joh 5,17; Apg 17,27f; Röm 1,18ff; Eph 1,11

¹²² Kol 1,16f

Boten und in den Glaubenden beziehungsweise in der Gemeinde ab¹²³; dabei ist dieses Wirken Gottes in der Gemeinde keineswegs als ein Wirken in privater Innerlichkeit oder in begrenzter persönlicher Sphäre verstanden, sondern im vollen Sinn als Schöpferwirken, unter dem der Anbruch der neuen Welt Gottes geschieht und bereits inmitten der irdischen Welt Gestalt annimmt.

Es wäre gewiß verkehrt, die zeitliche Vielschichtigkeit und Vielgestaltigkeit des biblischen Redens von Gottes Schöpferwirken – als zurückliegendem, gegenwärtigem oder zukünftigem, als vollendetem oder unabgeschlossenem oder als ohne zeitliche Rücksicht spezifisch dem Gott Israels zugehörendem Tun – auf einen Nenner bringen und sozusagen eine Quersumme daraus ziehen zu wollen. Die verschiedenen Ausprägungen gehören in verschiedene Redesituationen, und dort ist jede in ihrer Eigenart wichtig und darf nicht vorschnell mit der Eigenart anderer Ausprägungen durchsetzt werden. Eines aber kann wohl zusammenfassend gesagt werden, ohne diese Unterschiedlichkeit zu verletzen: Für das biblische Reden vom Schöpferhandeln Gottes ist es wesentlich, daß es sich in bestimmten Situationen auf eine bestimmte Dimension der Zeit oder der Vollzugsform konzentriert, daß es sich aber aus keiner dieser Dimensionen aussperren läßt, sondern insgesamt sie alle durchdringt – wie es ebenso in bestimmten Situationen bestimmte Elemente der erfahrbaren Wirklichkeit als von Gott gesetzt qualifizieren kann und andere nicht, insgesamt aber für keinen Bereich der Wirklichkeit gelten läßt, daß er der Urheber-schaft und dem schöpferischen Zugriff Gottes entzogen wäre.

2. Zum Verständnis des biblischen Schöpfungszeugnisses und seiner Grundlagen

Haben wir bisher im Wesentlichen versucht, das biblische Schöpfungszeugnis in seinem vielschichtigen Bestand nach verschiedenen Richtungen hin abzuschreiten, und dabei lediglich hin und wieder, wo es angebracht erschien, geschichtliche Zusammenhänge angedeutet oder bestimmte Züge als für das Verständnis grundsätzlich bedeutsam herausgehoben, so wenden wir uns nun der Aufgabe zu, dieses vielgestaltige Zeugnis nach seinen Grundlagen und inneren Zusammenhängen zu erfassen und zu verstehen. Wir tun das in einer Reihe von Schritten, deren Erträge sich zu einem Gesamtbild zusammenfügen.

2.1 Der Wirklichkeitshorizont des Schöpfungsglaubens

Schöpfung – das ist in der Bibel kein Dogma, das dem Menschen autoritativ vorgehalten wird, damit er es (evtl. blindlings) „glauben“ soll. Vielmehr ist der Schöpfungsglaube vielfältig mit der Wirklichkeitserfahrung

¹²³ Joh 9,4; Apg 19,11; 1. Kor 12,6.11; Gal 3,5; Eph 1,20; 3,20; Phil 2,13; Kol 2,12; 1. Thess 2,13

des Menschen verwoben und in ihr (jedenfalls mit-) begründet. Da dies für uns Heutige keine Selbstverständlichkeit ist, fragen wir nach den grundlegenden Momenten im Verhältnis des Menschen zur Wirklichkeit, in deren Rahmen der unmittelbare Erfahrungsbezug des Schöpfungsglaubens seinen Platz und seine Verankerung findet.¹²⁴

Es handelt sich dabei primär um eine Wirklichkeitserfahrung und -wahrnehmung, in der der Mensch sein Leben als in vorgegebene Zusammenhänge und Ordnungen hineingestellt erfährt und sich in seinen elementaren Lebensmöglichkeiten von diesen Vorgaben abhängig weiß. Und zwar nicht nur so, wie wir uns heute wieder von den zur Verfügung stehenden „Ressourcen“ abhängig wissen; nein, die Welt ist dem Menschen hier nicht eine Sammlung von sachlich-neutral ihm gegenüber und zur Verfügung stehenden Materialien zur Ausführung seiner Pläne, sondern der ganzheitliche Lebensraum, in den sein Leben innerlich und äußerlich eingebettet ist; und dieser Lebensraum gilt nicht als ein selbstverständlich vorhandener, sondern wird als ein gewährter und dem Menschen zugewendeter erfahren: Lebensmöglichkeit als Gnade.

Gewiß muß der Mensch in diesem Lebensraum tätig werden und auch gestaltend in seine Gegebenheiten eingreifen. Aber vor allem menschlichen Gestalten steht die Gewährung der Bedingungen und tragenden Ordnungen des Lebens durch die Gottheit, und zu diesen gewährten und vorgegebenen Ordnungen gehören nicht nur die des Naturgeschehens, sondern ebenso die sozialen, politischen und kultischen. Und alle gestaltende Tätigkeit des Menschen weiß sich angewiesen auf diese göttlichen Ordnungen und an ihren Rahmen gebunden. Auf diesem Hintergrund gilt dann auch das Wissen, daß diese gesamte gottgegebene Ordnung sich gegen den Menschen wenden wird, der aus ihr ausbricht, daß also dem Gottlosen seine Übertretungen nicht ungestraft durchgehen werden und daß es andererseits dem Frommen, der in den göttlichen Ordnungen bleibt, gut gehen wird.

In den Zusammenhang solcher Wirklichkeitserfahrung gehört das Reden von Schöpfer und Schöpfung. Es stößt gewissermaßen durch die unmittelbar empirisch gegebene Wirklichkeit in ihrer Verflochtenheit von göttlicher Gabe und menschlicher Mitwirkung durch zu deren Grundlage: zu der aller menschlichen Verfügung entzogenen und aller menschlichen Nutzung und Mitgestaltung vorausliegenden Gewährung des Lebens und seiner Bedingungen und Ordnungen durch die Gottheit. Darum geht es auch in den Schöpfungsaussagen im Entscheidenden nicht um Aussagen über die Welt, sondern um Aussagen über die Gottheit; nicht, weil über die Welt nichts gesagt werden sollte, sondern weil das Entscheidende über die Welt nur

¹²⁴ Vgl. dazu Steck: Zwanzig Thesen [4], bes. S. 280-291; ders.: Welt [5], bes. S. 95-123; v. Rad: Weisheit [9], bes. S. 375-389; Link: Erfahrung [8].

dadurch zu sagen ist, daß von der Stellung der Gottheit zu ihr und von der Macht der Gottheit über sie geredet wird.

So weit, könnte man sagen, ist der Horizont der Wirklichkeitserfahrung, in dem die Schöpfungsaussagen zu verstehen sind, für Israel und für die Völker seiner altorientalischen Umwelt in etwa derselbe. Von der spezifischen Zuspitzung, die der biblische Schöpfungsglaube und sein Verhältnis zur Wirklichkeit durch die geschichtlichen Erfahrungen Israels mit seinem Gott erfährt, soll im übernächsten Abschnitt die Rede sein. Zunächst wenden wir uns der Frage nach den Grundlagen und dem geschichtlichen Weg des biblischen Schöpfungsglaubens zu.

2.2 *Die geschichtlichen Grundlagen des biblischen Schöpfungsglaubens*

Gottes Schöpfersein ist in der Bibel weitgehend ein Thema menschlichen Redens von Gott oder zu Gott. Zwar kommt es auch in Gottes eigenem Mund vor¹²⁵, aber an all diesen Stellen werden die angeredeten Menschen auf die eine oder andere Weise – wenn auch zum Teil in überraschenden Konstellationen oder mit atemberaubenden Folgerungen – auf das Schöpfersein Gottes als auf etwas angesprochen, von dem sie im Grunde schon wissen und das lediglich in die gegebene Situation hinein zugespitzt wird (in gewisser Weise gilt das selbst für die Botschaft an die heidnischen Könige Jer 27,4ff). Nirgends im Alten Testament wird erzählt oder dokumentiert, daß Gott etwas über sein Schöpfersein dem Menschen verbal mitgeteilt habe. Andererseits handelt es sich dabei ja auch nicht um ein geschichtliches Ereignis wie die Rettung am Schilfmeer, das Menschen erlebt haben und von dem sie dann erzählen können.

Wie also kommt Israel dazu, von seinem Gott als dem Schöpfer zu reden? Worin gründet sein Wissen um Gottes Schöpfersein?¹²⁶

¹²⁵ Oft bei DEUTEROJESAJA und auch bei TRITIOJESAJA; ferner in den Gottesreden des Hiobbuches; sonst, wenn ich recht sehe, nur noch 2. Mose 4,11; Jer 5,22; 27,5; in dritter Person 2. Mose 20,11 in der Begründung des Sabbatgebotes; und schließlich im Selbstgespräch Gottes am Anfang der Sintfluterzählung 1. Mose 6,7.

¹²⁶ Wenn wir so nach den historischen Zusammenhängen und Wurzeln von Israels Schöpfungszeugnis und seinen Ausprägungen fragen, dann bedeutet das nicht, aus einer von Gott geschenkten Wahrheit eine von Menschen erdachte oder ihnen einfach aus „weltlichen“ Erfahrungszusammenhängen sich aufdrängende Vorstellung zu machen. Sondern es geht um die Frage nach dem wirklichen Geschehen und Geschehenszusammenhang, durch den Gott seinem Volk etwas von sich kundgegeben hat. Die Kennzeichnung des Schöpfungsglaubens als Offenbarungswahrheit ist dann mißbraucht, wenn sie blind macht für die geschichtlichen Zusammenhänge, in denen der biblische Schöpfungsglaube steht; dies gilt umso mehr, als einerseits „Offenbarung“ in der ganzen Bibel nicht als eine verbale Vermittlung göttlicher Lehren verstanden ist,

Den alttestamentlichen Texten läßt sich eindeutig und mit Sicherheit entnehmen, daß die Grundlagen für die Beziehung Israels zu seinem Gott nicht im Bereich der Schöpfungsthematik liegen; vielmehr wird diese Grundlage in einem Erwählungsakt Gottes namhaft gemacht, konkret verknüpft mit den rettenden Geschichtstaten Gottes in der Herausführung des Volkes aus der Knechtschaft in Ägypten und der Gabe des verheißenen Landes, mit dem Bundesschluß am Sinai und den Verheißungen und Führungen der Väterzeit. Primär ist dieser Gott seinem Volk also nicht als Schöpfer der Welt begegnet, sondern als ein Gott der Verheißung, der Führung und der rettenden Tat.

Das ist so ausgeprägt, daß in den Erzvätergeschichten und in den Traditionen vom Auszug aus Ägypten, vom Zug durch die Wüste und von der Einnahme des verheißenen Landes auch in deren biblischer Endfassung mit ganz wenigen Ausnahmen keine Schöpfungsaussagen vorkommen. Auch wenn ein *argumentum e silentio* nie ganz schlüssig ist, legt sich bei dieser Sachlage doch der Gedanke nahe, der in der alttestamentlichen Forschung mit breitem Konsens vertreten wird, daß in der Frühzeit Israels und bei seinen nomadischen Vorfahren die Verehrung Gottes als Schöpfer, wenn überhaupt lebendig, doch jedenfalls keine wesentliche Rolle spielte.

Eines freilich gehörte von Anfang an zum Grundbestand der Erfahrungen der israelitischen Stämme mit ihrem Gott: das Wissen, daß er uneingeschränkt über die Naturgewalten gebietet, wie das an seinen Rettungstaten sichtbar wurde. Daß er dann auch als der *Schöpfer* der Natur gepriesen und angerufen wurde, konnte daran anknüpfen, hat aber offenbar erst später in der Gottesbeziehung Israels seinen festen Platz und zunehmende Bedeutung gewonnen. Eine wesentliche Rolle für diesen Übergang spielte die Seßhaftwerdung im Kulturland und die damit verbundene Übernahme fremder Kultur (Ackerbau, soziale Lebensformen etc.!) und die Auseinandersetzung mit deren religiösen Traditionen; insbesondere scheint das davidische Königtum in Jerusalem mit seinem Eintreten in die städtische Kultur dafür einige Bedeutung gehabt zu haben.

Daß Israel seinen Gott als den Schöpfer der Welt erkannte, entsprang also nicht irgendwelchen müßigen Spekulationen, sondern hing mit der realen Situation zusammen, in die Gott sein Volk durch die Gabe des Landes gebracht hatte und in der es nun als sein Volk zu bestehen und ihm die Treue zu halten hatte. Dafür war die Erkenntnis wesentlich: Was die Kanaanäer

sondern als ein Sich-Kundgeben Gottes in einem realen Geschehen, in dem sein Wille inmitten der irdischen Realität zur Durchsetzung gelangt, und andererseits die Bibel immer wieder das Konfrontiertsein mit dem Schöpfer als eine allen Menschen widerfahrende Realität des menschlichen Lebens in den Blick bringt.

ihrem Gott El zuschreiben, daß er die Welt geschaffen hat, das gilt in Wahrheit von unserem Gott, der uns aus Ägypten geführt hat.

Diese Erkenntnis scheint sich in der Auseinandersetzung mit der Religion der kanaanäischen Umwelt in einem vielschichtigen Prozeß der Abstoßung, der Übernahme und der Umformung religiöser Tradition vollzogen zu haben, der uns nicht im einzelnen greifbar wird, dessen grundlegende Eigenart aber auch für die Auseinandersetzung des biblischen Gottesvolkes mit seiner Umwelt in späteren Epochen bis ins Neue Testament und in die Kirchengeschichte hinein bestimmend und wesentlich ist. Von Grund auf und rigoros als mit dem Gott Israels unvereinbar abgestoßen wird zum Beispiel der Baalskult und alles, was mit ihm zusammenhängt (freilich geschah diese rigorose Abstoßung nicht „von selbst“ und auf Anhieb, sondern mußte in langen Kämpfen durchgesetzt werden). Aufgenommen wird etwa neben der Bezeichnung Gottes als *König* und manchem anderen auch die Benennung und Verherrlichung Gottes als *Schöpfer*.

Aber solches „Übernehmen“ fremder Tradition ist nie einfach eine Addition zum bisherigen eigenen Bestand; vielmehr kann das Fremde legitim nur übernommen werden, sofern im bisherigen Bestand der Gotteserkenntnis eine Basis für seine Anknüpfung vorhanden ist, und bei seiner Übernahme erfährt das Fremde eine Umformung. Nicht nur, daß der Gottesname ausgetauscht und dadurch der Gehalt dem fremden Gott ab- und dem eigenen Gott zugesprochen wird; vielmehr wird die Schöpfungsaussage bewußt und strukturell in den Zusammenhang der bisherigen Gotteserfahrungen und -erkenntnis Israels eingefügt, bekommt von da her ihre spezifischen Konturen und wird so zur Erkenntnis *dieses* und keines anderen Gottes.¹²⁷

Freilich wird bei solcher umformenden Übernahme nicht nur das Fremde umgeformt; auch Israels eigene hergebrachte Gotteserkenntnis und Gottes-

¹²⁷ Dieser Satz über die Umformung fremder Tradition darf nur als Beschreibung des äußeren Prozesses verstanden werden, nicht als Konstruktion einer in sich geschlossenen Kausalkette, durch die Gotteserkenntnis entstände – und schon gar nicht im Sinne einer (theologischen) Technik, durch die man Gotteserkenntnis „machen“ könnte! Erkenntnis Gottes ist stets nur Gottes eigene Gabe, gerade auch dann, wenn er sie durch die Vermittlung solcher Prozesse gibt.

Ferner möchte ich ausdrücklich darauf hinweisen, daß das oben gezeichnete Bild der Vorgänge in der Frühzeit Israels eine von mehreren möglichen Rekonstruktionen darstellt, also keineswegs in allen Zügen völlig sicher ist. Daß Auseinandersetzungen mit den religiösen Traditionen der Umwelt im oben dargelegten Sinn stattgefunden haben und für die Gestaltung des Glaubens und der Traditionen Israels von Bedeutung waren, kann mit einem hohen Grad an Sicherheit angenommen werden; daß das Schöpfungsthema für Israel erst in diesem Zusammenhang aktuell wurde, ist eine Annahme, die sich aus manchen Gründen nahelegt, die aber – wie oben bereits angedeutet – in ihrem negativen Bestandteil (daß das Thema zuvor für Israel nicht aktuell war) nicht gesichert ist.

beziehung erfährt dabei nicht nur eine Erweiterung, sondern zugleich in gewisser Hinsicht auch eine Umgestaltung. Biblischer Glaube empfängt seine Kontinuität und Identität durch die Zeiten hindurch nicht aus einer mechanisch unveränderlichen Gestalt seiner Inhalte, sondern allein aus der Treue Gottes, der selbst seinem Volk in dessen neuen Situationen begegnet, sich in allen Wandlungen seiner Selbstdarbietung als derselbe erweist und selbst sein Volk in den Gefährdungen dieser unausweichlichen Wandlungsprozesse bewahrt und nicht aus der Hand läßt.

Die meisten Schöpfungsaussagen, die uns im Alten Testament begegnen, stammen aus der Zeit des babylonischen Exils und aus der Zeit danach. Hatten die Schöpfungsaussagen zuvor, soweit wir sehen können, eine verhältnismäßig „friedliche“ Existenz im Gotteslob, in Gottesprädikationen und in der jahwistischen Schöpfungsgeschichte (1.Mose 2) geführt, bekommen sie nun eine letzte Brisanz; sie sind hineingezogen in das Feld des Kampfes um die Einzigkeit des Gottes Israels! Zwar gibt es auch jetzt Gotteslob und Gottesprädikation, und die Schöpfungsgeschichte von 1.Mose 1 bekommt in dieser Zeit ihre endgültige Gestalt – aber all das wird in das Licht eines anderen Zusammenhanges getaucht: Die Schöpfungsaussage ist das entscheidende Argument in der Polemik gegen die fremden Götter. Vor allem bei DEUTEROJESAJA begegnet uns das in immer neuen Variationen. Und bei ihm begegnet uns weiter etwas, das die bisherigen Verhältnisse geradezu auf den Kopf stellt: war in der früheren Zeit die Grundlage für Israels Gottesbeziehung im Wissen um Gottes Rettungstaten gegeben und demgegenüber das Wissen um sein Schöpfersein eine Erkenntnis, die dazukam, so wird jetzt dem Volk die Schöpfermacht Gottes als Grund dafür vor Augen gestellt, daß es der Verheißung einer neuen Rettungstat seines Gottes trauen kann. Sowohl in der Götzenpolemik wie in dieser Argumentation DEUTEROJESAJAS ist also das Wort von Gott als dem Schöpfer ganz in den Dienst des Ringens Gottes um sein Volk und um dessen Vertrauen für einen Neuanfang gestellt.

Das heißt freilich auch: Die Schöpfungsaussagen haben ihr Eigengewicht und die Unmittelbarkeit ihrer Intention auf die gegebene Lebenswelt eingebüßt; sie dienen nicht mehr dazu, ihren Hörern deren empirische Lebenswelt als Gottes Schöpfung und damit als heilvollen, von Gott gewährten Lebensraum zu erschließen und vor Augen zu stellen. Vielmehr setzen sie voraus, daß der reale Lebensraum und die reale Situation des jüdischen Volkes gerade nicht heilvoll ist – und angesichts dieser Situation sprechen sie gerade nicht von der Welt als guter, heilvoller Schöpfung, sondern machen eine Aussage über *Gott*, der als der Schöpfer die Macht hat, seine jetzt neu gegebenen Verheißungen und Zusagen wahr zu machen, daß er eine neue, heilvolle Situation schaffen werde. Der heilvolle Gehalt der Schöpfungsaussage hinsichtlich der Weltwirklichkeit verlagert sich also in die Zukunft:

nur in der weit ausgespannten Einheit von Schöpfung und Neuschöpfung ist der volle Gehalt der Schöpfungsaussage noch zu fassen.

Unter den schweren Erfahrungen des jüdischen Volkes in den folgenden Jahrhunderten spitzt sich dieses Auseinandertreten von Schöpfungsaussage einerseits und gegenwärtiger Lebenswelt andererseits weiter zu bis hin zu jenen Gruppen und Schriften, die unter dem Namen *Apokalyptik* zusammengefaßt werden und deren frühestes Dokument uns im DANIELbuch (aus der Makkabäerzeit) vorliegt. Die gegenwärtige Weltwirklichkeit steht – gemäß der Erfahrung! – ganz im Zeichen von Unheil und Bosheit; sie kann nicht mehr ungebrochen als Gottes gute Schöpfung angesehen werden, deren Ordnung dem Frommen zugute kommt und am Frevler ihre Verletzung rächt. Nur als verborgener Hintergrund alles Weltgeschehens kann das weiterhin geglaubte Walten der göttlichen Ordnung noch verstanden werden. Gerade der Fromme hat in *dieser Weltzeit* zu leiden. Aber inmitten dieses Leidens wartet er auf die *kommende Weltzeit*, in der die Bosheit gerichtet sein und Gott das Heil seiner Schöpfung wiederbringen, ja die erste Schöpfung noch überbieten wird. Die Schöpfungsaussage ist also aufs äußerste ausgespannt zwischen Urzeit und Endzeit; dazwischen liegt die gegenwärtige Welt, die zwar nicht der Schöpfermacht Gottes entzogen ist, aber dennoch entscheidend unter der Herrschaft des Bösen steht.

Diese Perspektive bildet die Grundlage für das neutestamentliche Heilsgeschehen und für die neutestamentliche Verkündigung. „Das Reich Gottes ist nahe herbeigekommen“ – das heißt: Die Wende ist da, in der Gott richtet und Heil schafft und seine zukünftige Welt anbrechen läßt. Gerade deshalb aber, weil er *dies* zu verkünden hat, kann Jesus auch wieder ganz unmittelbar auf die alltägliche Lebenswelt als auf Gottes gute Schöpfung hinweisen, in der man sein Schöpferwalten vor Augen hat; viele Gleichnisse und Worte Jesu zeigen uns, wie er oft geradezu seine Verkündigung auf diese gegenwärtige Schöpfungswirklichkeit aufbaut und so das äußerste Wissen um die Entfremdung der Welt von Gott mit dem äußersten Wissen um Gottes heilvolle und heilschaffende Nähe in ihr verknüpft. Freilich hat dieses Wissen um die gegenwärtige Schöpfungswirklichkeit bei Jesus und im ganzen Neuen Testament kein in sich selbst ruhendes Eigengewicht, sondern ist ganz hineingezogen in die Dynamik, die auf das kommende Reich und die kommende neue Schöpfung hinzielt.

Die Linie, die in der alttestamentlichen Geschichte von vornherein angelegt war und sich immer stärker ausgeprägt hatte – daß die Schöpfungsaussage nicht auf sich selbst stehen und isoliert in sich selbst die menschlichen Lebensbedingungen als Heilswirklichkeit darstellen kann, sondern ihren Ort und ihre Bedeutung im Sinnhorizont der geschichtlichen Heilstaten Gottes hat –, diese Linie kommt im Neuen Testament nun also zu ihrer vollen Ent-

faltung und Gestalt: Keine der neutestamentlichen Schöpfungsaussagen will einfach nur das Schöpferverhältnis Gottes zur gegenwärtigen Welt ansprechen und darin zur Ruhe kommen; vielmehr haben die meisten von ihnen ihr eigentliches Ziel darin, die universale Bedeutung und Geltung des Heilsgeschehens herauszustellen und die ganze geschaffene Welt in dessen Dynamik hineinzuziehen¹²⁸, oder sie stellen den Menschen vor die Unentrinnbarkeit des Gottes, in dessen Namen das Evangelium verkündigt wird.¹²⁹

Die neutestamentlichen Schöpfungsaussagen sagen nichts mehr über den Zustand der gegenwärtigen Welt als eines Ganzen, sondern sie reden von der Schöpfermacht und dem Schöpferwillen Gottes, der seinen Heilsrat-schluß mit der ganzen Welt zum Ziel zu bringen vermag.

Die einzelnen Stationen und Ausprägungen des neutestamentlichen Schöpfungszeugnisses und ihre Verknüpfung mit den konkreten Situationen in der Geschichte der ersten Christenheit (soweit sie uns bekannt oder erschließbar sind) nachzuzeichnen, würde hier zu weit führen¹³⁰. Dieser knappe Abriß des Weges bis hin zu den Grundlagen des Neuen Testaments sollte wenigstens in einigen Grundlinien deutlich machen, wie das biblische Schöpfungszeugnis in seinen konkreten Ausprägungen und Zusammenhängen fest mit den konkreten Situationen der real erfahrenen Geschichte des Volkes Gottes verwachsen und verwoben ist; es ist ein lebendiges Stück dieser Geschichte, in der Gott sich mit Menschen verbunden und an ihnen gehandelt und durch sein Handeln und Reden selbst Erkenntnis Gottes gestiftet hat, und es hat in ihr seine realen Grundlagen.

2.3 Die biblische Zuspitzung des Schöpfungsglaubens

Das Verwachsensein des biblischen Schöpfungszeugnisses mit konkreter Geschichte, wie wir es soeben in einigen grundlegenden Ansätzen kennengelernt haben, haben wir nun noch nach einer speziellen Seite hin kurz besonders zu betrachten – nach der Seite hin, von der das biblische Reden von Schöpfung und Schöpfer seine besondere Zuspitzung und Eigenart bekommt.

Das Handeln seines Gottes ist für Israel durch ganz bestimmte Grunderfahrungen bestimmt und charakterisiert, die sich durch seinen ganzen Weg mit diesem Gott durchziehen.

¹²⁸ z. B. Eph 1,3-12; 3,9; Hebr 2,10; und natürlich die Stellen, die von der Schöpfungsmittlerschaft Christi sprechen: Joh 1,1-18; Kol 1,15f; Hebr 1,2

¹²⁹ z. B. Apg 17,22-31; Röm 1,18ff

¹³⁰ Für eine etwas eingehendere Beschäftigung mit den verschiedenen Stationen und Ausprägungen des biblischen Schöpfungszeugnisses im Alten wie im Neuen Testament verweise ich auf die ausgezeichneten Ausführungen bei STECK: Welt [5], S. 154-193.

Da ist einmal die *Einzigkeit*, die er für sich in Anspruch nimmt – er läßt keine andere Macht neben sich gelten, die etwas zu sagen oder auf die man Rücksicht zu nehmen hätte; allein von ihm hat sein Volk alles zu erwarten. Und es liegt tatsächlich allein in seiner Hand, was aus seinem Volk wird – er hat die durch nichts eingeschränkte *Macht*, das durchzuführen, was er sich vorgenommen hat; gerade auch die negativen Erfahrungen Israels werden unter dieser Perspektive als sein machtvolles Gericht offenbar. Und er steht allen Gegebenheiten und allem Geschehen mit einer Freiheit und Souveränität gegenüber, die jede seinsmäßige Bindung an irgendwelche Elemente der Weltwirklichkeit durchbricht: in *freier Transzendenz* steht er allem irdischen Geschehen gegenüber; es ist sein Werk, aber niemals in irgend-einer Weise ein Stück von ihm oder seine Repräsentation, an der man ihn dingfest machen könnte. Durch nichts außer durch seinen eigenen Willen ist er festgelegt.

Alle diese Linien laufen immer wieder darin zusammen, daß *sein Handeln am Nullpunkt einsetzt*, ja daß gar im Zuge seines Handelns der Mensch immer wieder an den Nullpunkt geführt wird und erst dann die Erfüllung der Verheißung oder die machtvolle Rettung aus der Bedrängnis eintritt. In Israels Rückblick auf seine Geschichte wird das an allen wesentlichen Knotenpunkten wie ein roter Faden greifbar: Gottes Ruf an ABRAHAM, der diesen auf einen völlig ungesicherten Weg stellt; ABRAHAMs verzweifelter Warten auf den verheißenen Nachkommen – und dann der befohlene Opfergang mit dem nun endlich aufwachsenden Sohn; die ausweglose Bedrängnis und wunderbare Rettung des aus Ägypten fliehenden Volkes am Schilfmeer; JESAJAS Glaubensforderung an den jüdischen König und sein Volk¹³¹; die ganze Heilsverkündigung DEUTEROJESAJAS und in besonderer Weise das Gottesknechtlied Jes. 53; im Neuen Testament grundlegend der Leidens- und Sterbensweg Jesu und seine Auferweckung, aber ebenso das zugespitzte Zeugnis des PAULUS von der Rechtfertigung des Gottlosen (Röm 1 - 5) oder seine Aussagen über Trübsal und Herrlichkeit seines Apostelamtes (2.Kor 4,7-18) – dies alles sind nur einige der wichtigsten und eindringlichsten Zeugnisse von dieser Art des Handeln Gottes: daß es den Nullpunkt zu seinem Einsatzpunkt und zu seiner Voraussetzung macht, die ausweglose Bedrängnis zur „Vorgabe“ der Rettung, die unaufhebbare Heillosigkeit zu dem Ort, an dem Gottes Heil empfangen wird und sich durchsetzt.

Dieser Grundzug des Handelns Gottes durchdringt auch das Schöpfungszeugnis der Bibel, nicht überall in gleichem Maße handfest und ausgeprägt, aber doch so, daß man sagen kann und sagen muß: es steht insgesamt und durchgängig unter diesem Vorzeichen. Es ist nicht nur äußerlich und nicht

¹³¹ Jes 7,9; vgl. 30,1-7.15-17; 31,1-3

nur durch seine Bedeutung und neue Ausprägung in bestimmten Situationen mit der Geschichte des Handelns Gottes an seinem Volk verwachsen, sondern es ist wurzelhaft geprägt von den geschichtlichen Grunderfahrungen Israels mit dem Handeln seines Gottes.

So wird im biblischen Zeugnis das Reden von der Schöpfung spezifisch zugespitzt: auch und gerade Gottes Schöpferwirken ist ein Handeln vom Nullpunkt aus – ein freies und an keine Voraussetzung gebundenes Handeln des einzigen Gottes, der mit keinem anderen rechnen muß: „Wenn er spricht, so geschieht's; wenn er gebietet, so steht's da“ (Ps 33,9). Wie die geschichtlichen Rettungs- und Machttaten, so ist auch die Gewährung des natürlichen Lebensraumes als Schöpferwirken *dieses* Gottes ein gezieltes Handeln, beruhend allein auf seinem Willen und Entschluß und bedingt durch nichts als durch seinen Willen. Nicht weniger gilt dies für das künftige neue Schöpferhandeln Gottes.

Diese Zuspitzung auf die Nullpunktsituation, auf die Voraussetzungslosigkeit und Unbedingtheit des Schaffens Gottes kann unter anderem – keineswegs durchgehend, aber vielfach und insbesondere konsequent beim Gebrauch des hebräischen *bara* als Verb für *schaffen* – darin wirksam werden, daß bewußt vermieden wird, von einem Material zu sprechen, aus dem Gott seine Werke geschaffen hätte. Sie durchzieht aber auch durchgängig die Schöpfungsaussagen bei DEUTEROJESAJA, die Schöpfungstexte des HIOB-buches haben aus ihr ihre Kraft, und auch im Schöpfungslob der Psalmen findet sie immer wieder Ausdruck. Brennpunktartig ist sie zusammengefaßt in der Formulierung des PAULUS: „Gott, der die Toten lebendig macht und das Nichtseiende ins Sein ruft (oder: das Nichtseiende ruft wie Seiendes)“ (Röm 4,17) – gerade in ihrer Verbindung mit dem dortigen Kontext.

2.4 *Mythisches und biblisches Reden vom Anfang*

Nach diesen Grundlinien, die das Ganze des biblischen Schöpfungszeugnisses charakterisieren, wenden wir uns nun dem Zeugnis von der Schöpfung als einem Anfangsgeschehen zu, also einem speziellen Teil dieses Ganzen.

Worum geht es beim Reden vom Anfang? Das kann uns wohl über die Brücke der lateinischen und griechischen Äquivalente dieses Wortes verhältnismäßig einfach und schnell deutlich werden: *principium* und ἀρχή (arché) haben beide sowohl zeitliche wie sachliche Bedeutung, „Anfang“ oder „Grund“, „Ursache“ – eben „Prinzip“, wie wir sagen. Die frühen griechischen Denker fragten nach der ἀρχή und suchten damit nicht nur ein Wissen über die zeitlich frühesten Zustände der Welt zu gewinnen, sondern die Grundlagen der Wirklichkeit zu erfassen, das, „was die Welt im Innersten zusammenhält“.

Wenn vom Anfang gesprochen wird, geht es um die fundamentalen Grundlagen der Wirklichkeit, in der wir leben, um das, was für das Leben in dieser Welt zu jeder Zeit konstitutiv ist. Das freilich kann auf verschiedene Art geschehen – wobei das Konstitutive jeweils unterschiedlich verstanden wird.

Philosophisches und wissenschaftliches Reden vom Anfang

Beginnen wir mit der Weise, die uns neuzeitlich geprägten Menschen am nächsten liegt und am leichtesten verständlich, also am knappsten zu charakterisieren ist: mit der Fortsetzung jener *griechischen Denktradition* bis in unsere *neuzeitliche Wissenschaft* hinein. Hier verliert das Gesuchte im Grunde jeden zeitlichen Sinn, es wird nicht nach dem Anfang, sondern nach den *Prinzipien* gesucht; nach zeitlosen Gesetzen, die das Geschehen in Gang halten und ordnen (oder in der alten, vorneuzeitlichen Version: nach den metaphysischen Wesenheiten, in denen alles Seiende seinen Grund hat). Und wenn unsere Wissenschaften dann auch nach dem zeitlichen Anfang und nach den kosmogonischen Abläufen fragen, dann bleibt der Schwerpunkt dennoch bei den zeitlosen Gesetzen; es handelt sich weniger um eine Frage nach den Grundlagen (auch wenn sich von der menschlichen Seite her und vor allem bei Popularisierungen solche urtümlich menschlichen Empfindungen einmischen) als vielmehr um eine Probe aufs Exempel: reicht unsere Erfassung der Gesetze schon so tief, daß wir mit ihnen die Anfänge und das Werden unserer Welt erklären können?¹³²

Mythisches Reden vom Anfang

Der Mythos dagegen sucht in der Erzählung vom Anfang die Grundlagen der gegenwärtigen Wirklichkeit auf. Er formuliert keine Gesetze, die man im Umgang mit der Welt handhaben und „anwenden“ kann, sondern erzählt vom Werden der Dinge, die für einen Lebensraum und eine Kultur wesentlich sind. Aber auch hier liegt das Wesentliche nicht in einem in historischem Sinn „zeitlich“ verstandenen Anfang. Vielmehr rekapituliert der Mythos ein Anfangsgeschehen, das als aller gegenwärtigen Wirklichkeit zugrundeliegend verstanden ist; er erzählt nicht „Geschichte“, sondern eine „Ur-Geschichte“, die zu jeder Gegenwart gleich unmittelbar ist. Darum ist der Mythos oft auch Bestandteil des Kultes: In der kultischen Begehung ordnet sich die Gemeinschaft und der einzelne Mensch in dieses Urgeschehen und in seine Ordnungen ein, um in dessen lebentragender Mächtigkeit auf-

¹³² Ich verzichte in diesen Sätzen auf differenziertere Formulierungen hinsichtlich der in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts vollzogenen Umwälzungen in den Grundlagen der Naturwissenschaften, da diese, soweit ich sehe, zwar – beim kritischeren Teil der Forscher! – einen Verzicht auf den Anspruch wesenhafter Wirklichkeitserkenntnis, aber bislang in der für uns hier wesentlichen Hinsicht keine grundlegend veränderte Motivationslage erbracht haben.

gehoben zu sein. Es geht also um das Aufsuchen des die Gegenwart tragenden Urgeschehens und um die für jede Gegenwart verbindliche Bestimmung und Ordnung der Dinge von ihrem – nicht mehr hinterfragbaren, „unvordenklichen“ – Ursprung her.

Im Mythos werden also die Grundlagen der gegenwärtigen Lebenswelt des Menschen – fundamental und unhintergebar, darum „anfänglich“ – auf das Wirken göttlicher Mächte „zurückgeführt“. In diesem göttlichen Wirken empfangen die Welt und der Mensch in ihr ihren Halt und ihren Sinn. Auch die verborgene Abgründigkeit der Welt und des menschlichen Wesens kann dabei zur Sprache kommen, so zum Beispiel wenn in dem babylonischen Schöpfungsepos *Enuma elisch* der Schöpfergott Marduk die Welt aus dem Leib der von ihm in hartem Kampf besiegten und getöteten Urgöttin Tiamat baut oder wenn die Menschen dort aus dem Blut des ebenfalls getöteten Gottes Kingu geschaffen werden, der Tiamat zum Kampf gegen die jüngeren Götter aufgereizt hatte.

Solchem Tätigwerden eines Schöpfergottes geht in vielen vorderorientalischen Schöpfungsmythen eine Götter-Genealogie voraus: aus dem ersten Gott oder dem ersten Götterpaar gehen eine ganze Reihe von Göttergenerationen hervor; die Vielfalt der göttlichen Mächte wird also auf einen gemeinsamen Ursprung zurückgeführt. Meist stehen diese so entstehenden Götter mit bestimmten Elementen oder Bereichen der Welt in Beziehung (Urmeer, Luftgott, Himmelsgott usw.), so daß schon diese Theogonie als eine elementare Kosmogonie verstanden werden kann, in der ja auch zum Teil (s. o.) die „Rohstoffe“ für die gestaltenden und ordnenden Werke des Schöpfergottes bereitgestellt sind.

Im einzelnen sind die Schöpfungsmythen – auch wenn man nur den Ausschnitt der näheren Umgebung Israels, also den Alten Orient, nimmt – sehr vielfältig und unterschiedlich. Wir können hier nicht näher auf sie eingehen, sondern müssen uns mit dieser knappen Charakterisierung ihrer grundlegenden Sinnstruktur begnügen.¹³³

Biblisches Reden vom Anfang

Auch beim biblischen Reden vom Anfang geht es nicht nur um ein zurückliegendes Geschehen und längst vergangene Zustände, sondern um die

¹³³ Zum Kennenlernen der altorientalischen Schöpfungsmythen verweise ich auf die Sammlung *Die Schöpfungsmythen* [12]; einen guten Überblick über die verschiedenen Arten von Schöpfungserzählungen und die in ihnen vorkommenden Grundmotive gibt WESTERMANN in der Einleitung seines Kommentars zu Genesis 1 - 11 [17], S. 26-65. Auch auf die schöne Deutung der Schöpfungsmythen und ihrer vielschichtigen Bezüge anhand von Textausschnitten aus dem *Enuma elisch*, aus *Hesiod* und aus der *Edda* bei v. WEIZSÄCKER ist hier hinzuweisen: Tragweite [13], S. 20-37.

Grundlagen der gegenwärtigen Lebenswelt des Menschen: das Geschehen am Anfang begründet die gegenwärtigen Grundgegebenheiten der Welt und macht deutlich, in welchem Zusammenhang sie zu verstehen sind. Dabei gehören die beiden Schöpfungsgeschichten in den Rahmen der gesamten Urgeschichte (1.Mose 1 - 11) hinein und müssen im Gesamtzusammenhang mit den übrigen Bestandteilen und Erzählungen dieser Urgeschichte gesehen werden: erst sie alle zusammen, nicht die Schöpfungsgeschichte für sich allein ergeben das volle Bild.¹³⁴

Von der historischen Frage, wie wir sie heute zu stellen gewohnt sind, hebt sich das leitende Interesse der urgeschichtlichen Erzählungen deutlich ab: zielt unser historisches Fragen auf „Rekonstruktion“ vergangener Ereignisse und Geschehensabläufe, auf die Sicherstellung ihres vergangenen Ablaufs, so wollen die Erzählungen der Urgeschichte die grundlegenden Vorgaben deutlich machen, unter denen *gegenwärtiges* menschliches Leben sich abspielt – dies freilich tun sie in Form berichtender (!) Erzählung. Wenn wir sie in ihrer Eigenart verstehen wollen, müssen wir also unsere vorgefaßten Frageraster („Geschehen – nicht geschehen? Wie geschehen?“ usw.) erst einmal loslassen und uns auf dieses eigene Interesse und auf diese eigene Perspektive der biblischen Urgeschichte einlassen.¹³⁵

Speziell die Schöpfungserzählungen im Rahmen der Urgeschichte zielen – in ihrem sachlichen Zusammenhang mit den übrigen Schöpfungszeugnissen Israels – darauf, „die Tiefendimension der gegenwärtigen Erfahrungswelt auszusagen und diejenigen Grundgegebenheiten und Grundbestimmungen freizulegen, die für Welt und Mensch im ganzen und immer schon gelten. Die Darstellungsweise des Anfangs bezeichnet das immer Geltende, also das, was alles Lebendige niemals sich selbst schafft, sondern das, was seinem Dasein immer schon vor- und mitgegeben ist“¹³⁶. Aus diesem Gesamtchor der biblischen Schöpfungszeugnisse heben sich die Schöpfungs-

¹³⁴ Eine gute und knappe Einführung in die Zusammenhänge gibt WESTERMANN: Theologische Bedeutung [18].

¹³⁵ Dabei kann es nicht darum gehen, das Interesse der Urgeschichte an den Grundlagen des gegenwärtigen Lebens gegen den berichtenden Charakter der Erzählungen auszuspielen und diesen jedes berichtende Interesse abzusprechen. Wohl aber gilt es ganz deutlich zu erkennen, daß unsere historische Frage nach der Rekonstruktion oder Erfassung des vergangenen Geschehensablaufs auf einer anderen Ebene liegt als die Intention der Texte und nur einen sehr begrenzten, untergeordneten und fragmentarischen Aspekt dessen erfaßt, was sie sagen wollen. Ein primär von dieser verengten und verkürzten Perspektive beherrschtes Herangehen an die Texte führt nicht nur zu einer verarmten und verengten Erfassung ihres reicheren Sinngehaltes, sondern auch zu wesentlichen Verzeichnungen ihrer inneren Sinnzusammenhänge und zu einer verfälschten Erfassung ihrer historischen und berichtenden Intentionen.

¹³⁶ STECK: Zwanzig Thesen [4], S. 283

erzählungen am Anfang der Bibel bei aller Gemeinsamkeit freilich zugleich spezifisch heraus durch die besondere Art und Zuspitzung, in der sie den Anfang als Anfang ins Auge fassen.

Aber auch hier gilt es wieder, uns die Differenz zwischen den Intentionen des biblischen Wortes und unseren modernen Fragestellungen deutlich bewußt zu machen: unsere naturwissenschaftlich geprägte Frage nach dem Anfang und den Werdeprozessen der Welt stellt ebenso wie unsere historische Frage eine gegenüber den Intentionen und dem Sinn der Texte entscheidend verengte Perspektive dar. Wenn wir – wie wir das wissenschaftlich ja gewohnt sind – diese verengte Perspektive für sich nehmen und unter Ausklammerung aller übrigen Bezüge die Texte nur von ihr her befragen, werden wir nicht einmal das, was in den Texten tatsächlich in dieser Richtung mitgemeint ist, angemessen und dem eigenen Sinn der Texte entsprechend erfassen und aufnehmen können.

Es gilt hier, uns von der Einengung auf unsere wissenschaftlich-intellektuellen Perspektiven und Fragen (von denen ja inzwischen auch unser Alltagsdenken weithin geprägt ist) frei machen zu lassen und in die eigenen Perspektiven der biblischen Aussagen einzutreten, die wesentlich vielschichtiger und reicher sind; nur aus dieser erweiterten und veränderten Perspektive werden wir dann auch das Verhältnis unserer wissenschaftlichen Fragen und Erkenntnisse zu den Aussagen der Bibel angemessen klären können¹³⁷. Einen wesentlichen Grundzug dieser eigenen Perspektive könnte man im Sinne des oben Angedeuteten in die Formulierung zusammenfassen: Das biblische Reden vom Anfang meint *nie nur* den Anfang, sondern zielt immer zugleich (freilich nicht immer in gleicher Weise und Direktheit) auf die aktuellen Grundlagen des gegenwärtigen Lebens.

War das bisher Gesagte wichtig, um ein verengtes Verständnis der biblischen Schöpfungsgeschichten im Sinne eines „Protokolls vom Anfang der Welt“ zu vermeiden, so ist nun freilich auch ein Zweites geltend zu machen: die biblischen Schöpfungsgeschichten können ihrem eigenen Sinn nach keineswegs in rein gegenwärtige oder rein „prinzipielle“ Aussagen aufgelöst werden; sie wollen durchaus in einem bestimmten Sinn vom Anfang sprechen, der nicht Gegenwart ist, sondern vollendet zurückliegt.

Dies ist insofern der Fall, als die beiden biblischen Schöpfungsgeschichten – sowohl beide zusammen in der uns vorliegenden Endgestalt des Textes der fünf Mosebücher als auch jede der beiden in der jahwistischen beziehungsweise der priesterlichen Quellenschrift, zu der sie wohl einmal gehörten – den Beginn eines Geschichtswerkes bilden. Zusammen mit der gan-

¹³⁷ Zu diesen grundlegenden Fragen hinsichtlich des Verständnisses der biblischen Schöpfungsgeschichten vgl. bes. WESTERMANN: Theologie [2], S. 72-77.

zen Urgeschichte sind sie dem Bericht von den Führungen und Taten Gottes vorangestellt, in denen er sein Volk erwählt, geleitet, bewahrt und errettet hat. Bei allem Eigengewicht und Eigencharakter werden die urgeschichtlichen Stoffe so in die Linie des zeitlich-geschichtlichen Gotteshandelns hineingestellt und in ihrem Licht verstanden. Auch in dieser Hinsicht wird das Reden von Schöpfung durchdrungen und geprägt von den geschichtlichen Grunderfahrungen Israels mit dem Handeln seines Gottes: wie die Taten Gottes in der Geschichte seines Volkes ist auch seine Schöpfertat am Anfang ein einmaliges Geschehen, das Entscheidung vollzieht und Unwiderrufliches setzt und damit eine neue Situation schafft, die die Grundlage für alles Künftige bildet. Andererseits bleibt Schöpfung, wenn sie so auf das Geschichtshandeln Gottes bezogen ist, keine in sich abgeschlossene Sache, sondern wird aufgeschlossen auf künftiges neues Gotteshandeln hin.

Nach beiden Seiten hin – sowohl hinsichtlich der Einmaligkeit der Schöpfungstat wie hinsichtlich der Offenheit der Schöpfung für neues Gotteshandeln – bildet diese feste Verknüpfung des Schöpfungszeugnisses mit der zeitlichen und geschichtlichen Linie des Gotteshandelns eine klare und scharfe Abgrenzung gegenüber dem mythischen Reden vom Anfang, das – bei aller Dramatik – zeitlos gleichbleibend in sich selbst ruht.

Es bleibt im Blick auf das biblische Reden vom Anfang also zweierlei festzuhalten, das für unser Empfinden zunächst in Spannung zueinander zu stehen scheint und doch in Einheit zusammengesehen werden muß:

- einerseits steht es in einem sehr viel unmittelbareren Gegenwartsbezug und ist in seinem Gehalt wesentlich vielschichtiger, als daß die engen Perspektiven unseres historischen oder naturwissenschaftlichen Fragens nach dem Geschehen am Anfang es angemessen erfassen könnten;
- andererseits aber bildet die Zuspitzung in eine geschichtliche und zeitliche Dimension hinein gerade einen entscheidenden Zug der biblischen Schöpfungsgeschichte.¹³⁸

¹³⁸ Gerade diese Einheit der beiden Aspekte und nicht nur der auf zeitliche Vergangenheit zurückblickende Aspekt ist es, der die Schöpfungsgeschichte mit dem Zeugnis von Gottes geschichtlichen Taten verbindet! Auch die Geschichtstaten Gottes werden in der Bibel nicht nur als abgeschlossen zurückliegendes Geschehen betrachtet, sondern von da aus zugleich auch als unmittelbar in die Gegenwart hereinragende und sie bestimmende Entscheidung und Grundlage; man denke etwa an die Art und Weise, wie in der prophetischen Verkündigung auf die Heilstaten Gottes an seinem Volk Bezug genommen wird oder wie dies in einer Reihe von Psalmen geschieht – und bis hin zur neutestamentlichen Verkündigung der göttlichen Heilstat in Kreuz und Auferstehung Jesu! Das „Ein-für-alle-Mal“ des Hebräerbriefes (Hebr 7,27; 9+10) stellt gerade das „bloße“ Vergangensein der Heilstat Christi (gegenüber der immer wieder neuen Gegenwart des Heilsgeschehens in einer ständig geübten und wiederholten Opferpraxis)

So setzen die biblischen Erzählungen vom Anfang einen spezifischen und entscheidenden Akzent inmitten der Vielfalt des biblischen Schöpfungszeugnisses, bleiben dabei aber in diese Vielfalt eingebunden: in ihrer Offenheit auf künftiges Gotteshandeln hin stellen sie den Menschen ebenso unmittelbar vor die Gegenwart seines Schöpfers und vor seine Angewiesenheit auf dessen Handeln wie jene anderen Schöpfungszeugnisse, die dies tun, ohne zeitlich auf einen Anfang zurückzublicken.

Wo die Weltschöpfung so klar im Licht der Geschichtstaten des Gottes Israels gesehen wird – und darin wiederum bleiben die übrigen biblischen Schöpfungszeugnisse in denselben Zusammenhang eingebunden, der auch die Schöpfungsgeschichten in ihrer spezifischen Art bestimmt – und in den Schöpfungsgeschichten gewissermaßen zugespitzt als die erste Geschichtstat Gottes vor Augen tritt, da hat das Konsequenzen für das Verständnis der Welt, in der der Mensch lebt: Sie verdankt sich ganz und gar der bewußten Entscheidung und Tat Gottes. Was diese Welt ist, wird nicht wahrhaft verstanden, wenn man ihr Dasein letztlich über eine Folge mehr oder weniger zufälliger, unbewußter und ungewollter Zeugungen auf Urelemente zurückführt¹³⁹; allein im Willen Gottes hat alles, was ist, seinen Grund, und von ihm allein ist es in seinem Bestand und in seinen Geschehensabläufen abhängig. An diesen Gott allein ist darum auch der Mensch gewiesen, wenn es um sein Leben, um seinen Lebensraum und seine Lebensbedingungen geht. Gottes Treue und Verlässlichkeit ebenso wie seinen Ernst und sein Gericht aber kennt Israel aus seiner Geschichte – und weiß darum im Aufblick zu ihm, woran es mit der Welt ist.

Es ist keine Welt, in der man sich auf eigene Rechnung einrichten kann, aber auch nicht eine Welt, in der man sich grundsätzlich bedroht weiß. Vielmehr eröffnet gerade das Aufreißen der immanenten Zusammenhänge auf den souverän schaffenden Gott hin eine neue Perspektive auf die Welt, eine Perspektive, die ein dankbares Staunen in sich schließt: Der in der Welt lebende Mensch steht auf einer festen Grundlage – aber weder auf eigene Rechnung noch auf Rechnung von naturhaft faßbaren Göttern, sondern auf der Basis einer Willensentscheidung Gottes, der man trauen kann. Ange-

unter dieses Vorzeichen: gerade und nur als „bloß“ vergangene ist sie entscheidend wirksame Gegenwart.

¹³⁹ Die Reihe der Göttergeburten am Anfang des *Enuma elisch* beginnt mit Formulierungen, die die ersten Geburten mehr als ein passives, unbewußtes und ungezieltes Geschehen zeichnen, während dann zu den späteren Göttergenerationen hin die Hervorbringung immer aktiver und bewußter wird – in gewisser Weise also ein aus den Urelementen Apsu (männlich: der unterirdische Süßwasserteich) und Tiamat (weiblich: der Salzwasserteich) hervorgehendes bewußtloses und erst allmählich zu Bewußtsein kommendes Evolutionsgeschehen.

wiesenheit und Dankbarkeit zugleich, eingebettet in eine zuverlässige Vertrauensgrundlage, bestimmen hier das Verhältnis zur Welt.

Schöpfung als freie, willentlich und folgenreich entscheidende Tat Gottes, die der Welt ihr Dasein gibt, und eine Welt, in der man mit nichts als mit dem Willen Gottes rechnen muß und sich auf ihn verlassen kann – das ist es, was als grundlegendes Merkmal das ganze biblische Schöpfungszeugnis prägt und in besonderer Zuspitzung im biblischen Reden vom Anfang zum Ausdruck kommt; kein Aufbau der Welt aus gegeneinanderwirkenden Kräften, kein vom Willen Gottes losgelöstes Schweben über der nichtenden Abgründigkeit der Welt, aber auch keine vom Willen Gottes unabhängige Sicherheit des Daseins, sondern das klare Wissen um die Beständigkeit der Werke und des Wirkens Gottes.

2.5 *Zu den biblischen Schöpfungsberichten*

Wir können hier natürlich nicht ausführlich auf den Text der Schöpfungsgeschichten eingehen, sondern können nur einige wesentliche Dinge herausheben; für eine intensivere Beschäftigung muß ich auf Kommentare und Spezialliteratur verweisen.

Daß es sich am Anfang der Bibel um zwei voneinander zu unterscheidende Schöpfungsberichte¹⁴⁰ handelt, die nicht von vornherein gemeinsam konzipiert worden sind, zeigen die Texte deutlich durch ihre verschiedene und gegenseitig selbständige literarische Form (der erste berichtet in einem streng und stereotyp geformten Schema, der zweite stellt eine plastische Erzählung dar) sowie durch inhaltliche Merkmale, von denen einige zugleich auf einen unterschiedlichen Traditionshintergrund und geographischen Standort schließen lassen: Zum Beispiel zeigt die Ausgangsszenerie des ersten Berichtes eine Urflut analog zu vielen mesopotamischen und ägyptischen Schöpfungsmythen, der zweite beginnt auf trockenem Land, das bewässert werden muß, und erinnert damit eher an den nomadischen Lebensraum.

Mit guten Gründen kann man vermuten, daß beide Texte eine lange Vorgeschichte hinter sich haben, bevor ihnen ihre jetzige Gestalt gegeben wurde. Der zweite (!) Schöpfungsbericht – er ist der ältere – erhielt seine Endgestalt vermutlich in der frühen Königszeit, indem er bei der Abfassung der (nach ihrem Gebrauch des Gottesnamens so genannten) „jahwistischen“ Quellenschrift des „Pentateuch“ (die fünf Mosebücher) an deren Anfang gestellt wurde; der erste wohl am Ende der babylonischen Gefangenschaft oder kurz danach als Eröffnung der „Priesterschrift“. Im vorliegenden

¹⁴⁰ 1.Mose 1,1 - 2,4a und 1.Mose 2,4b - 2,25

Bibeltext tritt die jahwistische Schöpfungsgeschichte ergänzend neben die priesterschriftliche.

Der jahwistische Bericht (1.Mose 2,4b ff)

Das Thema des jahwistischen Berichtes ist die Erschaffung des *Menschen*. Sie ist hier Gottes erstes Werk, und alle weiteren Werke sind Fürsorge für den Menschen, Bereitstellung des Lebensraumes und der Lebensbedingungen, deren der Mensch bedarf: die Pflanzung und Bewässerung des Gartens, die Erschaffung und Vorführung der Tiere, die Erschaffung der Partnerin, die ihm entspricht und mit der er das Leben teilen kann. Erschaffen wird so der *lebendige* Mensch in allen seinen Lebensbezügen: der Mensch, wie er sich nährt und wie er arbeitet („bebauen und bewahren“), wie er sich mit seiner Umwelt auseinandersetzt und dies mit Hilfe seiner Sprache tut, der Mensch, der die Welt auf seinen Bedarf und auf seine Zwecke hin mustert und so aktiv an ihrer Ordnung und Gestaltung beteiligt ist („wie er sie nennen würde, so sollten sie heißen“), der Mensch, der nicht einsam bleiben kann, sondern sein Leben in der Gemeinschaft findet.

Schöpfung ist also auch hier mehr als nur die Vorgabe von „Startbedingungen“, sie trägt das Leben in seinem konkreten Vollzug. Indem Gott dem Menschen ein Gebot gibt, setzt er ihn in eine Beziehung „auf Gegenseitigkeit“ zu sich, in der der Mensch sich nun auch zu Gott verhalten kann und muß und nicht nur passiver Empfänger des Lebens bleibt. Die ganze Welt ist in dieser Erzählung völlig hineingenommen in die Beziehung zwischen Gott und Mensch: außer dem schaffenden Gott und dem Menschen, der das Ziel seines Handelns ist, spielt hier nichts eine eigenständige Rolle – die ganze Welt als ein einziges großes Feld der Fürsorge Gottes für sein Geschöpf, den Menschen!

Auf diesen Linien liegt die Intention der Erzählung. Sie will – zusammen mit der Erzählung von Versuchung, Schuld und Strafe in Kapitel 3! – die gegenwärtigen und alle Menschen umfassenden Bedingungen des Lebens von ihrem Ursprung her verständlich machen. Eine Fixierung der Abläufe, „wie es bei der Schöpfung zugegangen ist“, ist in keiner Weise beabsichtigt. Die Formulierungen, die etwas über das Wie des Schaffens sagen könnten (die Formung des Menschen aus Lehm, das Einblasen des Atems, die Herstellung der Tiere aus Erde, das „Bauen“ der Frau aus der Rippe des Menschen) lehnen sich an die Bilder menschlicher Fertigungstechniken an und/oder verweisen auf Relationen, in denen das menschliche Leben ständig steht: daß der Leib des Menschen „von Erde genommen ist und zu Erde wird“, daß das Vorhandensein des materiellen Leibes nicht ausreicht, um die Lebendigkeit zu erhalten und zu erklären, daß Mann und Frau zusammengehören und eine Einheit bilden. Nicht die Weise und Einzelheiten des Hergangs der Schöpfung sollen erklärt und beschrieben werden,

sondern dadurch, daß in solcher Weise vom Hergang der Schöpfung erzählt wird, wird der Mensch mit seinem ganzen Leben und Sosein in Gottes Schöpferat gegründet. Dies freilich „durchgreifend“ und im vollen Sinne eines wirklichen, wirksamen Schöpfungshandelns Gottes, nicht im Sinne einer bloßen frommen Deutung eines „an sich“ „rein natürlichen“ Geschehens, in dem der Mensch „eigentlich“ (was den realen Prozeß angeht) „von selbst“, das heißt, ohne den hervorbringenden Willen Gottes entstanden wäre!

Der priesterschriftliche Bericht (1.Mose 1,1 - 2,4a)

Der jüngere, priesterschriftliche Schöpfungsbericht ist durch seinen strengen, das Geschehen in eine feste Ordnung bindenden Aufbau gekennzeichnet. Im Rahmen der sechs Schöpfungstage folgen acht Schöpfungswerke aufeinander (am dritten und am sechsten Tag jeweils zwei Werke). Das Ziel liegt im siebenten, dem Ruhetag und weist damit über die bloße Erstellung des Weltgebäudes und seiner Inhalte hinaus.

Die vielfach in Schöpfungserzählungen zum Ausgangspunkt gemachte Bezeichnung eines ungestalteten Anfangszustandes (vgl. z. B. 1.Mose 2,5) ist auch in diesem Bericht vorhanden (V. 2); aber der Charakter des Ausgangspunktes wird ihr genommen, indem sie durch die dem ganzen Bericht vorangestellte einleitende Zusammenfassung unterfangen wird: „Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde“. Mit aller Wucht wird also der Einsatzpunkt beim schaffenden Handeln Gottes genommen, dem nichts zuvor kommt.

Die gleiche Akzentuierung wird durch den ganzen Text hindurch ständig neu gesetzt durch die Reihung der scharf abgegrenzten Tage beziehungsweise Werke, deren jedes neu und unmittelbar durch das Befehlswort Gottes (das bei der Erschaffung des Menschen durch eine Selbstaufforderung Gottes ersetzt wird!) eingeleitet und eröffnet wird. Nichts geschieht hier, das nicht unmittelbar im Willen und im Befehl Gottes seinen Ursprung hätte; nichts geschieht hier „von selbst“, nichts durch unmittelbares Hervorgehen aus anderem Gegebenem. Alles Seiende wird allein und unmittelbar auf Gottes Entscheidung zurückgeführt und in seinem expliziten Willen gegründet. Kein neuer Schritt geschieht ohne einen neuen Befehl Gottes.¹⁴¹

¹⁴¹ Im Verhältnis zu den mythischen Genealogien und Werdeprozessen kann man diese Strukturierung des priesterlichen Schöpfungsberichtes schon als gezielt anti-evolutionär ansprechen. Dabei muß man freilich im Auge behalten, daß der Text keineswegs durchgehend alle Verbindungen zum mythischen Reden vollständig abschneidet. Und vor allem habe ich mit dieser Feststellung noch kein umfassendes Urteil über das Verhältnis des biblischen Schöpfungszeugnisses zur Evolutionstheorie gefällt, sondern nur einen Sachverhalt bezeichnet, der für diese Frage unbedingt mitbedacht werden muß; über diese Dinge werden wir an späterer Stelle noch weiter nachzudenken haben.

Das Schöpfungsgeschehen selbst wird mit unterschiedlichen Redeweisen erfaßt, die bewußt aneinandergebunden und einander beigeordnet werden. Beherrschend ist, wie wir gesehen haben, das Befehlswort Gottes; sein Inhalt ist wiederholt der Befehl zum *Werden*, und dem Befehl korrespondiert die Feststellung der *Ausführung*: „es wurde“, „es geschah so“. Daneben wird häufig gesagt: „Gott machte“, oder mit dem theologischen Terminus: „Gott schuf“. Bei den ersten Werken spielt das „Scheiden“ eine wichtige Rolle. Aber auch das delegierende „die Erde bringe hervor“ wird (bei den Pflanzen und bei den Landtieren) eingesetzt; freilich bringt die Erde hier nichts aus eigener Mächtigkeit hervor, sondern allein auf den Befehl Gottes hin.

Wenn wir diese Ausdrucksweisen in ihrem Nebeneinander sehen, wird deutlich, daß auch hier nichts über das *Wie* des Schaffens Gottes gesagt, keine Vorstellung darüber vermittelt werden soll; nicht die Art und Weise, sondern allein das jeweilige Ergebnis des göttlichen Schaffens, sein „Effekt“, ist von Anfang bis Ende im Blickpunkt der Darstellung.

Die Reihung der sechs Schöpfungstage mit ihrem Zielpunkt im abschließenden und vorausweisenden siebenten Tag fügt das Schöpfungsgeschehen zu einer klar gegliederten zeitlichen Ganzheit. Diese Ganzheitlichkeit und planmäßige Geordnetheit im Vorgehen des Schöpfers ist dem Verfasser ein wesentliches Anliegen. Daß er dabei an 24-Stunden-Tage gedacht hat, ist weder grundsätzlich auszuschließen noch eindeutig sicherzustellen – in jedem Fall ein Zeichen dafür, daß er auf die Bemessung der Dauer kein Gewicht gelegt hat. Für die scharfen Konturen der Gliederung des Berichtes ist es freilich von Bedeutung, daß hier von *Tagen* geredet und damit die Assoziation dieses unmittelbar sinnenfälligen und erlebnishaft gegebenen Zeitrhythmus wachgerufen wird, dessen Grenzen sich der Mensch klar und scharf vorstellen kann; „Jahre“ oder gar noch unschärfere „Perioden“ beziehungsweise „Zeitalter“ hätten die Schärfe der Gliederung demgegenüber erheblich verwischt – und damit auch die Konzentration auf das tathafte, unbedingte und souveräne Handeln Gottes aufgelöst.

Ebenfalls um die gegliederte und geordnete Ganzheit geht es, wenn Pflanzen und Tiere „nach ihren Arten“ erschaffen werden: die Pflanzen und Tiere existieren nicht in undefinierbarer Masse, sondern jedes Exemplar gehört einer unterscheidbaren Art und Gattung an und fügt sich so in die Ordnung des Ganzen. Über das *Wie* der „Entstehung der Arten“ ist damit nichts gesagt; wohl aber ist gesagt, daß jede einzelne Art ihr Dasein dem Schöpferwillen Gottes verdankt und keine ohne ihn ihr Leben in dieser Welt fristet; jede existierende Art ist von Gott gewollt.

Die Tatsache, daß der Bericht weder über das *Wie* des Schaffens Gottes im allgemeinen noch im speziellen etwas über das *Wie* der Entstehung der Arten sagen will, darf freilich nicht nach dem heute weit verbreiteten Schema

verstanden werden, als wolle er eben „nur“ eine theologische und keine naturwissenschaftliche Aussage machen. Dieses Interpretationsschema ist dem Bericht in keiner Weise angemessen und führt nur zur völligen Entleerung seiner Aussagen; eine theologische Aussage, die nichts über die konkrete Weltwirklichkeit zu sagen hat, ist leeres Geschwätz – und in besonderem Maße dann, wenn es dabei um die Schöpfung geht!

Die Negation, die ich geltend gemacht habe, bezieht sich lediglich direkt auf den genannten Sachverhalt: Es wird auf jede anschauliche Vorstellung über den Werdeprozeß der Weltbestandteile und der Pflanzen und Tiere und ihrer Arten wie auch des Menschen bewußt verzichtet. Im Blick auf den Bestand und die Ordnung der geschaffenen Welt und der Schöpfungswerke hat der Bericht durchaus auch so etwas wie ein naturwissenschaftliches Interesse und will „zur Sache“ und nicht nur „zur Frömmigkeit“ reden: „Diese Schöpfungsgeschichte ist natürlich durchaus gebunden an die kosmologischen Erkenntnisse ihrer Zeit. Es ist aber nicht gut, wenn der christliche Ausleger von diesen letzteren als überholten ganz absieht, als habe es der Theologe nur mit den Glaubensaussagen und nicht mit der Naturerkenntnis von Gen. 1 zu tun. Denn es kann ja keinem Zweifel unterliegen, daß der priesterschriftliche Schöpfungsbericht nicht ausschließlich theologische, sondern auch Naturerkenntnisse vermitteln will. Das Eigentümliche und für uns schwer Begreifliche liegt darin, daß hier theologisches und naturwissenschaftliches Erkennen spannungslos ineinander ruhen. Die beiden Aussagereihen gehen nicht nur einander parallel, sondern sie verschlingen sich derart, daß man eigentlich an keiner Stelle von Gen. 1 sagen kann, eine Aussage sei rein naturwissenschaftlich (und deshalb für uns bedeutungslos) gegenüber einer anderen, die nur theologisch sei. Die Theologie hatte eben in der damaligen Naturerkenntnis ein Instrument gefunden, das ihr völlig angemessen war und dessen sie sich bedienen konnte, um bestimmte Gegenstände – hier eben den Schöpfungsglauben – sachgemäß zu entfalten.“¹⁴² Es gilt also durchaus, dieses „Reden zur Sache“ ernst zu nehmen und mit den theologischen Aussagen, die wir zu machen haben, nicht vor unseren heutigen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen auf ein unangreifbares Feld auszuweichen, sondern auf sie zuzugehen und ihnen zu begegnen.

2.6 *Schöpfung und Verstrickung*

Durch die priesterliche Schöpfungsgeschichte hindurch klingt ein Mal um andere die göttliche Bestätigung der Schöpfungswerke: „Gott sah, daß es gut war“; „und Gott sah an alles, was er gemacht hatte, und siehe, es war

¹⁴² V. RAD: *Theologie* [1], Bd.I, S. 161f

sehr gut.“ Dem steht am Anfang der Fluterzählung das gegenteilige Urteil gegenüber: „Da sah Gott auf die Erde, und siehe, sie war verderbt; denn alles Fleisch hatte seinen Weg verderbt auf Erden“ (1. Mose 6,12). Und mit der jahwistischen Schöpfungsgeschichte ist jene weiterführende Erzählung verbunden, die uns unter dem Titel des „Sündenfalls“ geläufig ist: die Erzählung von der Verführung und dem Schuldigwerden des Menschenpaares und von seiner Vertreibung aus dem Garten.

Die biblische Urgeschichte weiß also, daß mit den Schöpfungsgeschichten nicht alles über die Situation des Menschen in der Welt gesagt ist. Es muß nicht nur von der geordneten Welt gesprochen werden, die Gott geschaffen hat, und nicht nur von seiner Fürsorge für den Menschen, sondern es muß auch gesprochen werden von Schuld und Verfehlung des Menschen, von seiner Gefährdung, schuldig zu werden, von seiner tatsächlich ausgeübten Bosheit und von Gottes Gericht – von all dem, was die gute Ordnung der Schöpfung Gottes stört und die Gabe des Lebens mindert; Leid, Mühsal und Arbeit des Lebens und der Tod sind in diesem Licht zu sehen.

Einerseits ist also die unbeeinträchtigte Fülle des Lebens unwiederbringlich dahin und damit auch der ungebrochene Zugang zu „Gottes guter Schöpfung“; andererseits aber sind damit, wie wir gesehen haben, die Aussagen der Schöpfungsgeschichten (die ja in Parallele zum Schöpfungslob stehen!) keineswegs aus ihrem Bezug zur gegenwärtigen Welt abgedrängt in eine unerreichbare Vergangenheit. Wie ist dieses eigenartige Verhältnis zwischen den Aussagen über die Schöpfung und den Aussagen über die Gestörtheit und Verdorbenheit des geschöpflichen Lebens zu verstehen?

Zunächst muß wohl erkannt werden, daß der lineare Zeitverlauf, in den wir von der kirchlichen Tradition her den „Sündenfall“ einzutragen gewohnt sind, eine zu einlinige und zu arme Struktur ist, als daß man in ihr die biblischen Zusammenhänge verstehen könnte. Ein „Sündenfall“, der sich auf einen Zeitpunkt fernster Vergangenheit eingrenzen läßt, der dort einmal einen Einschnitt in den Lebensbedingungen und in der Befindlichkeit der Welt verursacht hat und von dem alle Späteren nur die Folgen zu tragen haben – davon redet die Bibel nicht. Das biblische Reden von diesen Dingen wird von weiter reichenden Zusammenhängen getragen. Ich möchte das kurz an zwei Texten verdeutlichen: an der Sündenfallgeschichte selbst und an ihrer zentralen Wiederaufnahme im Neuen Testament in Röm 5,12ff.

Wie WESTERMANN in seinen verschiedenen Arbeiten überzeugend darlegt, ist die Geschichte von der Vertreibung aus dem Paradies (1.Mose 3) in unmittelbarem Zusammenhang mit den anderen Erzählungen von Schuld und Strafe im Rahmen der Urgeschichte zu sehen: Sie *alle zusammen* zeigen, in welcher vielfältigen Weise der Mensch sich in Schuld verstrickt und Gottes Gericht auf sich zieht oder dennoch Gottes Geduld und Güte erfährt.

Was die Geschichte von der Vertreibung aus dem Paradies innerhalb dieser Parallelität mit den anderen auszeichnet, ist vor allem, daß sie die *erste* Geschichte ist, die davon redet, und daß dementsprechend die Strafe die erste und grundlegende Abschneidung von der schöpfungsmäßigen Fülle des Lebens in sich schließt.

Dies wahrzunehmen und festzustellen heißt nicht, der biblischen Erfahrung und Erkenntnis von der ausweglosen Verfallenheit des Menschen an Sünde und Schuld auszuweichen, die sich zum Neuen Testament hin immer mehr zuspitzt; es heißt vielmehr, das Reden vom Sündenfall enger an diese Erfahrung anzuschließen: vom Sündenfall biblisch reden heißt nicht, ein Ereignis in ferner Vergangenheit einzuschließen und für sich zu betrachten, sondern es heißt, diese *gegenwärtige Realität* des Menschseins *von ihrem Ursprung her* ins Auge fassen und *sehen lernen*. Dieser Ursprung aber ist nicht sozusagen mechanisch die Voraussetzung alles weiteren Sündigens, sondern er aktualisiert sich darin.

Dementsprechend ist auch PAULUS in Römer 5 weit davon entfernt, *nur* in die Vergangenheit zurückzublicken und gewissermaßen die Schuld auf Adam zu schieben. Zu der unentrinnbaren Verstrickung in die Wirkungskette Adams gehört, daß „sie alle gesündigt haben“; dadurch wird die Sache nicht zu einer beliebigen Entscheidung des einzelnen, die er auch anders herum treffen könnte, sondern es bleibt Verstrickung – aber sie wird dadurch wirksam, daß der Mensch aller Generationen selbst in Adams Weg eintritt und Adams Ungehorsam gegenwärtig nachvollzieht. Oder, um mit dem parallelen Text 1.Kor 15,21f zu sprechen: Wie wir alle nicht wegen, sondern „in“ Adam sterben, so sündigen wir auch nicht wegen, sondern „in“ Adam.¹⁴³

Das heißt: Wir stehen im Blick auf das Reden vom Sündenfall in einer ganz analogen Verbindung von Gegenwartsbezug einerseits und Rückblick auf Entschiedenenes andererseits, wie das hinsichtlich des Redens von der *Schöpfung am Anfang* auch der Fall war. Wir stehen unter irreversiblen Vorentscheidungen, aber wir bekommen sie nicht anders zu „fassen“ denn als nicht-manipulierbare Bestimmung unserer Gegenwart. Wenn sie in einer Er-

¹⁴³ Hier kann ein Seitenblick auf Ps 51,7 hilfreich sein. Das Bekenntnis „Siehe, ich bin als Sünder geboren, und meine Mutter hat mich in Sünden empfangen“ bedeutet gerade nicht ein Abschieben der Schuld auf die Mutter oder auf ein unglückliches Verhängnis in fernster ontogenetischer Vergangenheit, sondern bedeutet die tiefste Einsicht in die *eigene*, gegenwärtige Schuldverstrickung, das Wissen um die unlösbare, tiefste Identität mit der eigenen Schuld: „hinter“ der Schuld steht nichts mehr, nichts mehr in meiner Person, das von ihr unberührt wäre oder sich von der Verantwortung für sie freisprechen könnte! Auch hier wird gerade dadurch, daß vergangenheitlich geredet wird, die Gegenwart am tiefsten und unmittelbarsten erfaßt – und dies gerade ist der Sinn des Rückgangs auf die Vergangenheit.

zählung vom Anfang der Menschheit vor uns gestellt wird, dann nicht dazu, daß wir sie an einem – wenn auch unbestimmbaren – Zeitpunkt der Vergangenheit „dingfest“ machen, sondern dazu, daß wir lernen, unser eigenes gegenwärtiges Leben unausweichlich unter sie gestellt zu sehen.

Freilich darf – wie bei den Schöpfungsgeschichten – diese Einsicht nicht dazu führen, die vergangenheitliche Redeform in eine rein gegenwärtige oder prinzipielle aufzulösen – denn dadurch würden wir aus gefallenem und zu verantwortenden Entscheidungen und ihren Folgen neutrale und in keinerlei Verantwortungszusammenhang stehende Qualitäten der Wirklichkeit und des Lebens machen.

Wenn wir so von der Bibel lernen, Vergangenheit und Gegenwart zusammenzusehen, und dies sowohl im Blick auf die Schöpfung wie im Blick auf die Sünde, dann wird wohl auch etwas klarer, welche Bedeutung das biblische Wissen um die Sünde und ihre Folgen für das Verständnis des Schöpfungszeugnisses hat: es verwehrt, die gegenwärtige Welt ungebrochen von den Schöpfungsaussagen her zu verstehen, vor allem, sie im Sinn der Ganzheitlichkeit rein als „Gottes gute Schöpfung“ zu betrachten: aber in all dieser – nicht zu systematisierenden! – Gebrochenheit bleibt dennoch der unmittelbare Bezug der Schöpfungsaussagen zur gegenwärtigen Wirklichkeit in Kraft und Geltung und gibt Zeugnis von Gottes ungebrochener Geduld und Güte.

Ist die Verstrickung in Schuld, Sünde und Gericht ein menschheitlicher Zusammenhang, dann betrifft sie auch die natürlichen Lebensbedingungen; denn das menschliche Leben ist in Natur eingebunden. Die Bibel spricht vielfältig von diesem Zusammenhang, bis hin zum „Seufzen der Kreatur“ (Röm 8,19ff) und zu dem Wort der Offenbarung an JOHANNES: „Gott wird abwischen alle Tränen von ihren Augen, und der Tod wird nicht mehr sein, noch Leid noch Geschrei noch Schmerz wird mehr sein; denn das Erste ist vergangen“ (Offb 21,4). Wir sollten anhand der Bibel diese Dimensionen neu sehen lernen, dabei aber auch das andere von ihr lernen: daß man hier nicht systematisierend festlegen und definieren kann, inwiefern die natürliche Ordnung unter den Folgen der Sünde steht, oder gar, welche Phänomene in ihr als solche Folge der Sünde sind (und schon gar unsinnig wäre der Versuch, dies auf der isolierten und eingeengten Ebene unserer naturwissenschaftlichen Betrachtung der Welt tun zu wollen!); sagen läßt sich hier nur, in welchen Phänomenen und Erfahrungen des Lebens *uns das greifbar und zum Widerfahrnis wird.*

2.7 Das Schöpfungszeugnis als Moment des ungeteilten biblischen Glaubens

Nicht nur hinsichtlich des Wissens um die Sünde, sondern immer wieder in den verschiedensten Zusammenhängen unseres Durchgangs durch das biblische Schöpfungszeugnis wurde deutlich, daß die Schöpfungsaussagen engstens mit anderen Dimensionen der Gottesbeziehung verwachsen sind, daß sie also gar nicht als ein „Einzelstück“, als eine einzelne, auf sich selbst stehende und für sich gültige Lehre vom Ganzen der Gottesbeziehung Israels und der Christenheit abgetrennt und isoliert betrachtet werden kann (wie dies freilich Gestalt und Zustand der kirchlichen Lehrüberlieferung immer wieder nahelegten). Dieser Tatbestand ist abschließend noch einmal kurz zu verdeutlichen.

Biblischer Schöpfungsglaube steht nie für sich allein, sondern ist stets ein Moment der umfassenden Heilsbeziehung zwischen Gott und seinem Volk:

- im Schöpfungslob nimmt Israel dankbar die Lebensbedingungen des Kulturlandes als ihm von seinem Gott gewährten Lebensraum an;
- DEUTEROJESAJA macht Gottes neue Verheißung an seiner Schöpfermacht fest;
- wo die primäre Schöpfungserfahrung in einer durch Verfolgung und Bosheit bestimmten Welt verschüttet wird, da bleibt das Wissen um Gottes Schöpfersein der feste Grund, auf dem man seiner neuen Welt entgegenwarten kann;
- Jesus verdeutlicht am Wirken Gottes in seiner Schöpfung sein Handeln beim Kommen seines Reiches;
- Schöpfung, Sünde und Gericht bezeichnen den Horizont, in den hinein die neutestamentliche Heilsverkündigung an alle Menschen ergeht;
- und so weiter.

Stets ist Schöpfung nicht eine Sache für sich, sondern ein Aspekt an einem Ganzen. Die kirchliche Lehre hat dies durch ihren heilsgeschichtlichen Aufriß (Schöpfung – Sündenfall – Erlösung – Vollendung) aufgenommen, aber vielfach durch ein rein lineares Verständnis der Zeitlinie dieses Aufrißes die Vielschichtigkeit der biblischen Zusammenhänge verengt und verflacht und einer separaten Betrachtung der einzelnen „Lehren“ Vorschub geleistet. Hier gilt es, die biblische Ganzheit in ihrer vielseitigen Verflechtung wiederzugewinnen.

Als zentrales Motiv, das dieser Ganzheit Gestalt gibt und sie zusammenbindet, kann man formulieren: Die Bibel stellt uns vor den *handelnden* Gott; wir sahen, wie dieses Motiv von den Geschichtserfahrungen Israels her seinem Schöpfungszeugnis den Grundcharakter gibt. Dies ist aber auch der Punkt, an dem das Schöpfungszeugnis mit der Erwartung des künftigen

Handelns Gottes zusammenwächst: der weltumspannend gehandelt hat, wird ebenso umwälzend und durchgreifend wieder handeln! Und mitten hinein in diesen ausgespannten Bogen stellt das Neue Testament das rettende Handeln Gottes durch Jesus. Wer biblisch auf den Schöpfer blickt, tut dies in der Erwartung seines heilvollen Handelns im Kleinen wie im Großen.

Freilich ist auch gegenüber der Einbindung des Schöpfungsglaubens in diese Ganzheit biblischen Glaubens ein Gegenstück geltend zu machen, das verhindert, daß der Schöpfungsglaube völlig in dieser Ganzheit aufgeht: wer vom Schöpfer und von der Schöpfung redet, steht zugleich im Zusammenhang der ganzen Menschheit. Gerade die Bibel, die dem Schöpfungszeugnis so sehr ihren eigenen Stempel aufdrückt, schneidet diesen Zusammenhang bewußt nicht ab, bewahrt dennoch die Verbindung mit diesen Menschheitstraditionen¹⁴⁴ und sieht darin die ganze Menschheit unter eine gemeinsame Wahrheit gestellt; das geht bis dahin, daß PAULUS das Verhältnis der Christusbotschaft zu den Völkern auf der Basis der Offenbarung des Schöpfers reflektiert und die urchristliche Missionsverkündigung – wie ja auch vielfach die neuzeitliche – sich auf die Basis des Wissens um den Schöpfer stellt.

Die Bibel weiß also darum, daß die Beziehung des Schöpfers zu seinem Geschöpf als eine die ganze Menschheit umspannende Realität aller spezifisch biblischen Gotteserfahrung und allem biblischen Glauben uneinholbar vorausliegt und nicht in ihn aufgesogen oder von ihm abhängig gemacht werden kann.

Die Verbindung dieser beiden Momente macht die eigenartige Stellung des Schöpfungsglaubens in der Bibel und in der christlichen Lehre aus:

- einerseits wird die Eigenständigkeit und Glaubensunabhängigkeit der Beziehung aller Menschen zu ihrem Schöpfer und darin die Verbundenheit des biblischen Glaubens mit dem Leben aller Menschen bewußt durchgehalten;
- andererseits wird der Schöpfungsglaube ganz in die Einheit und Ganzheit des biblischen Glaubens hineingestellt und durch sie gestaltet und geprägt.

Der Christ weiß um das Voraussein der Beziehung zum Schöpfer vor seinem Glauben, aber er weiß zugleich, daß dennoch der Schöpfungsglaube kein dem Christusglauben gegenüber unabhängiges „Einzelstück“ sein kann, sondern ganz mit diesem verbunden und in diesen eingebettet erst wahrhaft und voll in das Licht der Wahrheit tritt.

¹⁴⁴ Dies hat besonders WESTERMANN in seinen verschiedenen Arbeiten herausgestellt und deutlich gemacht, vor allem in seinem Genesis-Kommentar [17].

3. Was lehrt uns das biblische Zeugnis von der Schöpfung?

Wir wollen nun noch kurz einige wesentliche Ergebnisse unseres Streifzuges durch die biblischen Texte und Zusammenhänge festhalten und uns zugleich deutlich machen, was wir daraus für unseren Umgang mit den gegenwärtigen Fragen lernen können.

3.1 Wie gibt uns die Bibel das Schöpfungszeugnis?

(1) Die Bibel ist kein Selbstbedienungsladen, in dem verschiedene Artikel nebeneinander in den Regalen aufgeschichtet sind – jeder gleichermaßen unmittelbar und für sich greifbar. Sondern sie ist das Dokument einer Geschichte, die in eine Botschaft ausmündet: in das neutestamentliche Evangelium von Jesus Christus. Sie übermittelt uns also primär dieses Evangelium, und im Zusammenhang damit gibt sie uns auch ihr Schöpfungszeugnis, weil und insofern es mit dem Evangelium zusammenhängt.

(2) Aufgrund dieses Zusammenhanges, der schon in der alttestamentlichen Geschichte selbst vorgeprägt ist, zum Beispiel in der „Einspannung“ des Schöpfungszeugnisses in die Heilsverkündigung DEUTEROJESAJAS, gibt uns die Bibel ihr Schöpfungszeugnis nicht als „neutrale“ Aussage darüber, daß die Welt aus den Händen einer Schöpfergottheit hervorging und nicht aus sich selbst besteht, sondern als zugespitzte Aussage über den Gott Israels und Vater Jesu Christi: dieser und kein anderer ist der Schöpfer der Welt!

(3) Darum und zugleich aufgrund der Bedeutung, die die Struktur hymnischen Redens für das Schöpfungszeugnis besitzt, ist das biblische Wort von der Schöpfung zuerst und vor allem ein Wort, das auf *Gott* als seinen Gegenstand zielt und Aussagen über ihn machen will und erst in zweiter Linie *damit auch* etwas über Weltwirklichkeit sagt. Diese Rangordnung prägt gerade auch die beiden Schöpfungsberichte am Anfang der Bibel.

(4) Die Bibel gibt uns ihr Schöpfungszeugnis als ein in konkreten Geschichtszusammenhängen verwurzeltes Wort, das entsprechend den sich wandelnden geschichtlichen Situationen auch Wandlungen seiner Ausprägung durchmacht; die daraus resultierende Vielfalt der Ausprägungen sollen wir als einen Reichtum annehmen, mit dem uns die Bibel in die Verschiedenheit unserer Lebenssituationen hinein beschenkt. Mit der Reduktion auf eine rational durchkonstruierte Einheitslehre verderben wir dieses Geschenk, indem wir konkrete Anrede durch Abstraktion ersetzen.

(5) Die Bibel gibt uns ihr Schöpfungszeugnis nicht als Denkvorschrift, der wir unsere Gedanken blind anpassen sollen, sondern als eine Vielfalt von Worten, mit denen sie uns darauf anspricht, daß und wie unser eigenes Leben und die ganze Welt in der Beziehung zum Gott des Evangeliums als dem Schöpfer steht, damit wir dies selbst als Wahrheit erfassen und nicht

mehr verdrängen. Sie sucht unser Einverständnis nicht ohne unser eigenes Wahrnehmen, Verstehen und Erkennen, sondern dadurch, daß, und gemäß dem, wie Gott sich selbst unserem Wahrnehmen, Verstehen und Erkennen bezeugt. In dieser Hinsicht bleibt das biblische Schöpfungszeugnis in offener Verbindung zu anderen Formen des Redens von Schöpfung.

3.2 Was sagt uns die Bibel mit ihrem Schöpfungszeugnis?

(6) Zunächst muß hier festgehalten werden, daß wir die Fülle dessen, was die biblischen Schöpfungszeugnisse uns sagen, nicht eigentlich zusammenfassen und auf ein paar dürre Formeln bringen können; wir können lediglich einige übergreifende Bedeutungsgelhalte hervorheben, neben denen die Eigenständigkeit dessen, was die einzelnen Schöpfungsworte in ihrer Vielfalt sagen, voll bestehen bleiben muß.

(7) Das biblische Schöpfungszeugnis sagt uns, daß der Gott, dessen Rettungstat uns das Evangelium verkündet, kein anderer ist als der Schöpfer unseres Lebens und der ganzen Welt, mit dem wir es darum in allen Bezügen unseres Lebens immer schon ständig zu tun hatten, auch wenn wir ihn darin nicht erkannten oder erkennen wollten.

(8) Das biblische Schöpfungszeugnis sagt uns, daß der Gott, der sich im Evangelium zu uns wendet, die Schöpfermacht über alle Dinge in seinen Händen hat und daß uns darum „weder Gegenwärtiges noch Zukünftiges noch sonstige Gewalten, weder Höhe noch Tiefe noch irgendeine andere Kreatur scheiden kann von der Liebe Gottes, die in Christus Jesus, unserem Herrn, ist“.

(9) Das biblische Schöpfungszeugnis lehrt uns, in den vielfältigen Erscheinungen der Weltwirklichkeit – sowohl in denen, die unsere Bewunderung auslösen, als auch in denen, die uns in Schrecken versetzen – das Werk der Schöpfermacht des Gottes Israels und Vaters Jesu Christi zu sehen und ihn darum zu loben.

(10) Das biblische Schöpfungszeugnis zeigt uns die Welt als den von Gott seinen Geschöpfen gütig dargereichten und fürsorgend geordneten Lebensraum, in dem kein Geschöpf von der helfenden Hand des Schöpfers abgeschnitten ist und keines sich seinem richtenden Eingreifen entziehen kann; und wo die Erfahrungswirklichkeit diese Sicht verstellt, macht es uns in dem Wissen getrost und zuversichtlich, daß im verborgenen Hintergrund des Weltgeschehens dennoch Gottes Schöpfermacht über alles gebietet und endlich neu zum Durchbruch kommen wird.

(11) Das biblische Schöpfungszeugnis sagt uns, daß Gott alle seine Geschöpfe liebt und daß sein Heilswille seiner ganzen Schöpfung gilt; darum mündet es aus in das Zielbild der Erschaffung eines „neuen Himmels und einer neuen Erde, in denen Gerechtigkeit wohnt“ und in

denen so Gottes Heilswille zur endgültigen Verwirklichung gekommen sein wird.

(12) Indem das biblische Schöpfungszeugnis von unserem Geschaffensein und von unserer Vergänglichkeit redet und uns vor unseren Schöpfer stellt, reißt es uns aus unserer angemaaten Selbstherrlichkeit und aus unserem träumerischen Wahn von der Machbarkeit aller Dinge durch den Menschen heraus und stellt uns auf den Boden der Wirklichkeit. Indem es uns Menschen als die Geschöpfe anspricht, denen Gott Verfügungsgewalt über die anderen Geschöpfe ihres Lebensraumes verliehen hat, hindert es uns daran, in den vorgegebenen Naturzusammenhängen aufzugehen, und stellt uns in eine Verantwortung vor unserem Schöpfer, deren Kriterien nicht einfach im gegebenen Naturzusammenhang liegen.

(13) Die beiden Schöpfungsberichte am Anfang der Bibel zeigen uns, daß wir auch in unserem Nachdenken über den Anfang der Welt vor dem Gott der Bibel stehen, daß es also auch in dieser Richtung kein Herausfallen und kein Entrinnen aus der Tatsache gibt, daß unser Leben ganz und von allen Seiten, mit allen seinen Wurzeln und Grundlagen in diesen Gott gefaßt ist und sich ihm allein verdankt.

(14) Mit all dem hindert uns das Schöpfungszeugnis der Bibel daran, uns – wie der Hund mit dem Knochen – mit dem Evangelium in eine fromme Ecke zurückzuziehen, und stellt uns mitten in die ungeschminkte Wirklichkeit dieser Welt, damit wir hier dem Gott begegnen und dienen, der uns im Evangelium berufen und angenommen hat.

3.3 *Was lernen wir aus der Eigenart des biblischen Schöpfungszeugnisses?*

(15) Das biblische Schöpfungszeugnis reflektiert nicht neutral über sachliche Verhältnisse und Strukturen von Schöpfung und Geschöpflichkeit, sondern ist umschlossen von dem entschiedenen Bekenntnis, daß Israels Gott allein die Schöpfermacht und das Schöpferrecht über alle Dinge zukomme und keinem sonst. Dennoch tritt es bewußt in Beziehung zu dem, was Menschen außerhalb des Gottesvolkes als ihre Erfahrung und Erkenntnis von Schöpfung und Geschöpflichkeit formulieren können (vgl. als prägnantes Beispiel etwa die Areopagrede Apg. 17). So wird auch für unser Reden von Schöpfung diese Doppelheit von entschiedenem Anschluß an die biblischen Strukturen und Zusammenhänge einerseits und Offenheit für die Aufnahme anderweitiger menschlicher Erfahrung andererseits wichtig sein.

(16) Die Vielfalt des biblischen Schöpfungszeugnisses in jeweiliger geschichtlicher Konkretheit zeigt uns, daß es auch für uns wichtiger ist, in unsere vielfältigen Lebens- und Erkenntnisbereiche hinein jeweils ein konkretes Zeugnis von der in den betreffenden Zusammenhang durchschlagenden

Schöpfermacht Gottes zu haben als eine stimmig durchkonstruierte Schöpfungslehre, die über all diesen Bereichen stehen will und doch in keinen hinein etwas Konkretes zu sagen hat.

(17) Das biblische Wort von der Schöpfung hat seinen Platz in personalen Bezügen: es wendet sich als Lob oder in der Bitte und Klage an Gott, es will als Hinweis auf Gottes Macht den Glauben an seine Verheißung wecken, usw. Es ist also ein Wort, das unser persönliches Zuhören sucht; es teilt Wahrheit mit sachlichem Geltungsanspruch mit, sein Gehalt ist aber nicht auf konzeptionelle, sachliche „Wissens“-Wahrheit zu reduzieren, sondern hat sein Gewicht gerade darin, daß er uns persönlich öffnen will, die Sachbezüge unseres Lebens im Licht des persönlichen Stehens vor unserem Schöpfer zu sehen. Ein bloßes konzeptionelles Streiten um diesen Gehalt führt also notwendig immer von seinem rechten Verstehen ab! Jede Auseinandersetzung um das biblische Schöpfungszeugnis, die nicht echt und unverstellt im Geist des Lobes, des Zuspruchs oder des Zur-Verantwortung-Ziehens geführt wird, steht nicht für, sondern gegen das biblische Wort. (Und wer hier andere zur Verantwortung ziehen will, mache sich zuerst Hiob 33,6f zu eigen, sonst geht er wieder an der Wahrheit vorbei!)

(18) Das biblische Schöpfungszeugnis arbeitet sich nicht durch analysierende Betrachtung der Weltzusammenhänge zu der Einsicht durch, daß dahinter ein Schöpfer stehen müsse, so daß es in diesem Sinne eine festlegende Aussage über die Zusammenhänge und Vorgänge der geschaffenen Welt wäre. Es ist primär eine Aussage über Gott, und als solche wird sie unmittelbar und unabhängig von den betrachteten Weltzusammenhängen gemacht. Über die Dinge der Welt sagt das biblische Schöpfungszeugnis dadurch etwas aus, daß es sie als Geschöpfe unter die Urheberschaft und Schöpfermacht Gottes stellt; dabei werden die geschaffenen Dinge so in diese Aussage eingebracht, wie man sie aus der Erfahrung kennt, und in den gegenseitigen Zusammenhängen, die man im bisherigen Nachdenken herausgefunden hat. Insofern sind die biblischen Schöpfungszeugnisse offen für die fortschreitenden oder sich wandelnden Erfahrungen der Menschen mit der geschaffenen Welt, und es ist wesentlich für unser Aufnehmen dieses Zeugnisses, daß wir unsere eigene Erfahrung und Erkenntnis der Wirklichkeit in es einbringen und in sein Licht stellen. Dabei bleiben wir darin, daß auch die früheren Generationen ihre Erfahrungen und Erkenntnisse unter das Schöpfungszeugnis gestellt und in es eingebracht haben, mit diesen verbunden und können nicht hochnäsiger auf sie herabsehen (als „primitiv“ oder „längst überholt“).

(19) Die biblischen Schöpfungsaussagen wollen nicht anschaulich festlegend beschreiben, *wie* Gottes Schaffen vor sich geht; sie beschreiben nicht den Vorgang, sondern sie reden von Gottes Tun und von dessen Effekt und

stellen damit vor Augen, daß das Vorhandene seinen Existenzgrund in Gottes Willen, Entscheidung und Tat hat. Jede Fixierung auf anschauliche Vorstellungen über die Art des Schöpferhandelns Gottes, in der diese verabsolutiert und aus ihrem sprechenden Dienst des Verweisens auf Gottes machtvolles aber undurchschaubares Tun herausgerissen und als Vorstellungen zu einer feststehenden Lehre gemacht werden, geht an den Texten vorbei.

(20) Insofern das in den beiden letzten Thesen Gesagte zutrifft, weist die Rede vom Schaffen Gottes in eine andere Dimension als die Frage nach den für uns faßbaren Werdeprozessen der Dinge in dieser Welt und eint sich unmittelbar mit unserem diesbezüglichen Wissen. Freilich entsteht sofort ein unüberbrückbarer Gegensatz, wenn wir die Dinge so „aus“ diesen Werdeprozessen „erklären“, daß ihr Dasein und Sosein damit aus der unmittelbaren Abhängigkeit von Gottes Willen herausgelöst wird. Die Auskunft, daß der Wille Gottes ja doch „über allem“ stünde, oder die andere, daß das ja doch ganz verschiedene Ebenen wären, hilft dann nicht weiter; denn ein Wille Gottes, der nur das Ganze umschließt und das einzelne nicht mehr erreicht, ist ebensowenig der biblische Gotteswille, wie ein Gott, der einer sich selbst tragenden Welt nachträglich „auf einer anderen Ebene“ als Deutung übergestülpt wird, noch der biblische Gott ist.

(21) Darum leiten uns die biblischen Schöpfungsgeschichten an, da, wo unsere Erkenntnisbilder vom Anfang der Welt und von der Entwicklung der Zustände und Dinge in ihr uns den Blick für die alles durchdringende Abhängigkeit aller Dinge vom Willen des schaffenden Gottes verstellt, einen notwendigen Streit um den Anfang der Welt zu führen. Auf der Linie des biblischen Zeugnisses und damit auf der Linie des Notwendigen bleibt dieser Streit nur, wenn es in ihm nicht um das richtige Konzept von den Abläufen am Anfang der Welt geht – gleichgültig, ob man dieses Konzept nun „glauben muß“ oder „beweisen kann“ –, sondern einzig und allein um die Einzigkeit und Ausschließlichkeit des Gottes Israels und Vaters Jesu Christi, um seine wirkliche, alles in Händen haltende und alles durchdringende Schöpfermacht und Schöpfergegenwart.

3.2 Zur Geschichte christlicher Schöpfungslehre

Hermann Hafner

Wege und Gestaltungen des Schöpfungsglaubens in der Geschichte der Kirche

1. Vorbemerkungen	363
2. Grundlagen der Ausformung christlicher Lehre	366
3. Schöpfungstheologie in der Kirche des Altertums	368
4. Schöpfungstheologie im Mittelalter	372
5. Wege evangelischer Schöpfungstheologie	377
Reformatoren	377
Altprotestantische Orthodoxie	378
Theologie der Aufklärung	379
Theologie im neunzehnten Jahrhundert	380
Theologie im zwanzigsten Jahrhundert	384
6. Abschließende Bemerkungen	388

1. Vorbemerkungen

Wir können hier nur ein sehr knappes und unzureichendes Streiflicht auf den geschichtlichen Weg des christlichen Schöpfungsglaubens werfen. Dennoch ist es mir wichtig, diesen Bereich nicht einfach stillschweigend zu übergehen.

Denn auch in der Geschichte der Kirche geht es nicht nur um das Festhalten eines fertig vorgegebenen Glaubensbestandes – als wäre der Glaube eine Summe vorgefertigter Bewußtseinsinhalte –, sondern auch und gerade wo Menschen ihr Leben an den vorgegebenen biblischen Zeugnissen und Realitäten festmachen, handelt es sich weiterhin wie im biblischen Geschehen selbst um einen lebendigen und realen Weg Gottes mit seinem Volk und mit der Menschheit, um einen Weg, der unterschiedliche Phasen und Stationen durchläuft und der in all seinen Wandlungen Schritt um Schritt gegangen wird; was in vorangegangenen Epochen dieser Geschichte an geistlicher Erkenntnis, Klarheit und Lebensentfaltung gewonnen oder verloren wurde, bildet wesentlich den Ausgangspunkt und die Voraussetzung für die folgenden Epochen. Wir haben zwar den eigenen Zugang zur Bibel als einer diesen geschichtlichen Entwicklungen vorausliegenden Instanz und Quelle,

aber die Bibel hebt uns nicht aus unserer Verflechtung in die Geschichte der Kirche und aus der Bindung an unseren kirchengeschichtlichen Ort heraus, sondern gibt uns *in diesen Zusammenhang hinein* ursprungshafte und weiterführende Klarheit und Wegweisung.

Darum und in diesem Sinne ist das, was in der Geschichte der Kirche geistlich, theologisch und äußerlich geschehen ist, nicht gleichgültig für unsere Erkenntnis und für unsere Entscheidungen heute. Es hat zwar nicht den gleichen Stellenwert wie das biblisch-grundlegende Geschehen, aber es ist gleichfalls bleibend wichtig und will danach befragt sein, was darin als Voraussetzung für unsere gegenwärtige Situation gegeben und gesetzt ist, woran Gott uns dadurch bindet und womit er uns dadurch für unsere gegenwärtigen und künftigen Aufgaben ausgerüstet hat – oder auch danach, wovor wir uns in acht zu nehmen und wogegen wir zu kämpfen haben.

Will man so dem Weg des Schöpfungsglaubens in der Geschichte der Kirche nachgehen, so wäre die Aufgabe gewiß zu eng gefaßt, wenn man sich dabei lediglich an den Faden der theologischen Lehrbildung halten wollte. Denn die großen Lehrer der Kirche haben zwar freilich einen – mehr oder weniger großen – Einfluß auf die Frömmigkeit und das Leben der Gemeinde ausgeübt; aber dennoch ist ja zum einen die Frage nicht unwesentlich, was von ihren Lehren im Leben der Gemeinde wirklich „angekommen“ und wirksam geworden ist (und *wie* dies der Fall war), und zum anderen sind die Theologen ja nicht die einzige und wohl auch nicht die primäre Quelle, aus der die Frömmigkeit der Gemeinde sich nährt. Mindestens ebenso wichtig wie die Auswertung der Dokumente theologischer Lehrbildung wäre hier also die Beschäftigung mit der Gebetsliteratur, dem Liedgut und der Erbauungsliteratur, und dies zugleich mit der Frage, wie diese Stoffe tatsächlich im Leben der Gemeinde aufgenommen und in Gebrauch waren: Wie spiegelt sich in diesen Dokumenten die tatsächliche Bedeutung und Gestalt des Schöpfungsglaubens im Leben und in der Frömmigkeit einer bestimmten kirchengeschichtlichen Epoche oder einer bestimmten kirchlichen Gemeinschaft?

In solchen Dokumenten der „Frömmigkeit“ drückt sich oft noch unmittelbarer als in der theologischen Lehre das aus, was das Verhältnis eines Menschen oder einer Gemeinschaft zu Gott wirklich bestimmt und erfüllt, und soweit dies der Fall ist, muß man wohl sagen, daß diese Äußerungen der Frömmigkeit direkter und unmittelbarer als die Ausformungen der theologischen Lehre die Fortsetzung des in der biblischen Geschichte grundgelegten Weges von Menschen unter dem Ruf Gottes repräsentieren. Die theologische Lehre und Reflexion ist nur ein – wenn auch wichtiges – Moment im Ganzen dieses Zusammenhanges.

Neben dem Weg der christlichen Kirche(n) – und verzahnt mit ihm – wäre dabei auch der nachbiblische Weg des jüdischen Volkes in die Betrachtung einzubeziehen; denn auch dort wird ja derselbe, aus den gleichen biblischen Quellen gespeiste Glaube an Israels Gott als den Schöpfer der Welt in die verschiedenen Situationen der Geschichte hineingetragen, um in ihnen seine Bedeutung zu entfalten und immer neue Gestalt anzunehmen. Darum kann auch das, was auf diesem Weg mit dem Schöpfungsglauben geschah und geschieht, für die Christenheit nicht gleichgültig sein.

Wichtige Quellenbereiche zum Schöpfungsglauben außerhalb der eigentlich theologischen Literatur:

- volkstümliche Lehrschriften
- erbauliche Bibelauslegung
- Andachts- und Predigt-Literatur
- Gebetsliteratur
- sonstige Erbauungsliteratur
- Liedgut
- Biographien

Jüdische Lehr- und Frömmigkeitsgeschichte

Mit all dem ist ein weiter Horizont abgesteckt, den wir hier nicht im mindesten ausschreiten können. Es lag mir aber daran, ihn aufzureißen und so wenigstens ansatzweise deutlich zu machen, welchen Stellenwert der kirchengeschichtliche Aspekt für unsere Gesamtaufgabe hat und unter welchen Grundfragestellungen dabei zu arbeiten wäre. Vielleicht kann es zugleich eine Anregung sein, an der einen oder anderen Stelle einmal selbst in diesem Sinne ein Stück weit zu graben.

Für jetzt müssen wir uns damit begnügen, mit ein paar ganz groben und andeutenden Strichen auswahlweise einige wesentliche Stationen der theologischen Lehrentwicklung vor Augen zu stellen, ohne dabei auf Einzelheiten näher einzugehen.¹ Wir wollen einige markante Perspektiven und Fragestellungen aus der Geschichte der christlichen Schöpfungslehre herausheben und damit etwas von den geschichtlichen Wandlungen der Lehrbildung zeigen und deutlich machen, wie hier ein *Weg* gegangen wurde, der in verschiedenen Situationen unterschiedliche Herausforderungen

¹ Dabei stütze ich mich im Wesentlichen auf SCHEFFCZYK: Schöpfung [22] sowie auf die dogmen- bzw. theologiegeschichtlichen Teile der Artikel *Schöpfung* in den Nachschlagewerken *Die Religion in Geschichte und Gegenwart*, *Handbuch theologischer Grundbegriffe* und *Herders Theologisches Taschenlexikon*. – Vgl. das Literaturverzeichnis für alle theologischen Beiträge auf S. 459.

und Gaben enthielt und damit auch uns den Horizont weitet und Vorgaben zuträgt für das Durchdenken unserer eigenen Fragen und Entscheidungen.

2. Grundlagen der Ausformung christlicher Lehre

Die Kultur der antiken Welt, in die das junge Christentum hineintrat, war weitgehend vom Gedankengut griechisch-philosophischer Bildung bestimmt und durchdrungen. Die Auseinandersetzung mit dem kosmologischen Denken der großen philosophischen Strömungen und mit den von dorthin sich stellenden Fragen bildet daher bis hin zum Ausgang des Altertums den Horizont, in dem christliche Schöpfungslehre profiliert und entfaltet wird. Überhaupt bildet sich in dieser Konfrontation mit philosophischen Lehr- und Weltanschauungssystemen erst richtig heraus, was seither weitgehend unser Bewußtsein bestimmt, wenn von „christlicher Lehre“ die Rede ist: daß es sich dabei um eine – mehr oder weniger, ganz, teilweise oder gar nicht vernunftgemäß – in sich zusammenhängende und geschlossene Darstellung „der Wahrheit“ handle, daß also christliche Lehre die feststellende und abgerundete Darbietung eines vorgegebenen objektiven Wahrheitszusammenhanges sei (oder aus der Sicht der Gegner: Darbietung dessen, was die Christen für eine solche Wahrheit halten).

Im Alten Testament hatten wir Schöpfungsaussagen in vielfältigen Lebensbezügen als unmittelbare Artikulation menschlicher Gottesbeziehung in Gebet, Gotteslob, Prophetie usw. gefunden, als Erzählung von den Grundlagen menschlichen Lebens (1.Mose 2) und schließlich als berichtende Priesterlehre vom Anfang der Taten Gottes (1.Mose 1); diese Gestalt und Vielschichtigkeit der alttestamentlichen Schöpfungsaussagen hängt damit zusammen, daß diese in ein vorgegebenes Gottesverhältnis des Volkes Israel eingebettet und eingewoben sind, das uns aber im Alten Testament nicht in einer abgerundeten Lehre beschrieben, sondern in seinem Vollzug vor Augen geführt wird – alle Lehre, die wir im Alten Testament finden, ist selbst unmittelbar Teil dieses Vollzuges und stellt nur einen Ausschnitt oder zugespitzten Punkt aus dem Ganzen dar, wie es für das Ringen um den rechten Weg des Gottesvolkes in der augenblicklichen Lage jeweils gerade nötig war.

Im Neuen Testament finden wir einerseits ähnliche Verhältnisse vor: die Lehraussagen insbesondere in den Briefen sind vielfach situationsbezogen formuliert oder kommen vom Gotteslob der Gemeinde her. Andererseits steht die neutestamentliche Verkündigung von vorneherein in einer missionarischen Situation: sie muß ja nicht nur eine vorgegebene christliche Gemeinde leiten und zurechtweisend begleiten, sondern zunächst und primär diese Gemeinde erst einmal ins Leben rufen und begründen, d. h. sie redet in eine Welt hinein, der gegenüber sie zusammenfassend artikulieren mußte, wovon sie überhaupt im Ganzen sprach.

Hier war also *Lehre* als geschlossene zusammenfassende Darbietung des grundlegenden Inhalts der christlichen Verkündigung unerlässlich, und die vielen im Neuen Testament faßbaren Bekenntnis- und Glaubensformeln geben einen Eindruck von den Anfängen solcher Lehrentwicklung. Aber ihrer Struktur nach bleibt diese neutestamentliche Lehre ganz im Duktus und im Kielwasser der Verkündigung; ihr fehlt jedes Streben nach Vollständigkeit, allseitiger Abrundung oder nach einer allgemeinen „sachlichen“ Beweisführung für die Wahrheit ihres gesamten Inhalts; sie bietet einerseits Grundlagen des Glaubens und andererseits Klärung und Wegweisung in einzelnen akuten Fragen², und sie bleibt darum mit all ihren Inhalten ganz in der applikativen, den Menschen ansprechenden Dynamik des Darbietens und Annehmens der christlichen Botschaft.

Um dies an der Schöpfungslehre deutlich zu machen: Die ganze Darbietung von Gottes- und Schöpfungslehre in der Areopagrede des PAULUS (Apg 17,22-31) soll nicht eine Diskussion (oder ein „gutes Gespräch“) über die Wahrheit und Richtigkeit des Gesagten oder über das Wesen Gottes und den Ursprung alles Seienden in seinem Willen auslösen, sondern den Hörern lediglich die Realitätsbasis für das Verstehen und Annehmen der Botschaft von Jesus und dem Weltgericht darreichen.

Nun aber – seit dem zweiten Jahrhundert nach Christus – ändert sich das, und die christliche Lehre tritt als ein *Lehrgefüge* auf den Plan der Weltgeschichte, um sich in dieser Gestalt neben die philosophischen Lehrsysteme und Weltdeutungen zu stellen und ihnen den Rang abzulaufen. Dabei kann es nicht ausbleiben, daß die Lehre von der Schöpfung – als lehrmäßige Darstellung objektiver Sachverhalte – aus jenen unmittelbaren Lebensbezügen der alttestamentlichen Schöpfungsaussagen heraustritt und sozusagen zu einem kosmologisch-kosmogonischen Konzept wird.³

2 wie z. B. 1.Thess 4,13 ff hinsichtlich der Teilhabe verstorbener Gemeindeglieder an der Wiederkunft Jesu.

3 Dieser Vorgang hat nicht nur etwas Problematisches, sondern auch etwas Notwendiges an sich: man kann ja nicht fremde kosmologische Konzepte gelten lassen und auf dieser Basis dann biblischen Schöpfungsglauben praktizieren wollen! In einer solchen Konfrontation müssen die konzeptionellen Momente der biblischen Aussagen nach vorne treten und den fremden Weltkonzepten ihr Wahrheitsrecht streitig machen, wenn der biblische Glaube nicht – auch dem Glaubenden selbst! – als wirklichkeitsleere Spinnerei erscheinen soll.

Problematisch ist, daß über diese notwendige Auseinandersetzung (und die dafür zugleich notwendige positive Fundierung christlicher Aussagen über die Welt!) hinaus ein gewisser Trend entbunden wird, die christliche Lehre nun ihrerseits als geschlossenes Wirklichkeitskonzept aufzubauen und zu verstehen – im Mittelalter mit einem gewissen, wenngleich der Sache nach nicht unproblematischen, Erfolg, im Fortgang

Übergang von biblischen Lehrformen zu Formen eines philosophisch strukturierten christlichen Lehrgefüges.

3. Schöpfungstheologie in der Kirche des Altertums

Die ersten, die diesen Weg beschritten und auf diese Weise den Gebildeten ihrer Zeit die christliche Botschaft verständlich zu machen suchten, waren die sogenannten *Apologeten* des zweiten Jahrhunderts – eine Reihe christlicher Autoren, die mit ihren Schriften unter den gebildeten und führenden Schichten des römischen Reiches um ein unverzerrtes Verständnis des verfolgten Christentums werben wollten und zu diesem Zweck versuchten, die Wahrheit der christlichen Lehre zu entfalten und begründet darzulegen.

Ausgangspunkt ihrer Schöpfungslehre ist die scharf herausgearbeitete Transzendenz Gottes gegenüber der Welt: Gott ist nirgends in der Welt zu fassen, sondern bleibt völlig unerforschlich jenseits aller Weltwirklichkeit. Damit bringen sie einerseits biblische Grundmotive zum Zuge gegen alle Gedanken etwa, die Gott als die Weltseele verstehen wollen; andererseits schaffen sie sich in der Art, wie sie das tun, Schwierigkeiten, so einfach und unmittelbar wie die Bibel vom Handeln Gottes an und in dieser Welt zu reden.

Auch die Schöpfung wird darum nicht unmittelbar von Gott ausgesagt, sondern braucht eine Vermittlungsinstanz: der aus dem Wesen Gottes hervorgehende *λόγος* (*lógos* = „Wort, Vernunft“) ist es, durch den die Welt geschaffen wird; damit sind einerseits neutestamentliche Motive aufgenommen (etwa Joh 1,1ff; Kol 1,15ff), andererseits aber in einer Weise verarbeitet

der Neuzeit und gegenüber deren wissenschaftlicher Welterfassung dann freilich fortschreitend mit umso deutlicherem Mißerfolg und unübersehbaren schädlichen Folgen. Daß die vielschichtigen Lebensbezüge des biblischen Redens von Schöpfung so in der kirchlichen *Lehre* und *Theologie* kaum aufgenommen werden, bedeutet nicht, daß sie auch aus der *Frömmigkeit* völlig verdrängt würden; immerhin hat freilich die Gestalt der kirchlichen Lehre einen wesentlichen Einfluß auf die Gestaltung der Frömmigkeit zu allen Zeiten gehabt, und die Breitenwirkung der Lehrgestalt, die die Schöpfungslehre kosmologisch behandelt, scheint aufs Ganze gesehen stets größer gewesen zu sein als die Wirkung der Versuche, auch die anderen Seiten des biblischen Schöpfungszeugnisses zum Tragen zu bringen.

Übrigens bedeutet die Aufnahme philosophisch-konzeptioneller Denkstrukturen in die christliche Theologie keineswegs, daß die neutestamentlichen Lehrstrukturen völlig verdrängt worden wären; vielmehr durchdringen sich beide nun wechselseitig – mit wechselnden Akzenten, worin mancher theologische Konflikt der Folgezeit angelegt ist. Auch mancher Konflikt zwischen Frömmigkeitsbewegungen und schulmäßiger Theologie hat – unter anderem! – darin seine Wurzeln, daß biblische Lehrstrukturen gegen einseitig philosophisch-intellektuelle Verfahren des theologischen Schulbetriebes geltend gemacht wurden.

und gestaltet, die die neutestamentlichen Zusammenhänge nur unzureichend aufzunehmen und auszudrücken vermag. Gegenüber dem philosophischen Gedanken (der seine Wurzeln in alten mythischen Vorstellungen hat) einer ungeschaffenen Materie, die durch den Geist gestaltet wird, betonen die Apologeten die Erschaffung der Welt aus nichts und bestreiten die Ewigkeit der Materie; ferner heben sie heraus, daß es sich bei der Erschaffung der Welt um einen völlig freien persönlichen Akt Gottes handelt und nicht um ein unter irgendeiner Notwendigkeit stehendes Geschehen.

Ich kann in dieser groben Strichskizze nur andeuten, wie eng hier Gewinn und Verlust beieinanderliegen und ineinander verschlungen sind, die Durchsetzung biblischer Grundsubstanz in die Denkkategorien der damaligen gebildeten Welt hinein auf der einen Seite und der Verlust grundlegender biblischer Motive und Zusammenhänge auf der anderen Seite. Analoges wird, wenn auch mit jeweils eigener Gewichtung, von allen „Theologien“ im Laufe der Kirchengeschichte zu gelten haben.

Die entscheidende Frage an sie wird nicht sein, ob sie den vollen Gehalt der Bibel nachzubilden vermochten, sondern ob sie der Gemeinde und der Welt ihrer Zeit die Grundlagen der biblischen Botschaft mit der für die betreffende Situation und Zeit entscheidenden Akzentuierung deutlich vor Augen stellen und damit die *akute* Grenze zwischen Glaube und Unglaube, Gehorsam und Ungehorsam deutlich markieren und den Wahrheitsgrund des Glaubens klar darbieten konnten.

In einem ganz anderen Horizont als bei den Apologeten erscheint die Schöpfungslehre bei IRENÄUS⁴. Er steht in Auseinandersetzung mit der religiösen Bewegung der *Gnosis* („Erkenntnis“), die den Menschen als ein eigentlich geistiges Wesen ansah, das in der Materie gefangen ist und aus dieser Verstrickung durch die wahre Erkenntnis erlöst werden soll; die materielle Welt kann nichts mit dem Gott der Erlösung zu tun haben, sondern verdankt ihre Existenz einem bösen Schöpfergott, der die Geister in diese materielle Verstrickung hineinzog. Dieser gnostischen Lehre hält IRENÄUS eine heilsgeschichtlich orientierte Theologie entgegen: Gott handelt völlig souverän nur nach seinem eigenen Willen und Plan und ist dabei an keine Bedingungen und Notwendigkeiten gebunden; und in der Einheit seines Heilsplanes sind Schöpfung und Erlösung fundamental miteinander verbunden und aufeinander bezogen. Die Schöpfung zielt in sich auf die Erlösung hin, und die Erlösung bedeutet die Wiederherstellung und Vollendung der Schöpfung, wie sie von Gott gemeint ist. Christus steht im Mittelpunkt des Schöpfungsgeschehens als dessen Ziel und als der Sohn Gottes,

4 Irenäus stammt aus Kleinasien und ist später zunächst Priester, dann seit 178 n. Chr. Bischof in Lyon; über sein Geburts- und Todesjahr ist nichts Näheres bekannt (man vermutet: gegen 140 bis um 200).

in dem alles geschaffen ist. Aber die Schöpfungsmittlerschaft des Sohnes und des Geistes bedeutet – anders als bei den Apologeten – nicht die Einführung einer Zwischeninstanz zwischen den transzendenten Gott und die geschaffene Welt, sondern der Sohn und der Geist sind Gottes eigene Hände, mit denen er selbst alles ins Werk gesetzt hat. Kraftvoller und unmittelbarer als bei den Apologeten wird hier biblische Substanz entfaltet; andererseits treten die kosmologischen Fragen dabei in den Hintergrund, und die geschlossene Konsequenz des so dargestellten Heilsplanes ist auch in sich nicht völlig unproblematisch.

Einen anderen Weg im Kampf gegen die Gnosis gehen die großen Lehrer der *Katechetenschule von Alexandria*: Sie gehen auf die durch die Gnosis aufgeworfenen Fragestellungen ein und nehmen die Denkhorizonte der philosophischen Kosmologie auf, um ihr eine ebenbürtige christliche Sicht der Welt gegenüberzustellen; dabei übernehmen sie sowohl gnostische wie platonische Gedanken und formen sie (hinreichend?) christlich um; dabei stützen sie sich stark auf die Lehren und die Schriftauslegung des jüdischen Religionsphilosophen PHILO, der etwa zur Zeit Jesu ebenfalls in Alexandria gewirkt und die biblischen Schriften und die jüdischen Traditionen in platonischem Geist (allegorisch) ausgelegt hatte.

KLEMENS VON ALEXANDRIA († gegen 215) unterscheidet eine urbildliche geistige Welt von der sinnenfälligen Welt; die Erschaffung der geistigen Welt findet er in 1.Mose 1,1 angedeutet, die sinnliche Welt ist nach deren Urbild geschaffen. Die Schöpfung ist nicht als ein sukzessives Geschehen (gemäß dem wörtlich verstandenen Sechstageswerk) zu verstehen, sondern alles wird gleichzeitig geschaffen; der Schöpfungsakt Gottes ist zeitlos und ewig, Schöpfung also eine *creatio continua* (eine fortgesetzte Schöpfung).

ORIGENES (ca. 185–254) baut diesen Ansatz aus. Dadurch, daß er umfassende Gelehrsamkeit und das Ideal einer gründlich durchdachten christlichen Wissenschaft mit intensiver Schriftauslegungsarbeit verband, gewann sein Werk trotz allen Widerspruchs großen Einfluß auf die Theologie der folgenden Jahrhunderte. Für ORIGENES ist die materielle Welt die Folge eines Abfalls: Zuerst erschuf Gott ein Reich der Geister; als diese von ihm abfielen, schuf er dann die materielle Welt und fesselte die gefallenen Geister an sie zur Strafe und Erziehung; demgemäß ist Erlösung die durch Christus ermöglichte Rückwendung zu Gott, in der der Geist in allmählicher Vervollkommnung die Verflechtung ins Irdisch-Materielle hinter sich läßt. Da Gott – und also auch sein Schöpfersein – unwandelbar ist, kann er nach ORIGENES nie ohne Schöpfung gewesen sein; man müsse also in gewisser Weise auch der (geistigen!) Schöpfung Ewigkeit zuerkennen.

In der Folgezeit trat die Schöpfungslehre etwas mehr aus den aktuellen Lehrauseinandersetzungen (die sich jetzt auf die Christologie und Trinitäts-

lehre konzentrierten) zurück. Intensive Bearbeitung fand sie nun vorzugsweise in Kommentaren zum ersten Buch Mose oder in speziellen Auslegungen der biblischen Schöpfungsgeschichte (des „Sechstagerwerks“). In diese Auslegungsarbeit wurden die naturgeschichtlichen und kosmologischen Erkenntnisse der Antike auf breiter Basis eingebracht. Aufs Ganze und auf lange Sicht gesehen ergab sich dabei eine Tendenz zu einer gewissen Eigenständigkeit der Schöpfungsthematik, zu ihrer engeren Verknüpfung mit den kosmologischen Fragen und zur Lockerung ihrer Ausrichtung auf die Heilslehre.

Wie AUGUSTINUS (344–430) überhaupt eindringend über die Grundfragen des menschlichen Daseins nachgedacht hat, so hat er sich auch mehrfach eingehend dem Durchdenken des biblisch-christlichen Schöpfungsglaubens gewidmet. Ich kann hier nur zwei Grundgedanken herausgreifen, die für ihn wesentlich sind:

Zum einen denkt er vom Gegensatz zwischen Zeit und Ewigkeit aus; die Zeit ist unlösbar verbunden mit den Veränderungen in der kreatürlichen Welt, in der Ewigkeit aber gibt es keine Veränderung. Darum geht die Zeit nicht der Schöpfung voraus, die Welt wird *nicht in, sondern mit* der Zeit erschaffen, Schöpfung ist der Anfang der Zeit; daß der Schöpfungsbericht von „Tagen“ spricht, sei in diesem Sinne zu verstehen. Schöpfung ist der Akt Gottes, durch den er aus der Ewigkeit heraus Zeit und zeitliche Kreatur hervorbringt und in dem es darum auch kein eigentliches Nacheinander gibt.

Zum anderen aber legt AUGUSTIN den Schöpfungsbericht dennoch nicht so aus, daß alle Geschöpfe zu gleicher Zeit in Erscheinung getreten seien; sondern Gott habe keimhafte Anlagen (*rationes seminales*) in die Materie hineingelegt, die sich dann nach dem Willen Gottes durch den Lauf der Jahrhunderte hindurch entfaltet haben.

Bei aller Tiefe seines Nachdenkens aber setzt Augustin eine klare Grenze zwischen dem, was für den Glauben des Christen wesentlich ist, und dem, was für ihn entbehrlich ist: in seinem *Handbüchlein* (§ 9) setzt er auseinander, daß es beim Glauben nicht darum gehe, die Natur der Dinge zu erforschen nach der Art derer, die von den Griechen „Physiker“ genannt werden; Unwissenheit auf diesem Gebiet schade dem Christen nichts, zumal es sich dabei ohnehin mehr um Vermutungen als um eigentliches Wissen handle. „Für den Christen genügt es, wenn er glaubt, daß die Ursache aller geschaffenen Dinge, der himmlischen und der irdischen, der sichtbaren und der unsichtbaren, nur die Güte des Schöpfers sein kann.“

<i>Apologeten:</i>	Transzendenz Gottes Logos als Schöpfungsmittler Schöpfung als absolut freie Tat Gottes
--------------------	--

IRENÄUS:	Verbundenheit von Schöpfung und Erlösung im Heilsplan Gottes Sohn und Geist als „Gottes Hände“
KLEMENS:	Erschaffung einer urbildlichen geistigen Welt Erschaffung der sinnlichen Welt nach deren Bild Schöpfung als zeitloser Akt Gottes: – kein Nacheinander der Schöpfungswerke – stetig fortgesetzter Schöpfungsakt Gottes, mit dem er alles Seiende trägt
ORIGENES:	Erschaffung der sinnlichen Welt als Strafe und Erziehungsmaßnahme für die abgefallenen Geister Ewigkeit der Schöpfung
AUGUSTIN:	Schöpfung nicht in, sondern <i>mit</i> der Zeit Keimhafte Anlagen, die sich nach und nach entfalten

4. Schöpfungstheologie im Mittelalter

Die scholastische Theologie des Mittelalters schließt sich an das Erbe der Kirchenväter an, wobei das reiche Gedankengut AUGUSTINS als Vermittlungsinstanz ebenso wie durch seine Eigenprägung immer wieder besonderen Einfluß hat. Zugleich tritt sie das Erbe der griechisch-philosophischen Rationalität an, zunächst vorwiegend in augustinish-neuplatonischer Form, später dann stärker in der Aneignung aristotelischer Grundgedanken und Denkschemata. In der Doppelheit dieser Erbschaft wurzelt das Hauptanliegen dieser theologischen Arbeit: die rationale Durchdringung der Glaubenswahrheiten (ANSELM V. CANTERBURY im Anschluß an AUGUSTIN: *credo, ut intelligam* [ich glaube, um einzusehen]), die Gewinnung einer Harmonie zwischen Glauben und Wissen.

Aus der Fülle und den unterschiedlichen Ausprägungen dieser theologischen Arbeit des Mittelalters greifen wir nur eine zentrale Gestalt heraus: THOMAS VON AQUIN (1225–1274). Im Verhältnis zwischen Glaube und Vernunft in ihrer Beziehung zur Schöpfungswahrheit ergeben sich ihm Konstellationen, die uns auf den ersten Blick eigenartig anmuten, die aber von seinen Voraussetzungen her streng durchdacht sind: Daß die Welt geschaffen ist, ist für ihn nicht nur eine Sache des Glaubens, sondern vernunftmäßig zu beweisen; dagegen kann der Sachverhalt, daß die Welt einen zeitlichen Anfang hat, nur im Glauben festgehalten und nicht vernünftig bewiesen werden. Daran wird deutlich, daß der Schöpfungsbegriff bei ihm keineswegs synonym mit dem Begriff eines zeitlichen Anfangs gedacht ist, sondern unabhängig von aller zeitlichen Fragestellung den Sachverhalt meint, daß die Weltwirklichkeit nicht aus sich selbst existieren kann, sondern durch einen Akt Gottes zum Dasein gebracht (und im Dasein gehalten) wird. Da Gott

die Welt aus nichts schafft, kann dieser Akt weiterhin keine Bewegung oder Veränderung in sich schließen, denn sonst müßte zuvor etwas da sein, an dem diese Veränderung sich vollzieht; also: wenn Gott „schafft“, dann bringt er die Dinge ohne Bewegung oder Veränderung hervor. So kann „Erschaffung“ im Blick auf die Geschöpfe also nur eine *Beziehung* meinen, die sie zu Gott haben: daß er nämlich der Ursprung ihres Seins ist.

Für die *ganze mittelalterliche Theologie* weithin wesentlich sind zwei Gedanken, die mit den biblisch begründeten Grundmotiven aller christlichen Schöpfungstheologie zusammenhängen. Es sind vier solcher Grundmotive, die als je paarweise in einem Spannungsverhältnis einander zugeordnet die ganze Geschichte der christlichen Schöpfungslehre formen und in Bewegung halten: *zum einen* die strenge Unterscheidung von Schöpfer und Geschöpf (also die radikale Transzendenz des Schöpfers) und ihr gegenüber die völlige und bleibende Abhängigkeit der Geschöpfe vom Schöpfer (also ihre Angewiesenheit auf die Gegenwart des Schöpfers in der Schöpfung); *zum anderen* die absolute Freiheit Gottes in seinem Schaffen (die Schöpfung ist also auch kein notwendiger Ausfluß seines Wesens) und ihr gegenüber das andere Moment, daß die Welt ja nicht etwas dem Wesen Gottes völlig fremd Gegenüberstehendes ist, wo er sie doch eingerichtet und geordnet hat.

Dem *ersten* Spannungsverhältnis sucht die mittelalterliche Theologie dadurch Rechnung zu tragen, daß sie Schöpfung versteht als die Verleihung eines zwar abgeleiteten und abhängigen, aber doch eigenständigen Seins an die Geschöpfe; durch die so dargestellte Teilhabe der Geschöpfe am Sein Gottes ist einer dualistischen Auseinanderreißung von Gott und Welt gewehrt, durch die Eigenständigkeit des geschöpflichen Seins andererseits aber auch jede pantheistische In-Eins-Setzung von Gott und Welt, von Schöpfer und Geschöpf abgewehrt.

Das *zweite* Spannungsverhältnis wird auf den Nenner gebracht, daß die Welt zwar nicht mit Notwendigkeit aus dem Wesen Gottes resultiert, daß andererseits aber dennoch die Ideen (Urbilder) der geschaffenen Dinge letztlich im Wesen Gottes verwurzelt sind. So entsteht ein Gesamtbild der Schöpfung als einer umfassenden Ordnung aller Dinge, die in Gott selbst ihren letzten Grund hat, von ihm abhängig ist und von ihm getragen und garantiert wird.⁵

Im *ausgehenden Mittelalter* nach THOMAS VON AQUIN verfällt dieses Gesamtbild und die in ihm zum Ausdruck kommende Synthese von Glauben und

⁵ Die Grundlagen dieses Weltverständnisses sind also ganz dem analog, was oben in, Abschn. 2.1 des Beitrags über das biblische Schöpfungszeugnis (S. 331) hinsichtlich des Weltverständnisses zu sagen war, das hinter den altorientalischen und auch hinter den primären biblischen Schöpfungsaussagen steht.

Wissen der Auflösung, und zwar durch geistige Umschichtungen, die unter anderem an zentralen Verschiebungen im Verständnis Gottes faßbar werden. Auch die vorangegangenen Zeiten hatten um die Freiheit des Willens Gottes gewußt; dabei hatten sie aber in der Gewißheit gelebt, daß die Entscheidung dieses freien Willens von Gottes Wesen her gestaltet und bestimmt seien und daß das Wesen Gottes wiederum eine klare und widerspruchslose geistige Einheit darstelle, so daß auch der Wille und die Werke Gottes letztlich einsichtig und intellektuell nachvollziehbar erschienen, wenn auch dem irdischen Menschen diese Einsichtigkeit nur gebrochen zugänglich war. Das wird nun anders; ein zugespitztes Verständnis der Freiheit und der Allmacht Gottes verlagert die Akzente: Gottes Wille gilt nun als absolut freie Entscheidung und Setzung, durch keinerlei Wesenseigenschaften Gottes vorweg festgelegt und gebunden, darum auch in keinerlei einsichtigen Zusammenhängen stehend.

Entsprechend werden die geschaffenen Dinge aus jeder sachlichen Korrespondenz zum Wesen Gottes herausgelöst: alles, was ist, existiert so, wie es ist, allein aufgrund des unableitbaren und uneinsichtigen Willens Gottes, dessen Setzungen nur autoritativ und als Faktum hingenommen werden können. Zudem erscheinen nun die für sich genommenen Einzeldinge als das eigentlich Wirkliche, nicht mehr ihre durch die Allgemeinbegriffe gegebene Einfeldfassung in eine von metaphysischen Wesensbestimmungen her begründete Ordnung. Es entstehen somit grundlegende Voraussetzungen für die entschlossene Hinwendung zur Empirie: wenn man unter den genannten Vorgaben nach intellektuell nachvollziehbaren realen Zusammenhängen in der Weltwirklichkeit oder gar nach einer Erklärung innerweltlicher Zustände aus ihren Ursachen fragt, so ist jede Herleitung *a priori* (d. h. von Gottes Wesen oder einsichtigem Willen oder von metaphysischen Wesensrealitäten her) ausgeschlossen und nur noch der Weg *a posteriori* (d. h. durch Rückschluß aus der Beobachtung der in Frage stehenden Gegebenheiten selbst) offen und erfolgversprechend.

Im Zusammenhang mit dieser Reduktion auf die uneinsehbare Willenssetzung Gottes verengt und reduziert sich auch die im Denken des Hochmittelalters vorhandene – oben nur bruchstückhaft zur Sprache gebrachte – Vielschichtigkeit der Urheberbeziehung Gottes zur Welt auf die reine Wirkursächlichkeit, also auf jene Komponente der mittelalterlichen Ursachenlehre, die in etwa mit dem übereinkommt, was wir auch heute unter Ursächlichkeit und Kausalität verstehen: auf den bloßen Akt des Machens und Setzens. Damit ist eine Blickverengung angebahnt, die das Reden von Schöpfung auf dieselbe Ebene begrenzt, auf der sich auch die naturwissenschaftliche Frage nach den Ursachen gegebener Zustände abspielt. Gar zu leicht wird auf dieser Linie immer wieder eine (in dieser Art unqualifizierte) Konkurrenz und Gegnerschaft zwischen Schöpfungsglaube und natur-

wissenschaftlicher „Welterklärung“ sich einstellen; eine so verkürzte Schöpfungsaussage gibt immer wieder Anlaß zu Mißverständnissen.

Bringen die bisher genannten Komponenten eine einschneidende Distanz beziehungsweise innere Beziehungslosigkeit zwischen Gott und Welt mit sich, so verbindet sich mit ihnen doch auch eine gegenläufige Komponente, die Gott und Welt ganz nahe zusammenrückt: Aufgrund des zugespitzten Allmachtsgedankens tritt die unmittelbare Abhängigkeit aller Geschöpfe von Gott weit in den Vordergrund und drängt den Gedanken einer Eigenständigkeit und Eigentätigkeit der Geschöpfe an den Rand. Der Gedanke der Allwirksamkeit und Alleinwirksamkeit Gottes in der geschaffenen Welt und in den Geschöpfen bricht sich Bahn, der Gedanke an eine alles durchdringende – unter Umständen aber dabei verborgene und unerfaßbare! – Gegenwart und Tätigkeit Gottes im Geschehen der geschöpflichen Welt.

Diese hier aus dem Gesamtprozeß herausdestillierten Faktoren sind natürlich stets und auf lange Sicht bis weit in die Neuzeit hinein nur zusammen mit dem positiven und direkten Weiterwirken der hochmittelalterlichen Synthese wirksam geworden und in Verbindung mit vielerlei sonstigen Einflüssen. Dennoch kann man von dem Gesagten her in einigen Grundlinien verstehen und nachvollziehen, wie sich einerseits die von aller Theologie unabhängige Weltbetrachtung der Neuzeit und andererseits MARTIN LUTHERS reformatorisches Denken an die Grundgegebenheiten dieser Situation des ausgehenden Mittelalters anschloß – je nach dem, an welchen Elementen dieser Situation man sich festmachte:

Die *Naturforschung* (und später auch analog die geschichtsphilosophische Weltbetrachtung) der Neuzeit sucht die grundlegenden Zusammenhänge der Wirklichkeit unmittelbar durch vernünftige Betrachtung und Analyse der gegebenen Weltprozesse zu erfassen; dies kann sowohl unter Bezugnahme auf den darin wirksamen Schöpfer wie auch unter Leugnung Gottes geschehen – immer aber so, daß religiöse und theologische Lehren keinen Einfluß auf die inhaltliche Konstruktion dieser Weltbetrachtung haben. Dies umso mehr, als das Denken der Neuzeit in zunehmendem Maße auch in theologischer Hinsicht diesem unmittelbaren eigenen Zugang zur Wirklichkeit (und damit auch zur Wirklichkeit des Schöpfers ...) den Vorrang gibt gegenüber aller historisch-autoritativen Offenbarungslehre von Gott und seinem Schöpfersein.

Für LUTHER ist demgegenüber das Weltgeschehen in sich undurchschaubar, insbesondere vermag es ihm keinen Zugang zu Gott zu eröffnen; diesen gibt ihm ausschließlich die göttliche Offenbarung im Evangelium der Bibel, und so wird ihm und der von ihm ausgehenden protestantischen Tradition die biblische Offenbarung in ihrer Unabhängigkeit von aller menschlichen

Vernunft zum archimedischen Punkt und zur letzten, alle Wahrheit verbürgenden Autorität.

Diesen beiden Wegen gegenüber nahm die *katholische Tradition* die hochmittelalterliche Synthese durch die Auflösung hindurch auf und suchte sie auch unter den Bedingungen der Neuzeit weiterzuführen und fortzubilden (nach einem gewissen Einbruch durch die Aufklärung erneut seit der Mitte des 19. Jahrhunderts).

Allgemeine Grundlagen des Mittelalters:

Doppeltes Erbe: – christliche Glaubenswahrheit
– griechisch-philosophische Rationalität

Anliegen: rationale Durchdringung der Glaubenswahrheit

Sein der Geschöpfe als verliehene und *grundsätzlich abhängige* Teilhabe am Sein Gottes *in relativer Eigenständigkeit*

Welt als *freies Werk* Gottes, dessen Urbilder dennoch *im Wesen Gottes verwurzelt* sind

THOMAS VON AQUIN:

Schöpfung als „Akt ohne Bewegung“, als (Ursprungs-)Beziehung der Geschöpfe zum Schöpfer

Schöpfung als solche ist vernünftig beweisbar, nicht jedoch der zeitliche Anfang der Welt

Nach THOMAS:

Absolutes Verständnis der Freiheit Gottes

Darum kein wesenhaft vernunftmäßiger Zusammenhang zwischen den einzelnen Setzungen seines Willens

Darum kann man sich des Seinszusammenhangs der geschaffenen Dinge nicht mehr durch vernünftige Einsicht in ihr Wesen vergewissern, sondern nur noch durch Beobachtungen der Einzeldinge in der Empirie des Faktischen

Reduktion auf Wirk-Ursächlichkeit

Ambivalenz: innere Beziehungslosigkeit und damit Distanz zwischen Gottes Wesen und der Weltordnung einerseits – Alleinwirksamkeit Gottes in der Welt unter Verlust der Eigenständigkeit des geschöpflichen Seins andererseits

Diese Situation bildet den Rahmen für die Weichenstellung zu:

- naturwissenschaftlicher Hinwendung zur (rational konstruierten!) Empirie allein als entscheidender Instanz
- LUTHERS glaubensmäßiger Hinwendung zur Schrift allein als entscheidender Instanz

5. Wege evangelischer Schöpfungstheologie

Reformatoren

Von dem skizzierten Hintergrund des ausgehenden Mittelalters herkommend, ist MARTIN LUTHERS (1483–1546) Verständnis von Gottes Schöpfersein und Schöpferhandeln weit davon entfernt, nur auf ein Geschehen in ferner Vergangenheit zu blicken. Gottes Schaffen ist ein immerzu fortgehendes Tun, mit dem er in aller Wirklichkeit gegenwärtig ist. In allem Geschehen ist er der eigentlich Wirkende; die innerweltlichen Ursachen sind nur die Mittel seines Schaffens. Freilich ist dieses unaufhörliche Schaffen Gottes im Lauf der Welt und der Dinge dem Menschen rätselhaft und in seinem Sinn undurchschaubar und verschlossen. Der Mensch aber ist gefordert, sich dieser Realität zu stellen und Gottes Gottheit anzuerkennen, indem er ihn ehrt als den, der allein der Wirkende und Schaffende in allem Geschehen ist.

Von da her ist bei LUTHER der Schöpfungsglaube in zweierlei Beziehung unmittelbar mit dem Heilsglauben verbunden. *Zum einen:* Je nach dem, wie der Mensch zu Gott steht, macht ihm die alles durchdringende tätige Gegenwart Gottes entweder die Welt zum Ort unentrinnbarer Furcht (wenn er im Streit mit Gott bzw. in der Abwendung von Gott lebt), oder sie wird ihm zum Grund einer Geborgenheit und eines Getrostseins, die aller irdischen Bedrohung standhalten. *Zum anderen:* In der Lehre von der Rechtfertigung allein durch den Glauben und nicht durch die Werke geht es genau darum, daß der Mensch dieses alleinige Schöpfersein Gottes anerkennt: Gott allein schafft, er allein schafft auch das Heil; wer sich durch seine eigenen Werke rechtfertigen will, negiert das, stellt sich also in Gegensatz zu Gottes alleinigem Schaffen, indem er selbst etwas zu schaffen versucht, und lebt so im Streit mit Gott.⁶

Wir finden also bei LUTHER eine Art des Redens von Schöpfer und Schöpfung, die ungemein direkt und unmittelbar die gegenwärtigen Lebensbezüge sowohl des Einzelnen wie der menschlichen Gemeinschaft zu erfassen vermag und darin in großer Dichte eine charakteristische Eigenart biblischen Redens von Schöpfung neu zum Zuge bringt.

Für JOHANNES CALVIN (1509–1564) ist die Schöpfung vor allem als Offenbarung der Herrlichkeit und Güte des Schöpfers von Interesse. Zwar sind wir durch die sündige Verkehrtheit unseres Sinnes verschlossen für die Fülle der Gotteserkenntnis, die in der Schöpfung unübersehbar vor unsere Augen tritt, aber durch die Schrift wird unser Auge und unser Verstand wieder neu für sie geöffnet.

⁶ Zu LUTHERS Schöpfungsverständnis vgl. ALTHAUS: Luther [32], S. 99-118.

Von da her gilt es für den Christen, mit offenen Augen die Macht und Güte wahrzunehmen und zu bedenken, die ihm hier begegnet, sowohl in dem, was allen Menschen offen vor Augen liegt, wie in dem, was wissenschaftliche Forschung zutage fördert. Die so empfangene Erkenntnis Gottes aber soll der Mensch so auf sich anwenden, daß sie ihn im Innersten ergreift und ihn hinführt zum unbedingten Vertrauen auf Gott, zur Liebe zu ihm und zu seinem Lob.

So ist auch CALVIN allen Spekulationen darüber abhold, wie denn der Anfang der Welt zu denken sei, und erwägt stattdessen eingehend, wie gut Gott alles geordnet hat. Schon das biblische Sechstageswerk – wo Gott doch alles in einem einzigen Augenblick hätte schaffen können! – ist ihm ein Zeichen der Liebe und Fürsorge Gottes für den Menschen, der erst erschaffen wird, nachdem die Lebensbedingungen für ihn vorbereitet sind. So ist Gottes Schöpfersein in engstem Zusammenhang damit zu sehen, daß seine Vorsehung unaufhörlich die Welt erhält und regiert und für das Wohlergehen der einzelnen Geschöpfe sorgt.

Altprotestantische Orthodoxie

Auch in der nachreformatorischen Theologie des älteren Protestantismus bis ins achtzehnte Jahrhundert hinein bleiben – sowohl auf lutherischer wie auf reformierter Seite, die in diesem Themenbereich keine wesentlichen Differenzen aufweisen – die *Lehre von der Schöpfung* und die *Lehre von der Vorsehung* eng aufeinander bezogen. Die Schöpfungslehre erfährt jedoch – wie alle theologischen Lehrstücke – im Zuge des neu belebten Aristotelismus, dessen Wissenschaftsverständnis um 1600 auch in der evangelischen Theologie beherrschend wird, eine ausgeformte Behandlung ihrer spezifischen Inhalte.

Das Sechstageswerk wird im wörtlichen Sinne verstanden. Stark wird die Erschaffung der Welt aus nichts betont, und zum Teil auch gegen die Annahme eines ewigen Bestandes der Materie die zeitliche Einmaligkeit der Schöpfung, die freilich ihrerseits erst den Anfang der Zeit überhaupt darstellt. Andererseits konnte auch vom zeitlichen Fortgang dieses ersten Schöpfungsaktes als einer ständig fortgesetzten Schöpfung geredet werden.

Innerhalb des Sechstageswerkes werden Differenzierungen vorgenommen: eine eigentliche oder „unmittelbare“ Erschaffung aus nichts beinhaltet nur der erste Schöpfungstag; die folgenden Tage zeigen eine „mittelbare“ Erschaffung der Kreaturen aus der nun bereits vorhandenen Materie, wobei auch diese mittelbare Erschaffung als eigentliches Schöpferhandeln Gottes verstanden wird, nicht als eine Möglichkeit des Zustandekommens durch den natürlichen Lauf der Dinge. Begrifflich wird dieser auf die Schöpfung am Anfang bezogene Sprachgebrauch streng umgrenzt: all die Verwendun-

gen des Wortes „Schöpfung“ in anderem Zusammenhang, wie wir sie in der Vielfalt des biblischen Zeugnisses uns vor Augen geführt haben, gelten als „uneigentlicher“ Sprachgebrauch. So gerät der Akzent dieses Verständnisses der Schöpfungslehre wesentlich dahin, daß es sich in ihr um Information über die Vorgänge bei der Entstehung der Welt handle.

Obwohl diese Schöpfungslehre als Aussage über Gott konzipiert war (sie war *Bestandteil der Lehre von Gott*, speziell der Lehre von seinen Werken!), kam sie so in den gleichen Bereich zu stehen, in dem auch die zeitgenössische Naturforschung und Philosophie die Zusammenhänge der Wirklichkeit zu durchdringen suchten. Diesen Bemühungen stand freilich diese Theologie aufgrund ihrer andersartigen Ausgangspunkte und Verfahren fremd und einigermaßen ratlos gegenüber und konnte von ihren Voraussetzungen her weder wirksamen Einfluß auf die geistige und wissenschaftliche Entwicklung ausüben noch eine verbindende Brücke schlagen, die das gegenseitige Verhältnis geklärt hätte.

Wohl aber drangen die neuen Fragestellungen und Gedanken nach und nach in die Theologie ein und erheischten Berücksichtigung; unter den gegebenen Umständen und mangels einer klaren Verhältnisbestimmung, die den Vorgang geregelt hätte, bedeutete das auf die Dauer den Abbruch altprotestantischer Theologie und die unmittelbare Unterstellung der theologischen Substanz unter die neuen („Vernunft“-)Gesichtspunkte in der Theologie der Aufklärung.

Man kann sich diesen Vorgang verdeutlichen an der Frage nach der Erkennbarkeit der Schöpfungswahrheit für den Menschen: Am Anfang des 17. Jahrhunderts galt die ganze Schöpfungslehre als reine Glaubenswahrheit, die der Vernunft auf keine Weise zugänglich sei. Später wurde in immer weitergehender Form die Meinung vertreten, die Schöpfung als solche sei grundsätzlich für die Vernunft erkennbar, nur hinsichtlich ihrer Art und Weise seien wir auf die Offenbarung angewiesen. Von da aus ist es dann kein weiter Schritt mehr, zu sagen, wenn die Sache als solche vernunftförmig erkennbar sei, müsse auch die Erforschung ihrer Art und Weise der Vernunft anheimgestellt werden!

Theologie der Aufklärung

Die Behandlung der Schöpfungslehre durch die Theologie der Aufklärung kann man in drei Punkten zusammenfassen:

- *Zunächst:* Da die traditionelle *Heilslehre* (Sünde als Verlorenheit des Menschen und die Erlösung durch das Opfer Christi) entfällt, wird die Schöpfungslehre nun zum eigentlichen Fundament der Theologie und aller Religion.

- *Zweitens:* Ein eigentlich neuer Denkansatz in den allgemeinen Grundaussagen der Schöpfungslehre wird nicht vollzogen. Man begnügt sich damit, deutlich zu machen, daß die Einzelheiten des mosaischen Schöpfungsberichtes nicht so wörtlich zu nehmen, sondern mehr dichterisch zu verstehen seien, und freut sich, daß die Schöpfungslehre in dieser „entrümpelten“ Form der Vernunft so viel annehmbarer und für die Praxis so viel brauchbarer sei.
- *Schließlich:* Eine gewichtige Umformung findet in der *Lehre von Urstand und Fall* des Menschen statt. Ein Sündenfall, durch den die Menschheit einer radikalen Verlorenheit preisgegeben ist, ist mit dem optimistischen Menschenbild der Aufklärung nicht vereinbar; er entfällt und wird durch den Entwicklungsgedanken ersetzt: gemäß einem allgemeinen Naturgesetz ist uns die Vollkommenheit, zu der wir bestimmt sind, nicht von vorneherein gegeben, sondern wir erreichen sie nur durch ein allmähliches stufenweises Fortschreiten von einem unvollkommenen Anfangszustand aus. Die moralische Schwachheit des Menschen ist also nicht das Ergebnis eines Falles und Zeichen einer tiefen Verlorenheit, sondern der Anfangspunkt, sozusagen das „Rohmaterial“ seines Fortschreitens zu der Vollkommenheit, die als seine Bestimmung vor ihm steht. Umgekehrt wird der „Urstand“ nicht mehr als Anfangszustand verstanden, sondern als das Urbild dieser Bestimmung des Menschen, die als seine Zukunft vor ihm liegt. „Schöpfung“ wird also – zumindest was den Menschen angeht – als Zielbild in die Zukunft verlegt, als Anlage auf eine bestimmte Zukunft hin verstanden.

In dieser aufklärerischen Umbildung ist die Schöpfungslehre letzten Endes aus der Ganzheit eines vorgegebenen christlichen Glaubens herausgelöst und bekommt ihre Basis im allgemeinen Zusammenhang menschlicher Vernunftkenntnis und vernünftiger Moral; es handelt sich also um eine Gotteserkenntnis, die von dieser Basis der dem Menschen eigenen Selbst- und Welterkenntnis aus unmittelbar zugänglich sein und von da aus auch den Rahmen und Maßstab aller „spezielleren“ religiösen Lehren bilden soll.

Theologie im neunzehnten Jahrhundert

Demgegenüber versucht FRIEDRICH SCHLEIERMACHER (1768–1834) die Glaubenslehre wieder auf eine selbständige und einheitliche Basis zu stellen, indem er sie als Explikation des unmittelbar gegebenen religiösen Selbstbewußtseins einer religiösen Gemeinschaft (in seinem Fall: der – unierten! – evangelischen Kirche) versteht und bearbeitet. Auch dabei bleibt freilich mancherlei aus dem Grundansatz der Aufklärung wirksam, wie zum Beispiel die spinozistische Ineinssetzung des menschlichen Bestimmtheits durch Gott mit dem Bestimmtheits durch den Naturzusammenhang. Reli-

göses Selbstbewußtsein ist für SCHLEIERMACHER in seiner Grundlage das „Bewußtsein schlechthinniger Abhängigkeit“. Die kirchlichen Lehren von der Schöpfung und von der Erhaltung der Welt durch Gott artikulieren gemeinsam und in einheitlichem Sinne dieses Abhängigkeitsbewußtsein hinsichtlich des Verhältnisses zwischen Gott und Welt.

Wesentlich ist, in beiden Lehren Gott als den allein Bestimmenden zu denken. Dabei ist die *Erhaltungslehre* der unmittelbarere Ausdruck des religiösen Bewußtseins und eignet sich für SCHLEIERMACHER daher besser zu dessen positiver Entfaltung, während der *Schöpfungslehre* mehr die Aufgabe zugeordnet wird, solche Einflüsse anderweitiger Weltentstehungstheorien auf die religiöse Lehre abzuwehren, die im Widerspruch zum reinen Ausdruck des schlechthinnigen Abhängigkeitsgefühls stehen. So wird vor allem ausgeschlossen, daß es irgend etwas gäbe, das nicht Gott sein Entstehen verdankt, und daß Gott selbst unter die Bedingungen weltlichen Seins gestellt wird; speziell darf Gottes Schaffen in keiner Weise in Analogie zu menschlicher Tätigkeit verstanden werden und muß alle Zeitlichkeit vom Gedanken an die Tätigkeit Gottes ferngehalten werden. Darum lehnt SCHLEIERMACHER auch die altprotestantische Unterscheidung von „unmittelbarer“ und „mittelbarer“ Schöpfung ab, indem er den Schöpfungsbegriff auf den ersten Anfang eingrenzt und alles weitere der Erhaltung zurechnet; es „muß doch von da an ein lebendiges, bewegliches Sein bestanden und sich weiter fortentwickelt haben“, sonst wäre die „Schöpfung“ nur Vorbereitung und nicht eigentliche Schöpfung gewesen⁷.

Wie SCHLEIERMACHER mit seinem Ansatz der religiösen Lehre ihre Unabhängigkeit gegenüber aller wissenschaftlichen Forschung und Vernunft-erkenntnis sichern will, so liegt ihm umgekehrt auch daran, daß „die Entwicklung unseres frommen Selbstbewußtseins nicht so gefaßt werde, daß der Wißbegierige dadurch in Widerspruch gerate mit den Prinzipien seines Forschens auf dem Gebiet der Natur oder der Geschichte“⁸. Er achtet also im Sinn einer strengen Trennung der Gebiete darauf, daß in die Glaubenslehre nur eingeht, was einen unmittelbaren Bezug zum frommen Selbstbewußtsein hat, während alle objektive Wissensfeststellung den zuständigen Wissenschaften vorbehalten bleibt. Mit dieser Begründung lehnt er es auch – mangels Zuständigkeit! – ab, die einzelnen Inhalte der biblischen Schöpfungsgeschichten in die Glaubenslehre aufzunehmen: erstens seien sie kaum als zutreffende Tatsachendarstellung zu werten und auch nie einhellig von der Kirche so gewertet worden; falls aber doch, so sei es zweitens nicht Sache der Glaubenslehre, einen solchen Wissensstoff zu verarbeiten⁹.

7 Der christliche Glaube [44], S. 202 (§ 41.2)

8 ebd. S. 194 (§ 39.2)

9 ebd. S. 196f (§ 40.2)

SCHLEIERMACHERS Versuch, der Glaubenslehre eine dem Christen und der Kirche unmittelbar gegenwärtige, von allen außerreligiösen Einflüssen und Instanzen unabhängige und in sich einheitliche – sozusagen „punkt-förmige“ – Basis zu geben, aus der sich alle Lehrinhalte entwickeln lassen, hat weithin die nachfolgende evangelische Theologie des neunzehnten Jahrhunderts bestimmt und ist noch bis in unsere Gegenwart wirksam; freilich wurde dabei diese Basis nicht gleichbleibend im „frommen Selbstbewußtsein“ gesucht, sondern an dessen Stelle konnten in mannigfacher Variation „der Glaube“, das Bekenntnis, der historische Jesus, „die Offenbarung“, „das Wort Gottes“, die Heilsbotschaft („*Kerygma*“) oder ähnliche Größen treten. Die Glaubenslehre schien hier gegenüber den Problemen, die die historisch-kritische Untersuchung der biblischen Texte aufwarf, wie gegenüber jenen, die mit dem Vordringen einer naturwissenschaftlichen Weltansicht oder mit den weltanschaulichen Umbrüchen des zeitgenössischen Denkens (Materialismus!) zusammenhingen, eine gleichermaßen für den Glaubenden erreichbare wie von außen unangreifbare Grundlage zu gewinnen.

Freilich brachte diese Konstellation es auch mit sich, daß die Schöpfungslehre teilweise recht blaß wurde: war sie doch einerseits (jedenfalls als Schöpfung am Anfang) nicht ohne weiteres so unmittelbar aus dem gegenwärtigen Glaubensbewußtsein ableitbar und sollte andererseits ja nicht auf das Gebiet naturwissenschaftlicher Aussagen übergreifen, sondern im eigenen Bereich der Glaubensaussagen bleiben. Angesichts der zeitgenössischen Herausforderungen rückt darum gegenüber einer eigentlichen Schöpfungslehre eine Zeitlang das Programm einer „christlichen Weltanschauung“ in den Vordergrund.

Aus dieser Epoche sollen hier nur vier Theologen als Beispiele unterschiedlicher Lehrbildung kurz erwähnt und in ihrem Ansatz knapp charakterisiert werden¹⁰. Für den liberalen OTTO PFLEIDERER (1839–1908) reduziert sich

¹⁰ Dabei verzichte ich auf eine Darstellung der theologischen Auseinandersetzung mit der biologischen Entwicklungslehre und verweise dafür auf die beiden Werke von ALTNER [47] und HÜBNER [48].

Vor allem HÜBNER hat versucht, wenn auch in der Brechung durch systematische Ordnungsprinzipien, diese Bemühungen im deutschen Sprachraum von DARWIN bis zur Gegenwart im Überblick zu erfassen. Dabei unterscheidet er fünf Typen: a) die Ablehnung bzw. theologische Einschränkung der Evolutionstheorie (mitunter durch naturwissenschaftliche Argumentationen des Theologen) von konservativ-orthodoxen Auffassungen aus; b) eine vor allem von Katholiken vertretene Position, die sich etwas freier verhält, aber schöpferische Eingriffe Gottes in den Gang der Entwicklung geltend macht; c) die entschlossene Aufnahme des Entwicklungsgedankens, indem man ihn metaphysisch überhöht und so entweder den biblischen Texten als Interpretament unterlegt („Gott schafft durch organische Entwicklung“) oder ihn zur Grundlage

angesichts der naturwissenschaftlichen Sachlage die Schöpfungsaussage tunlichst „auf den allgemeinen Gedanken der anfangs- und endlosen Wirksamkeit der schöpferisch-erhaltenden Allmacht und Weisheit“, der „dem religiösen Glauben völlig genügt und der Wissenschaft vollen Spielraum lässt“¹¹.

JOHANN TOBIAS BECK (1804–1878), dessen Denken am treffendsten mit dem Stichwort *biblischer Realismus* kurz zu kennzeichnen ist, geht von der Überlegung aus, daß das Grundverhältnis zwischen Gott und Welt (in dessen Rahmen die Schöpfungsthematik als Lehre „Vom Entstehen der Welt“ ihren Platz findet) entweder von der Welt aus mittels kosmologischer Spekulation oder aufgrund der Offenbarungslehre von Gott her bestimmt werden kann; im ersten Fall kommt man nicht eigentlich über den Dunstkreis welthaften Seins hinaus, darum schlägt er den zweiten Weg ein und entwickelt auf dieser Basis eine ausführliche und durchdachte Schöpfungslehre.¹²

Der von der Erweckungstheologie herkommende MARTIN KÄHLER (1835 bis 1912) entwickelt die Lehre von Gott dem Schöpfer streng vom Rechtfertigungsglauben und seiner Heilsgewißheit aus, als ein inhaltliches Moment dieses Rechtfertigungsglaubens. Der Schöpfungsglaube ist also ganz in den Heilsglauben integriert. Diesem Grundansatz entspricht, daß die Schöpfungslehre hier betont als Lehre von Gott, als Lehre vom Schöpfer, und nicht so sehr als Lehre von der Welt gefaßt ist.¹³

Für JULIUS KAFTAN (1848–1926) stellt der Schöpfungsgedanke das notwendige Bindeglied zwischen der christlichen Gotteserkenntnis und der christlichen Weltanschauung dar¹⁴. Dabei handelt es sich um eine Aussage der Gotteserkenntnis, nicht um einen Ansatz zu spekulativer Welterklärung; vielmehr bezeichnet der Satz von der Schöpfung aus nichts „den Gegensatz des christlichen Glaubens gegen die kosmologische Spekulation in jeder Gestalt“¹⁵. Es geht gerade darum, die Weltentstehung nicht nach Analogie der

einer eigenständigen Neukonstruktion der Glaubenswahrheit macht; d) eine Position, die naturwissenschaftliche und glaubensmäßige Erkenntnis streng auseinanderhält, dann aber doch – unter theologischem Primat – eine sekundäre Verknüpfung beider sucht; schließlich e) eine Position, die sich mit der strengen Scheidung der Gebiete und also mit der unverbundenen Koexistenz eigenständiger Erkenntniszusammenhänge bescheidet.

Einen eingehenden und umfassenden Gesamtüberblick über die Lehrentwicklungen und Diskussionen von den Anfängen christlicher Theologie bis 1878 gibt ZÖCKLER: Geschichte [24].

11 Grundriß [49], S. 88

12 Vorlesungen [50], Bd. II, S. 150-204

13 Wissenschaft [51], S. 256-266

14 Dogmatik [52], S. 252

15 ebd., S. 255

Naturvorgänge, sondern „nach Analogie einer durch sittliche Zwecke bestimmten That zu verstehen“; denn nach christlicher Erkenntnis könne Gott nur aus der sittlichen Welt, nicht aus der Welt der Natur erkannt werden, und so ginge es im Schöpfungsgedanken um die „Überordnung der inneren (sittlichen) über die äußere (natürliche) Welt“¹⁶.

Theologie im zwanzigsten Jahrhundert

Aus unserem Jahrhundert sind vor allem zwei Theologen zu nennen, die sich intensiv und in je eigener Weise um die Schöpfungslehre bemüht haben: KARL HEIM und KARL BARTH.

KARL HEIM (1874–1958) versteht die Schöpfungslehre – wie auch alle anderen Lehrstücke – als diskursive Entfaltung dessen, was im urchristlichen Christuszeugnis als Einheit enthalten ist. Dabei kommt er stark von der Frage nach der christlichen Weltanschauung und ihrer Begründbarkeit in den Weltanschauungskämpfen seiner Zeit her und empfindet tief die Eingebundenheit des Menschen in die Erfahrungswelt und ihre Zusammenhänge, deren wissenschaftliche Erforschung diesen Weltanschauungskämpfen und Attacken gegen das Christentum damals so viel Nahrung und Zündstoff gab. „Wenn das in Christo gewonnene Verständnis des Wesens Gottes auf die in Raum, Zeit und Kausalzusammenhang sich ausbreitende Erfahrung angewandt wird, so entsteht der Glaube an Gott als den Schöpfer und Erhalter“¹⁷.

Aus der in Christus gegebenen Erkenntnis unserer Erlösungsbedürftigkeit folgt, daß die Welt in ihrem jetzigen Zustand keine reine Darstellung des göttlichen Willens sein kann, sondern aus ihrem ursprünglichen Verhältnis zu Gott herausgetreten sein muß; aus der Gewißheit der Erlösung, daß nichts uns von der Liebe Gottes scheiden kann, folgt andererseits, daß alles, was in der Welt geschieht, ununterbrochen aus Gottes Hand hervorgeht. Beide Seiten dieser Spannung sind gleichermaßen festzuhalten, auch wenn in unserem raumzeitlichen Denken kein Ausgleich und keine Harmonisierung zwischen ihnen möglich ist.

So ergeben sich „vier Uraussagen [...], die nur in ihrer Verbindung miteinander das Verhältnis zwischen Gott und Welt ausdrücken, wie es der Glaube sieht“:

- a) das ganze Weltgeschehen ist eine ununterbrochene Schöpfung Gottes;
- b) das ganze Weltgeschehen ist seiner Grundform nach ein Abfall von Gott;

¹⁶ ebd., S. 255

¹⁷ Leitfaden [53], 2. Teil, S. 34

- c) das ganze Weltgeschehen ist die Auswirkung eines Gerichts über diesen Abfall der Welt von Gott;
- d) das ganze Weltgeschehen ist ein Ausdruck der Gnade und Vergebung Gottes, der die Welt trotz ihres Falls nicht vernichtet, sondern in ununterbrochener Verbindung mit ihr bleibt¹⁸.

Herkömmlich wird das in der christlichen Lehre in der Form von vier zeitlichen Akten dargestellt – Schöpfung, Fall, Strafe, Erhaltung –, und man wird diese anschauliche Vorstellung nie ganz entbehren können, in Wahrheit aber sind dies überzeitliche Ereignisse, die in einem überzeitlichen Verhältnis zueinander stehen und die wir mit den Kategorien unseres raumzeitlichen Denkens nicht angemessen erfassen und darstellen können, weil auch dieses unser Denken ein Bestandteil der aus ihrer Ursprünglichkeit herausgefallenen Welt ist und darum nicht an die Ursprünge des gegebenen Weltzustandes heranreicht¹⁹.

Im Verhältnis zu den naturwissenschaftlichen Entstehungstheorien kann man sagen: die biblische Schöpfungslehre setzt genau da ein, wo die naturwissenschaftliche Aussage prinzipiell endet. Die Naturwissenschaft kann nur Späteres aus zuvor Vorhandenem erklären, die biblische Schöpfungslehre spricht vom Ur-Anfang *aller* Dinge²⁰.

Auch und gerade KARL BARTH (1886–1968) begründet die Schöpfungs-erkenntnis ausschließlich auf die Christusoffenbarung. Aber anders als HEIM (und manche anderen vor ihm und nach ihm) scheidet er diese Offenbarungserkenntnis strikt und unerbittlich von allen weltbildlichen und weltanschaulichen Überlegungen und Auseinandersetzungen. Es handelt sich darin um eine Erkenntnis, die ihre Wahrheit und Gültigkeit nur als von Gott uns gesagte hat und nie in den Schatz unserer selbsterworbenen Erkenntnisse übernommen oder mit diesen vermischt werden kann und darf; umgekehrt bleibt die Erkenntnis der Schöpfung als einer Wohltat Gottes allen Weltanschauungen grundsätzlich unerreichbar, und eine Wissenschaft, die ihre Grenzen kennt, muß anerkennen, daß sie nicht imstande ist, ein gültiges Weltbild zu errichten. So bleiben also beide Bereiche streng voneinander geschieden.

Die *Schöpfungserkenntnis* aber tritt von ihrem Gegenstand her in ein enges Verhältnis zur *Heilserkenntnis*: Denn Schöpfung und Bund (als Grundbegriff der Heilsveranstaltung Gottes) sind streng aufeinander bezogen und ermöglichen sich gegenseitig; die Schöpfung ist „der äußere Grund des Bundes“, der Bund „der innere Grund der Schöpfung“. Schöpfung ist nicht

18 ebd., S. 35f.

19 ebd., S. 35 u. 36

20 Weltschöpfung [54], S. 87

zeitlos, sondern als zeitliches Geschehen zu denken; aber als das in Unmittelbarkeit zu Gott stehende Ursprungsgeschehen hat sie ihre eigene Zeit, die nicht mit unserer Zeit, der Zeit des verlorenen Menschen, zu verwechseln ist. BARTH faßt dies zugespitzt in den paradoxen Begriff der „unhistorischen Geschichte“. Sachlich ist dieses Geschehen der Schöpfung „Verwirklichung“ und „Rechtfertigung“: Das Geschöpf darf sein, weil Gott ist und ihm Sein gewährt, und nur aus Gottes Offenbarung wissen wir, daß wir „sind“ (der Begriff des Seins und der Wirklichkeit wird also streng von Gott her gedacht und definiert!); und das Geschöpf ist in seinem Sosein von Gott bejaht und angenommen.

Keineswegs als einziger, aber in neuerer Zeit wohl am eingehendsten und entschiedensten hat WILHELM LÜTGERT (1867–1938) der Begründung der Schöpfungslehre auf den Christusglauben widersprochen und die Offenbarung Gottes in der Schöpfung als Voraussetzung des Glaubens an Christus geltend gemacht. Gott und sein erschaffendes Wirken, das sich unserer Erkenntnis entzieht und doch in seinen Wirkungen vor unseren Augen steht, in dem sich Gott also zugleich verbirgt und offenbart, gehören unmittelbar und unlösbar zusammen, und allein die Erkenntnis der Gaben Gottes in Schöpfung und Weltregierung ist es, durch die Gott uns auch zu seinem Sohn zieht.

Abschließen möchte ich diesen historischen Überblick mit einem Zitat aus einem in den letzten Jahren erschienenen Dogmatik-Lehrbuch zum Verhältnis zwischen Schöpfungsglauben und Rechtfertigungsglauben:

„a) Gott kann [...] nicht wahrhaft als Schöpfer geglaubt werden, wenn ihm nicht die Rechtfertigung des Sünders geglaubt wird. Eine Theologie, die meint, der Mensch könne als Sünder (und das heißt, indem er sich als Geschöpf Gottes selbst negiert und sich als Schöpfer Gottes etabliert) sich als Geschöpf und Gott als seinen Schöpfer glauben, verwechselt das religiöse Postulat eines Welt schöpfers zur Erklärung der Weltentstehung mit Glauben und verwechselt so den fiktiven Gott, den sich der Sünder schafft, mit dem dreieinigen Gott, der den Menschen geschaffen hat.

b) Gott kann aber darum auch nicht wahrhaft als der Rechtfertigende geglaubt werden, wenn er nicht als Schöpfer geglaubt wird. Eine Theologie, die meint, die Rechtfertigung des Sünders als bloßes Werturteil und nicht als schöpferischen Akt verstehen und sie allein aus der Gesinnung Gottes statt als erneuerndes Werk Gottes begreifen zu können, verwechselt ein religionspsychologisches Bedürfnis des Menschen und

seine illusionäre Befriedigung mit dem Ereignis der Wiederaufrichtung der Ehre Gottes unter seinen gottlosen Geschöpfen“.²¹

LUTHER:	Immerzu fortgehendes Schaffen Gottes in allem Weltgeschehen – für den Menschen undurchschaubar An der Stellung des Menschen zu Gott entscheidet sich seine Stellung inmitten dieses rätselhaften Welthandelns Gottes Rechtfertigungsglaube als Anerkennung des alleinigen Schöpferseins Gottes
CALVIN:	Schöpfung als Offenbarung der Herrlichkeit und Güte des Schöpfers Unmittelbarer Zusammenhang von Schöpfung und Vorsehung
Altprotestantismus:	Schöpfung aus nichts als Anfang der Zeit Unmittelbare und mittelbare Schöpfung „Eigentlicher“ und „uneigentlicher“ Sprachgebrauch Konkurrenzproblem und Unklarheit im Verhältnis zu Naturforschung und neuer Philosophie
Aufklärung:	Vernunftmäßig begründete Schöpfungslehre als Fundament und Maßstab aller Theologie Biblische Aussagen „nicht so wörtlich nehmen“ Höher-Entwicklung statt Urstand und Fall Bild des Urstands als Zielbild der Bestimmung des Menschen
SCHLEIERMACHER:	Gottes Schaffen nicht analog zu menschlichem Schaffen Keine Zeitlichkeit des Schaffens Gottes Nur unmittelbare Schöpfung – alles andere ist Erhaltung Absolute Trennung der Bereiche von Glauben und Wissen
KÄHLER:	Schöpfungsglaube als Moment des Rechtfertigungsglaubens Schöpfungslehre als Gotteslehre
KAFTAN:	Christliche Schöpfungslehre als Ablehnung kosmologischer Spekulation in jeder Gestalt Weltentstehung nicht nach Analogie von Naturvorgängen, sondern von sittlicher Tat Schöpfungsgedanke dient der Überordnung der sittlichen über die natürliche Welt
HEIM:	Schöpfungslehre als Anwendung der in Christus gegebenen Gotteserkenntnis auf die Welterfahrung Schöpfungslehre in der Spannung zwischen vier unausgleichbaren Uraussagen über das Weltgeschehen: Schöpfung, Abfall, Gericht, gnädige Erhaltung Unangemessenheit unserer raum-zeitlichen Denkformen <i>Naturwissenschaft</i> erklärt Späteres aus Vorhandenem, <i>Schöpfungslehre</i> spricht vom Ur-Anfang <i>aller</i> Dinge

²¹ MÜLLER: Dogmatik [58], S. 164f

BARTH:	Strikte Trennung von Offenbarungswahrheit und menschlicher Erkenntnis Wissenschaft kann kein gültiges Weltbild errichten Schöpfung hat ihre eigene Zeit; sie ist „unhistorische (!) Geschichte (!)“ Schöpfung als Verwirklichung und als Rechtfertigung Schöpfung als äußerer Grund des Bundes – Bund als innerer Grund der Schöpfung
LÜTGERT:	Unabhängigkeit der Schöpfungslehre vom Christusglauben Gottes Offenbarung in der Schöpfung als Voraussetzung des Glaubens an Christus

6. Abschließende Bemerkungen

Bei einem solch knappen Durchgang durch die Theologiegeschichte mußten wir uns naturgemäß sehr beschränken. Darum erscheint es mir angebracht, zur Vermeidung von Mißverständnissen diese Beschränkungen abschließend noch kurz beim Namen zu nennen und deutlich zu machen.

Zunächst ist daran zu erinnern, daß jeder genannte Autor und jede charakterisierte Epoche erheblich mehr zum Thema zu sagen wußte, als hier angeführt werden konnte – darunter auch eine ganze Menge gemeinsamen Gutes, das die verschiedenen Ansätze über die hier versuchte Charakterisierung ihrer individuellen Profile hinaus zu einem Strom gemeinsamer Tradition verbindet. So sind auch die einzelnen Ansätze nicht immer in der Form eines ausgewogenen Gesamtporträts erfaßt, sondern oft mehr in der Art einer karikaturhaften Hervorhebung prägnanter Züge. Immerhin: Die dargestellten Züge und Eigenheiten sind nicht nebensächlich für die behandelten Konzeptionen und ihre Stellung im Gesamtprozeß kirchlicher Lehrbildung und Lehrüberlieferung. So hoffe ich, daß insgesamt das Ineinander von Gemeinsamkeit und vielfältiger Verschiedenartigkeit im Gesamtbild sichtbar wird.

Ich habe mich fast durchgehend nur an den Faden der allgemeinen Aussagen der Schöpfungslehre gehalten. Die christliche Schöpfungslehre hat aber eine weiter ausgreifende Themenvielfalt: Auch die *Lehre vom Menschen* als Geschöpf Gottes, die Lehren von seiner *Gottebenbildlichkeit*, von *Urstand und Fall*, von den *Engeln* und von der *Schöpfungsmittlerschaft Christi*, die ich nur gelegentlich aus besonderem Grund berühren konnte, gehören mit dazu und müßten für eine abgerundete Erfassung eingehender mitberücksichtigt werden. Ebenso und im Zusammenhang damit mußte auch der innere Reichtum zurücktreten, den die christliche Schöpfungslehre dem Menschen in seinem Verhältnis zur Welt erschließt, ebenso wie ihre Bedeutung für die Einweisung des Menschen in die Welt als seine ihm von Gott

dargereichte und erschlossene Lebenswelt. Es sollte aber in all diesen Abkürzungen deutlich geworden sein, wie unser heutiges Nachdenken über die Fragen der Schöpfung in einer langen Tradition steht und von den Vorgaben dieser Tradition mitgeprägt und mitbestimmt wird.

Vielleicht wird dann auch deutlich, daß wir in diesem vielfältigen Zeugnis christlicher Lehr- (und Frömmigkeits-)tradition einen reichen Stoff haben, von dem wir lernen können und müssen, wenn wir für die heute von uns geforderten Lehr- und Glaubensentscheidungen gerüstet sein wollen. Dieses Lernen kann freilich nicht so geschehen, daß wir einfach bloß die Inhalte der vertretenen Positionen zur Kenntnis nehmen und einige davon zur Autorität für uns erheben oder gar einen Verschnitt aus allen machen, um dann das als gültig anzunehmen, was dort gesagt wurde. Wir werden schon intensiver hinsehen müssen: Welchen Herausforderungen ihrer Zeit und Situation stellen sich diese Autoren jeweils mit ihrem Zeugnis? Wie bringen sie jeweils unter diesen Herausforderungen das biblische Gesamtzeugnis zur Geltung? Inwieweit können wir, wenn wir uns in diese Zusammenhänge vertiefen, selbst sehen und verstehen, wie ihnen in ihrem Zeugnis ein Stück wahrhaftiger Gotteserkenntnis gegeben war, die jener Generation (und vielleicht auch späteren Generationen) Wegweisung und Hilfe sein konnte? Und wieweit ist das, was sie erkannt haben, auch für uns gültig und kann uns unter den Herausforderungen und den Bedingungen unserer Zeit und Situation zur Hilfe und zur Wegweisung werden (dazu gehört auch die Aufdeckung unserer verkehrten Wege und Gedanken und unserer verkehrten Anpassungen an das, was wir für die selbstverständlichen Gegebenheiten unserer Situation halten!)?

Bei solcher Betrachtung der Zusammenhänge, in denen die verschiedenen Ausprägungen und Positionen der christlichen Lehrgeschichte stehen, werden wir zugleich angeleitet, unsere eigene Situation und Aufgabe klarer zu erfassen: Es ist nicht von uns verlangt, die „endgültige“ Gestalt christlicher Schöpfungslehre für alle Zeiten festzustellen; wohl aber gilt es, mit dem Zeugnis von Gott dem Schöpfer klar und deutlich den spezifischen Herausforderungen unserer Zeit zu begegnen und hierin gegen alle illusionären oder verzweifelten Wirklichkeitsbilder und Ideologien, in denen menschliches Leben gefangen liegt, deutlich zu machen, was uns die biblische Botschaft als den wahren Wirklichkeitszusammenhang und die wahre Situation unseres menschlichen Lebens aufdeckt.

Diese Aufgabe fordert Zuspitzungen und damit Einseitigkeiten; und sie fordert einen produktiven und nicht nur abwehrenden Umgang mit den Herausforderungen und dem Denken der eigenen Zeit und Umgebung. Sie fordert aber ebenso ein waches Bewußtsein für die Eigenständigkeit und Eigenart des biblischen Zeugnisses und kritische Distanz zu den Selbstver-

ständigkeiten zeitgenössischen Denkens; und wo die einseitige Zuspitzung den Rückgang zur Vielfalt und Fülle des biblischen Zeugnisses verbaut, da verbaut oder erschwert sie zumeist späteren Generationen (wenn nicht schon der eigenen!) wichtige Möglichkeiten, auf neue oder andere Herausforderungen angemessen zu antworten.

In diesem Sinne dient also auch dieser Durchgang durch die Geschichte christlicher Schöpfungslehre dem Ziel, daß wir wichtige Voraussetzungen für den rechten Umgang mit unserer gegenwärtigen Diskussion um Schöpfung und Evolution gewinnen und uns bewußt machen.

3.3 Zum Streit um Schöpfung und Evolution

Hermann Hafner

Das christliche Zeugnis vom Schöpferwirken Gottes und die Weltbilder neuzeitlicher Wissenschaft

1. Zum Umriss der Aufgabe	391
2. Die historischen Wurzeln des Problems	395
2.1 Die naturwissenschaftliche Weltbetrachtung und die neuzeitlichen Wandlungen in den Grundlagen des Weltbildes	395
2.2 Die Herausbildung eines spezifischen „historischen Denkens“	408
2.3 Die Wandlungen im Verständnis der Offenbarung und im Verhältnis zur Bibel	410
2.4 Die Ergebnisse des Prozesses	416
3. Zur sachlichen Profilierung des Konflikts	421
3.1 Die Ansatzpunkte und Ebenen des Konflikts	421
3.2 Die grundlegende Konstellation der Fronten	425
3.3 Grundlegende Komponenten der innerchristlichen Differenzen	426
4. Zur Ausgangslage und Aufgabe eines weiterführenden Streitgesprächs	428
4.1 Zum Problemstand in der deutschsprachigen evangelischen Theologie	428
4.2 Zu den Anliegen und Grundpositionen des „Kreationismus“	438
1) Zum Wissenschaftsverständnis	440
2) Zu den theologischen Aspekten	448
4.3 Zur Aufgabe	452

1. Zum Umriss der Aufgabe

Die beiden vorstehenden Beiträge sollten – noch ohne besondere Zuspitzung auf das Gegenüber der Evolutionstheorie – einiges von den Grundlagen und den eigenen, „innertheologischen“ Zusammenhängen christlicher Schöpfungslehre vor Augen führen. Dabei kam es mir unter anderem darauf an, deutlich zu machen, daß hier nicht ohne weiteres in den Denkkategorien neuzeitlicher Wissenschaft und Wirklichkeitssicht geredet und gedacht wird, daß hier vielmehr vielfach andere Fragen, andere Kontexte, andere Relevanzkriterien eine Rolle spielen, daß es andere Perspektiven sind, unter denen hier auf Wirklichkeit geachtet und Wirklichkeit verarbeitet wird. Mit der Information über die einzelnen behandelten Sachverhalte verband sich der Versuch, den Leser auf diesen Tatbestand aufmerksam

zu machen und ihm das Sich-Hineindenken in diese eigenen Perspektiven und Horizonte des biblischen und christlichen Redens von Schöpfung zu ermöglichen.¹ In diesem Sinne sollten *nicht nur* einige aufzählbare *Ergebnisse* der beiden Beiträge zur Grundlegung für die nun vor uns stehende Aufgabe dienen, sondern vor allem auch der *Durchgang* durch sie, das Durchgehen und Durchdenken der angeschnittenen Aspekte und Fragen selbst – nicht zuletzt unter der Perspektive, daß wir etwas Abstand gewinnen zu unseren eigenen Fragen, Meinungen und Denkgewohnheiten und sie im Licht dessen, was uns am biblischen Wort und an den kirchlichen Lehrtraditionen fremd ist, neu sehen und einordnen lernen.²

Auf dieser Grundlage wollen wir uns nun dem strittigen Punkt, der Frage nach dem Verhältnis zwischen christlichem Schöpfungsglauben und Evolutionstheorie, nach ihrer Vereinbarkeit oder Unvereinbarkeit zuwenden.

Freilich muß ich hier gleich anmerken, daß mir diese Formulierung des Problems sehr oberflächlich und im Grunde irreführend zu sein scheint – jedenfalls, wenn sie sozusagen als Hauptthema fungieren und die Struktur des gesamten Problemfeldes bestimmen soll. Denn das liefere ja geradlinig auf folgendes Antwortschema hinaus:

- a) Entweder sind beide vereinbar – dann kann der Christ unbeschwert und unbesehen der Evolutionstheorie anhängen (und der Evolutionist ebenso unbeschwert und unbesehen dem Christentum).
- b) Oder sie sind unvereinbar – dann ist entschieden, daß der Mensch sich zwischen beiden entscheiden muß (natürlich bleibt ihm auch die Möglichkeit, beides zu verwerfen).

1 Analog würde wohl auch ein Physiker, wenn er gefragt wird, ob das Elektron denn nun Welle oder Teilchen sei oder ob es die Elementarteilchen denn nun wirklich gebe, keine unmittelbar direkte Antwort auf die Frage geben, sondern zunächst einmal in die Grundlagen physikalischer Begriffs- und Theoriebildung einführen und damit den Verstehenshorizont für eine etwa folgende Antwort eröffnen müssen.

2 Mit dieser Kennzeichnung der Funktion der beiden vorangegangenen Beiträge ist natürlich nicht gesagt, daß jedermann meine Sicht der behandelten Sachverhalte und Zusammenhänge teilen müsse. Gewiß wird mancher mit Grund manches anders sehen, und gewiß bedarf manches an meiner Sicht auch der Korrektur. Insbesondere wird mancher die Frage nach den Grundlagen, nach der Angemessenheit, nach der Zuverlässigkeit und nach etwa notwendigen Korrekturen der historisch-kritischen Bibelwissenschaft stellen, deren Erträge ich verwendet habe. Ich stelle diese Fragen auch und denke – bei aller grundsätzlichen Zustimmung zum historischen Verstehen und Befragen der Texte –, daß hier manches noch einmal von Grund auf neu durchgearbeitet werden muß. Bei allem Wissen um die Begrenztheit meiner Sicht und Erkenntnis meine ich aber doch, daß die von mir angeschnittenen Gegebenheiten, Aspekte und Positionen in unserer Frage bedacht werden müssen und nicht einfach beiseitegeblasen werden können, und daß auch eine begrenzte Sicht die Sache in den Blick zu rücken vermag, auf die sie gerichtet ist.

Im Fall (b) wäre die Antwort wohl noch einigermaßen vertretbar, wenn die Unvereinbarkeit hinreichend streng gefaßt und klar festgestellt wäre³. Dennoch: Die eigentliche Frage ist ja nicht, ob der Mensch sich für eins von beiden und damit gegen das andere entscheiden muß, sondern *wofür* er sich entscheiden soll, wenn er sich auf Wahrheit gründen und nicht einem Irrtum oder Betrug aufsitzen will! Diese Frage aber läge bei der formulierten Problemstellung (Vereinbarkeit/Unvereinbarkeit) völlig außerhalb des Blickfeldes.

Wesentlich unsinniger noch wäre eine solche Begrenzung und Strukturierung des Problems im Fall (a): Soll eine solche Bescheinigung der Vereinbarkeit etwa ein Freibrief sein? Soll ein Christ sich unbesehen die Freiheit nehmen, die Evolutionstheorie zu akzeptieren, bloß weil sie nicht im Widerspruch zu seinen Glaubenssätzen steht?⁴ Oder was sollte ein verantwortlich denkender Wissenschaftler zu dem Angebot sagen, er könne ruhig den christlichen Glauben annehmen, da dieser ja mit seiner Evolutionswissenschaft vereinbar sei? Auch hier bleibt die eigentliche Frage außerhalb des Blickfeldes: die Frage nach der Wahrheit dessen, was man da annimmt.

Sowohl der Christ wie der Wissenschaftler stehen je auf ihre Weise unter dem Ethos der Wahrheitsfrage; die Frage der Vereinbarkeit und Widerspruchsfreiheit ist lediglich ein Teilmoment in diesem Zusammenhang und hat nur so einen wirklichen Sinn.⁵

Freilich entsteht hier eine neue Frage: Wenn ich über die Wahrheit von etwas entscheiden soll, brauche ich Wahrheitskriterien. Was ich für wahr halte und was nicht, entscheidet sich mit an bestimmten inhaltlichen oder methodischen Grundsätzen, die mir sozusagen für das Grundsubstrat der Wahrheit gelten (allgemein oder für einen bestimmten Bereich); wer ein anderes solches Grundsubstrat zugrundelegt, kommt – jedenfalls teilweise –

3 Bei nicht so strenger Fassung bliebe letztlich ungeklärt, ob es sich nur um einen Scheinwiderspruch handelt, der durch entsprechende Neuformulierung beseitigt werden könnte, oder um einen echten Widerspruch.

4 Zu dieser Frage vgl. SCHLATTER Zum Nachdenken [60] (in Grundzügen von mir wiedergegeben in PORTA 30 [61], S.24f) – vgl. das Literaturverzeichnis für alle theologischen Beiträge auf S. 459.

5 Dabei mag man sich daran erinnern, daß ein nicht unwesentlicher Anteil der wissenschaftlichen Arbeit an Begriffen und Konzepten dem Ziel dient, wohlbegründete Ergebnisse, die zunächst im Widerspruch zueinander zu stehen scheinen, so neu zu formulieren, daß die Widersprüche verschwinden! Besonders greifbar ist das etwa in den Umbrüchen der Physik am Anfang unseres Jahrhunderts, aber es ist ein Moment, das sich durch alle wissenschaftliche Arbeit stetig hindurchzieht.

zu anderen Urteilen⁶. Wir vermerken hier diese Problematik, können uns aber nicht ihretwegen auf die reine Vereinbarkeitsfrage zurückziehen.

Wir müssen also die zur Debatte stehende Frage erweitert so formulieren:

- Ist die christliche Schöpfungslehre wahr?
- Ist die Evolutionstheorie wahr?
- Sind beide vereinbar?

Soweit dabei bejahende Antworten herauskämen, könnte es freilich nicht einfach bei einem Statement bleiben, sondern es müßte tiefer in die Sache eingedrungen werden – und dieses tiefere Eindringen ist letztlich bereits für die Beantwortung der obigen „Ob-Fragen“ notwendig:

- Wovon spricht, was sagt und in welchem Zusammenhang steht die christliche Schöpfungslehre? In welchem Sinne ist sie wahr?
- Wovon spricht, was sagt und in welchem Zusammenhang steht die Evolutionstheorie? In welchem Sinne ist sie wahr?
- Wie sind beide sachlich aufeinander bezogen oder zu beziehen?

Mit anderen Worten: Man kann nicht die Frage nach dem Verhältnis zwischen Evolutionstheorie und christlichem Schöpfungsglauben stellen und dabei die Wahrheitsfrage als vorentschieden beiseite lassen. Wer sich ernsthaft auf das Problem einläßt, muß sich noch einmal neu auf die Frage des Inhalts, der Wahrheit und der Grundlagen beider Erkenntniszusammenhänge einlassen.

Nun kann ich natürlich nicht in diesem Beitrag die Gesamtaufgabe lösen, zu der dieser ganze Band einige Anstöße geben soll; sondern ich werde mich darauf beschränken, einige Grundaspekte der Streitfrage von der theologischen Seite aus zu beleuchten. Auch in dieser Beschränkung aber soll der eben umrissene Rahmen gegenwärtig bleiben und die Struktur der Fragestellungen bestimmen.

⁶ Als Beispiele seien angeführt etwa die differierenden erkenntnistheoretischen und ontologischen Grundannahmen von Empirismus einerseits und Rationalismus andererseits oder im Blick auf unser Thema einerseits die Grundannahme „Alle Sätze der Bibel, die nicht klar als übertragene Rede gemeint sind, sind im wörtlichen Sinne wahr“ (wobei dann noch erläutert werden müßte, was „im wörtlichen Sinne wahr“ heißt), andererseits die andere Grundannahme „Alle natürlichen Gegebenheiten müssen durch Zurückführung auf natürliche Ursachen erklärt werden (wobei hier erläutert werden müßte, was unter „Zurückführung“ zu verstehen ist, und in Form eines Kataloges anzugeben wäre, was als „natürliche Gegebenheit“ und als „natürliche Ursache“ zu gelten habe).

2. Die historischen Wurzeln des Problems

Die Frage nach dem Verhältnis von Schöpfungslehre und Evolutionstheorie ist ein Bestandteil jener vielfältigen Fragen- und Auseinandersetzungskette zwischen Wissenschaft und christlichem Glauben, die die Neuzeit durchzieht und bewegt. Diese Kette von Auseinandersetzungen und Fragen wiederum hat ihre festen historischen (wissenschafts-, geistes- und theologiegeschichtlichen) Verwurzelungen. Wir werden unsere spezielle Frage in diesen größeren Zusammenhang hineinstellen und ihre Hintergründe und Umrisse ein Stück weit aus dem historischen Werdegang herausprofilieren, um von da aus die unterschiedlichen Positionen verstehen und die Sachfragen in den entscheidenden Perspektiven sehen und durchdenken zu können. Dabei müssen wir zwei große Züge der Entwicklung des neuzeitlichen Denkens ins Auge fassen: die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Weltansicht und die Herausbildung eines spezifisch historischen Denkens.

2.1 Die naturwissenschaftliche Weltbetrachtung und die neuzeitlichen Wandlungen in den Grundlagen des Weltbildes

Man muß sich einmal klar machen, was die neuzeitliche Entwicklung für das abendländische Christentum bedeutete: Im Mittelalter war der Glaube eingebunden und sozusagen „beheimatet“ in einem Weltbild, das – bei allen Spannungen und Unterschieden verschiedener Denkrichtungen im einzelnen – die Welt als eine überschaubare Einheit verstehen lehrte und in das alle wesentlichen Inhalte christlicher Lehre und Tradition sorgfältig eingebaut waren. *Schöpfung* stellte dabei den göttlichen Akt dar, in dem diese überschaubare Welt gegründet wurde und in dem sie bleibend gegründet war. Und nun wird dieses Gebäude Zug um Zug niedrigerissen und Stück um Stück durch einen Neubau des Weltbildes ersetzt, dessen Grundlagen durch vier einschneidende Neuansätze gekennzeichnet sind:

1. Die neue Wissenschaft macht sich methodisch unabhängig von allen bisherigen metaphysischen Voraussetzungen über die Wirklichkeit – damit entfällt die Vermittlungsbasis, auf deren Grundlage bisher wissenschaftliche Sätze begründetermaßen religiös korrigiert und der christlichen Lehre angepaßt werden konnten; die Wissenschaft wird autonom gegenüber aller religiösen Lehre und wird in dieser Autonomie universal und allein zuständig für die Erkenntnis und Feststellung von Wirklichkeit.
2. Die erkenntnistheoretische Diskussion geht zwar kontrovers zwischen Rationalismus und Empirismus hin und her, aber indem sie sich auf diese Dimensionen (die *Sinne* einerseits und die *Vernunft* andererseits) beschränkt, bewirkt sie insgesamt, daß nur noch solche „natürliche“ Erkenntnis als ernsthaft begründet und begründbar angesehen wird; der

Boden für die Anerkennung eines objektiven Geltungsanspruches „übernatürlicher“ Erkenntnisse schwindet zunehmend.

3. Beide Entwicklungen sind keine unwirksamen Grübeleien über Prinzipienfragen am grünen Tisch, sondern sozusagen die interpretierende und steuernde Begleitmusik zu einer nicht abreißenden Kette neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und Entdeckungen, also zu einem inhaltlichen Erkenntniszuwachs, der den alten Rahmen sprengt und im Verein mit dem methodischen und erkenntnistheoretischen Neuansatz auf gewaltige inhaltliche und strukturelle Umwälzungen der Welterkenntnis und der Weltsicht hindrängt; das tatsächliche Bild der Welt verändert sich in einem ungeahnten Ausmaß.
4. In dem allem wirkt ein neu aufgeflammter grundlegender Impuls, die Welt von einem einheitlichen Ansatz aus als eine homogene Ganzheit gesetzmäßiger mathematischer Zusammenhänge zu begreifen.

Man kann zeigen, wie grundlegende Voraussetzungen dieses Neuansatzes tief im christlichen Schöpfungsglauben verwurzelt und letztlich erst durch ihn ermöglicht sind⁷, wenn auch in enger Verflechtung mit antiken, vor

7 Einige Hinweise zur Illustration:

1. Die *ganze* Welt ist von Gott geschaffen, auch die Materie – darum gibt es exakte Erkenntnis nicht nur von einer metaphysischen Urbildwirklichkeit wie bei PLATON, sondern direkt von der materiellen Wirklichkeit (vgl. v. WEIZÄCKER Tragweite [13], S. 110-111). Darum kann man wissenschaftlich nun auch auf die metaphysische Überwelt verzichten (es sei denn, man sieht die naturwissenschaftlichen Idealisierungen [vgl. v. WEIZÄCKER ebd., S. 107-109] als Analogon zur metaphysischen Überwelt) und die Gesetzmäßigkeit der materiellen Welt direkt durch Messungen erfassen.

2. Der Mensch ist nach Gottes Bild geschaffen – darum entspricht seine Vernunft abbildlich der göttlichen Vernunft und kann darum Gottes Schöpfergedanken erfassen und nachdenken.

3. Die Welt ist von *einem* Schöpfer gemacht – darum kann man nach dem *einen* Plan forschen, nach dem sie geschaffen ist, nach dem einen Zusammenhang aller wissenschaftlichen Wahrheit.

4. Die Schöpfung hat nicht notwendiges Sein, sondern ist mit ihren Gesetzen und Ordnungen durch einen freien Willensakt ins Dasein gerufen – darum könnten diese Gesetze und Ordnungen auch anders sein als sie faktisch sind; man kann sie daher nicht *a priori* aus der bloßen Vernunft ableiten, sondern muß ihre rationale Erfassung und Nachkonstruktion auf empirische Forschung und Feststellung gründen (in angelsächsischen Beiträgen liest man gelegentlich die Bezeichnung „*kontingente Rationalität*“ für diesen Sachverhalt).

Wenn man auf die Verwurzelung des neuzeitlich-wissenschaftlichen Denkens im christlichen Schöpfungsglauben hinweist, muß man freilich zugleich feststellen, daß diese Verwurzelung eklektisch ist und nicht alle Dimensionen biblischer Sicht der Schöpfung aufnimmt; die „negativen“ Seiten bleiben ausgespart: die Hinfalligkeit des Menschen und „allen Fleisches“, die Begrenztheit und Gebrochenheit des menschlichen Erkennens, die sündige Verdorbenheit des Menschen und seiner Gedanken und auch

allem neuplatonischen und stoischen Traditionen⁸. Ja, es wäre gewiß nicht gänzlich verfehlt und durchaus dem Bewußtsein mancher damaliger Zeitgenossen entsprechend, von der neuen Wissenschaft als der Manifestation eines neuen Erschlossenseins der Schöpfungswirklichkeit zu sprechen⁹. Aber dieser Tatbestand hat *de facto* keineswegs ausgereicht, um die Wissenschaft der Neuzeit zu einem „christlichen“ Unternehmen zu machen in dem Sinne, daß wissenschaftliches Bewußtsein und aus der Bibel und der kirchlichen Lehrtradition genährtes Glaubensbewußtsein auf die Dauer eine fraglose Einheit hätten bilden können. Der Hauptstrang der Entwicklung schlug eine andere Richtung ein. Daran tragen gewiß die kirchlichen Abwehrreaktionen ein gut Teil Schuld und auf der anderen Seite manche anti-kirchliche und atheistische Propaganda, die letztlich außerwissenschaftlich motiviert war; aber ebenso gewiß hängt das auch mit sachlichen Problemen im Verhältnis der beiderseitigen Grundlagen zusammen, die bis heute nicht befriedigend geklärt sind.¹⁰

Auch wenn viele der beteiligten Wissenschaftler fest im christlichen Glauben oder in der christlichen Tradition verankert sind, bleibt das letztlich doch eine „persönliche“ und „subjektive“ Sache, die nicht zu hindern vermag, daß auf der umrissenen Basis eine Gesamtentwicklung in Gang kommt, in deren Verlauf zunächst einige einzelne Inhalte der christlichen Tradition als unvereinbar mit den Prinzipien oder Ergebnissen der Wissenschaft negiert werden (die entsprechenden Bibelstellen müsse man eben

die apokalyptische Erfahrung, daß die Wirklichkeit der Welt als Gottes Schöpfung verborgen bleibt hinter den wirklichen und bedrängenden Erfahrungen der Herrschaft des Bösen in der Welt. Einseitig firmiert Gottes Weisheit als das Signum seines Schöpferseins; das biblische Wissen, daß der Mensch auch in den Erfahrungen des Zornes und Gerichtes Gottes und der Rätselhaftigkeit seiner Wege der Souveränität des Schöpfers konfrontiert ist, bekommt für das wissenschaftliche Denken und den mit diesem verbundenen Fortschrittsoptimismus keine systematische Relevanz, sondern meldet sich – auch in seinen säkularen Umformungen des Pessimismus und Nihilismus – nur in außerwissenschaftlichen Strömungen oder im Bereich geisteswissenschaftlicher Arbeit zu Wort.

8 Im Blick auf diese Verflechtung und die Frage, welches Element jeweils das beherrschende ist, müßte man vielleicht einmal die pauschale Betrachtung „der“ wissenschaftlichen Entwicklung auflösen und nach der speziellen Sicht der einzelnen Personen fragen sowie danach, welche verschiedenen Traditionen „wissenschaftlicher Haltung“ und „wissenschaftlichen Denkens“ sich hier abzeichnen, nebeneinander herlaufen, sich ineinander verschlingen und erst zusammen „die“ Gesamtentwicklung ausmachen.

9 Vgl. LEHMANN: Zeitalter [81], S. 152ff; HÜBNER: Theologie Keplers [86], S. 205f

10 Vgl. v. WEIZÄCKER: „Es ist keine Schande und keine Gefährdung, zuzugeben, daß die gedanklichen Probleme zwischen religiöser Wahrheit und modernem Bewußtsein ungelöst sind.“ (Deutlichkeit [65], S. 167). Einige dieser Probleme werden – im Blick auf Kepler – gut herausgearbeitet bei HÜBNER [86], S. 261-306.

„symbolisch“ auslegen bzw. als Anpassung an den primitiven Kenntnisstand der ersten Adressaten verstehen), später dann mehr und mehr die wissenschaftliche Welterkenntnis in prinzipiellem Gegensatz (begründetes Wissen statt unbegründeten „Glaubens“) zu allem überlieferten Glauben gesehen wird. Das ist zwar nur ein Strang der Entwicklung, aber doch ein sehr beherrschender und wirksamer.

So steht die Frage auf, die in immer neuen Schüben die Neuzeit begleitet: ob der Christ die neue Weltsicht akzeptieren könne, ohne seinen Glauben zu verraten – oder umgekehrt: ob für den christlichen Glauben, der im alten Weltbild seinen festen Platz und plausible Grundlagen hatte, in dieser neuen Welt des wissenschaftlichen Zugangs zur Wirklichkeit überhaupt noch Raum und Möglichkeit sei. Wie konnte die Christenheit ihren Glauben festhalten, wenn so viele einzelne seiner Vorstellungsinhalte mit wissenschaftlicher Welterkenntnis kollidierten und vor allem die grundlegenden Inhalte völlig aus dem Rahmen wissenschaftlicher Erkenntnisprinzipien herausfielen und im wissenschaftlich begründeten Weltbild keinen Platz finden konnten? Konnten diese Inhalte dann überhaupt noch als „Wirklichkeit“ gelten?

Zwar hatte die Christenheit von ihren Anfängen an fremde, ihr unannehmbare Wirklichkeitssichten neben sich gehabt und sich mit ihnen auseinandersetzen müssen. Und sie hatte diesen immer wieder klar und entschlossen gegenübertreten und ihnen eine eigene Wirklichkeitssicht vom Glauben aus gegenüberstellen können. Mag man etwa bei Kirchenvätern wie ORIGENES oder AUGUSTIN noch so viele Einflüsse philosophischer Denktraditionen wahrnehmen – man kann ihnen bestimmt nicht nachsagen, sie wären der Meinung gewesen, die Christenheit müßte irgendein außerhalb des Glaubens produziertes Wirklichkeitsbild annehmen. Die Christenheit hatte ihren eigenen Standpunkt und ihre eigenen Grundlagen, von denen aus auch das durchgearbeitet und neu gestaltet wurde, was man an fremden Gedanken übernahm.

Aber gerade die Möglichkeit einer solchen Eigenständigkeit christlicher Wirklichkeitssicht ist in der neuzeitlichen Entwicklung der unüberwindbar problematische Punkt. Der Verbindlichkeits- und Monopolanspruch der Wissenschaft auf die alleinige Kompetenz für die Herstellung und Gewinnung der wahren Wirklichkeitserkenntnis hat solche Überzeugungskraft, daß christliche Eigenständigkeitsansprüche, sofern es sich dabei um die Behauptung von Wirklichkeit und nicht nur um subjektiven Frömmigkeitsvollzug handelt, auch für die Christen selbst immer wieder fragwürdig werden; alle Versuche in Kirche, Theologie oder einzelnen christlichen Gruppen, die eigenen Lehrtraditionen als Wirklichkeitssicht nötigenfalls auch gegen die Wissenschaft, jedenfalls aber unabhängig von ihr in Geltung

zu halten, zerbröckeln immer wieder an dieser Dynamik¹¹. Das liegt zum einen wohl an den methodischen Grundlagen der neuen Wissenschaft und an den erkenntnistheoretischen Umschichtungen im allgemeinen Bewußtsein, zum anderen aber an der Ausgangssituation, die das Mittelalter geschaffen hatte.¹²

Das scholastische Denken des Mittelalters war eine bewußt hergestellte Synthese der christlichen Glaubenstradition mit den Traditionen griechischer Philosophie und Wissenschaft unter der Direktive des Glaubens. Die von den Griechen ausgearbeitete logische Folgerichtigkeit des Denkens bildete zusammen mit einer Reihe prinzipieller Annahmen über die Wirklichkeit die Grundlage und das Kriterium für alle gültige Erkenntnis im „natürlichen“ Bereich (dazu gehören hier auch die geistigen, metaphysischen Grundlagen der Wirklichkeit sowie der menschliche Geist und die menschliche Kultur). Für den Bereich der „übernatürlichen“ Wirklichkeit, das heißt für all das, was mit Gottes Gnade und mit seinen besonderen heilsgeschichtlichen Taten zu tun hat, blieb die Folgerichtigkeit des Denkens zwar grundsätzlich ebenso in Geltung, aber man nahm an, daß dieser Bereich seine eigenen Prinzipien habe und nicht den Prinzipien der Natur unterworfen sei und daß er nicht wie der Bereich der Natur der natürlichen menschlichen Vernunft unmittelbar zugänglich sei, sondern daß menschliche Erkenntnis nur durch Offenbarung einen Zugang zu ihm gewinne.

Dieses *Denkschema* von *Natur und Übernatur* beziehungsweise *Natur und Gnade* machte es möglich, einerseits einen relativ in sich geschlossenen Zusammenhang der Welt als „Natur“ zu denken und in folgerichtigen Erkenntniszusammenhängen zu erfassen, andererseits auch für diejenigen Inhalte und Gegenstände christlicher Glaubenslehre eine Gültigkeitsgrundlage zu haben, die in diesen „natürlichen“ Zusammenhang nicht hineinpaßten und seinen Rahmen sprengten. Sowohl darin, daß man den Gott der Bibel als den Schöpfer der natürlichen wie der übernatürlichen Wirklichkeit sah, wie auch in der Lehre von Urstand und Sündenfall waren beide Wirklichkeitssphären fest miteinander verknüpft. Ein sachlicher Gegensatz oder Widerspruch zwischen ihnen wurde ausgeschlossen durch den Grundsatz:

11 Diese Dynamik eines Monopolanspruchs der Wissenschaft ist bis heute weithin wirksam. Die Bescheidung moderner Theoretiker (etwa HEISENBERG: Physik erstellt kein „Weltbild“, sondern nur ein „Naturbild“) konnte sie nicht wirksam außer Kraft setzen. Gründe dafür dürften etwa darin liegen, daß die wissenschaftlichen Erkenntnisse ja nach wie vor einen „von außen“ nicht anfechtbaren Geltungsanspruch erheben, auch wenn sie nicht mehr den Anspruch erheben, „alles“ zu sein; eine solche Einschränkung in Verbindung mit dem bleibenden Geltungsanspruch könnte nur wirksam sein, wenn zugleich deutlich würde, woher der Mensch denn sonst noch gültige Erkenntnis bekommt.

12 Zum Folgenden vgl. die Ausführungen in meinem vorigen Beitrag, oben S. 372-376.

„Die Gnade hebt die Natur nicht auf, sondern vollendet sie“. In letzter Instanz war die Sphäre des Natürlichen umfaßt und durchdrungen von der Sphäre des Übernatürlichen.

Solange diese Gewichtung vorhielt, mochte das gut gehen. Aber die Erfassung und erkenntnismäßige Durchdringung des Bereichs der „Natur“ ist dabei methodisch zu einer eigenen Domäne geworden, die von der menschlichen Vernunft, unabhängig vom Glauben, bearbeitet wird und für die es unabhängig vom Glauben gültige und verbindliche Regeln und Prinzipien gibt. Und die Heilswirklichkeit war „eingebaut“ in diese Gesamtheit des Wirklichen, ihre Glaubwürdigkeit damit angewiesen auf den positiven Zusammenklang und die Verbindbarkeit mit dem Bild der natürlichen Welt.¹³

Wenn auf diesem Hintergrund nun eine völlig neue Sicht der Wirklichkeit aufkommt, noch dazu eine solche, deren Erkenntnisinteresse allein dem Natürlichen als solchem gilt und die dabei eine systematisch strenge Erkenntnis der Wirklichkeit sucht, auf die Glaubenssätze keinen Einfluß haben, dann muß das zu sehr anderen Konstellationen führen als im kirchlichen Altertum. Hier stehen nicht mehr disparate Bildungstraditionen oder „Schulen“ einander ohne gegenseitige Bindung gegenüber, sondern das christliche Abendland hat eine institutionelle Wissenschaftstradition mit „offiziellem“ Charakter, die sich bei allem Schulstreit als eine verbindliche Einheit und Erkenntnisgemeinschaft versteht; und auch für den Glaubenden ist es in dieser Tradition feste Regel geworden, das Natürliche als einen festen Wirklichkeits- und Erkenntniszusammenhang zu betrachten, der der Vernunft aller Menschen frei zugänglich ist und der auch vom Glaubenden

¹³ Angesichts dieses Sachverhalts mag man ermesen, was es bedeutet, daß LUTHER die Theologie und den Glauben wegfief von aller Bindung an ARISTOTELES, an die Philosophie, an die „Vernunft“: sein Ansatz, daß der Glaube allein auf das Wort Gottes (als gepredigtes, nicht als Fundament eines Weltbildes!) zu hören habe, bedeutet nicht weniger als die Losreißung des Glaubens von den Fesseln dieses Eingeflochtenseins in das Weltbild, ein völliges Sich-Verlassen auf den anredenden Gott als den, der allein die Welt regiert!

Dieser Ruf zur Freiheit steht letztlich noch uneingelöst über der neuzeitlichen Theologie und Kirche. Denn daß es in Theologie und Kirche vielfach am Ernstnehmen der neuzeitlichen Weltbilder (bzw. der in ihnen gefaßten Welterkenntnis!) gemangelt hat, das kann man nicht gut eine Erfüllung dieses Rufes und nicht gut Freiheit nennen! Weder der Versuch, „unabhängig“ von den „natürlichen“ Wahrheiten des Weltbildes einen eigenen Bereich „geistlicher Wahrheiten“ zu etablieren, noch die fröhlich-unbedarfte Meinung, man könne die Wahrheit der Glaubensaussagen kurzerhand in jedes Weltbild „kleiden“ (wie eine Anzieh-Puppe!), kommen dieser Freiheit auch nur entfernt nahe. Vielleicht steckte etwas von ihr in BONHOEFFERS radikalem Ernstnehmen der vom säkularen Weltbild bestimmten Wirklichkeit (vgl. unten Anm. 14), vielleicht auch im Glaubensweg manches Arbeiterpriesters im rückhaltlosen Sich-Hineingeben in die säkulare Arbeitswelt unter dem Auftrag Gottes.

rein „natürlich“ und „vernünftig“ betrachtet werden muß, wenn er recht erfaßt werden soll. Die Geltendmachung einer von Grund auf eigenständigen christlichen Wirklichkeitssicht ohne Bindung an wissenschaftliche Ergebnisse muß hier von vornherein in dem Verdacht stehen, nicht Erkenntnis, sondern Willkür, dogmatische Setzung zu sein, zumal die Offenbarung ja aufgrund der traditionellen Zuordnungen nicht als zuständige Berufungsinstanz für Fragen aus dem Bereich „natürlicher“ Wirklichkeit erscheint.

Die „christliche“ Sicht steht hier nicht frei neben der wissenschaftlichen, sondern die letztere hat sich im christlichen Milieu entwickelt, und sie beansprucht, einen Erkenntnisfortschritt gegenüber der bisherigen Sicht darzustellen – jede christliche Sicht, die auf ihre Eigenständigkeit pocht und unter diesem Vorzeichen überlieferte Wahrheiten aufrechterhalten will, ist darum „überholt“ und überwunden durch die Wissenschaft, die neue, fortgeschrittene und gut begründete Erkenntnis hat und es darum besser weiß.

Aber auch dann, wenn man bereit ist, die Zuständigkeit von Offenbarung und Glaube auf das „Übernatürliche“ zu beschränken und das „Natürliche“ der neuen Wissenschaft zu überlassen, wird man die Probleme nicht los: Wieweit das Festhalten an übernatürlichen Wahrheiten möglich ist, wenn diese nicht mehr mit dem in Geltung stehenden Weltbild zusammenpassen (in einem höheren Sinne als nur dem, ohne offenkundigen Widerspruch „dranflückbar“ zu sein!), das wird ein durch die ganze Neuzeit hindurch ständig wiederkehrendes Problem sein. Und auch die Frage des direkten Widerspruchs läßt sich nicht abschütteln: Das „Übernatürliche“, von dem die Bibel spricht, ist ja nichts rein Jenseitiges, sondern wird im Bereich des „Natürlichen“ wirksam (Wunder!). Eine wirklich „saubere“ Gebietsteilung zwischen Glaube und Wissenschaft gibt es nur um den Preis, das „Übernatürliche“ rein jenseitig zu denken und jede Manifestation eines übernatürlichen Handelns Gottes auf der Ebene natürlicher, wahrnehmbarer Vorgänge zu bestreiten; ist man dazu nicht bereit, gerät man in Konflikt mit dem Allgemeinheitsgrundsatz wissenschaftlichen Denkens: prinzipiell alle gleichartigen Phänomene in den gleichen Ursache-Wirkungszusammenhängen zu sehen und zu erklären.¹⁴

¹⁴ Ein solcher Grundsatz läßt sich zwar bei strenger erkenntniskritischer Reflexion nicht als ontologische Wahrheit begründen: es sei so, daß gleichartige Phänomene stets in gleichartigen Kausalzusammenhängen stehen. Aber als methodisches Prinzip bleibt dieses Postulat gleichwohl grundlegend für alle wissenschaftlichen Verallgemeinerungen (von der Eigenproblematik des Kausalitätsgedankens sehe ich hier einmal ab). Die Behauptung übernatürlicher „Einbrüche“ in den Zusammenhang der Natur muß hier zunächst als Angriff sowohl auf die Autonomie der Natur wie damit auch auf die Verallgemeinerungsmöglichkeiten der Wissenschaft erscheinen. Auch hier bleibt das Pro-

Mit all dem ist ein Weiteres eigentlich schon gesagt: In diesen ganzen Umschichtungen schält sich auf die Dauer zwangsläufig eine grundlegende Umgewichtung der Bewußtseinsinhalte heraus; die naturwissenschaftliche Welterkenntnis gewinnt – trotz allen Widerstandes und aller Selbstbehauptungsversuche kirchlicher Lehre – den Vorrang vor allem anderen. Ihre Autonomie und methodische Unanfechtbarkeit zieht ihre Priorität nach sich. Glaube und Theologie treten demgegenüber ins zweite Glied zurück, bekommen eher den Charakter von etwas „Zusätzlichem“, Fragwürdigem, dessen Inhalte von der Welterkenntnis her begründet und gerechtfertigt werden oder sich zumindest dadurch legitimieren müssen, daß sie der Welterkenntnis nicht widersprechen. Zwar können sich noch lange Zeit mancherlei traditionelle Vorstellungen, die nicht naturwissenschaftlich begründet sind, relativ zwanglos mit einem naturwissenschaftlichen Weltbild verbinden, aber auf die Dauer empfindet das neuzeitliche Bewußtsein dies

blem trotz der modernen Reduktion wissenschaftlicher Ansprüche bis heute wirksam, vgl. oben Anm. 11.

Ein „unproblematisches“ Miteinander und Ineinander von Wissenschaft und biblischem Glauben war stets nur da möglich, wo man die autonome Abschließung der Natur und des erkennenden Menschen aufgab bzw. gar nicht erst anfang, wo man also gewissermaßen hinter das Schema *Natur/Übernatur* zurückging auf die Gründung der ganzen Wirklichkeit im Tun und Willen des Schöpfers und auch die wissenschaftliche Erkenntnis als eine aktuell dargereichte Gabe Gottes verstand. Dies ist immer wieder geschehen, und es schlägt sich z. T. nieder in der Rede von dem *Buch der Natur*, das neben dem *Buch der Offenbarung* auch eine Offenbarung des Schöpfers sei, die man „lesen“ müsse. Aber man muß klar sehen: wo man beides so zusammenhält, da ist die wissenschaftliche Erkenntnis sowohl hinsichtlich ihres Vollzuges wie hinsichtlich ihrer Ergebnisse eingebettet in einen Grundzusammenhang des Lebens und Denkens, der von der Bibel her bestimmt ist, und von diesem Zusammenhang her getragen und durchdrungen. „Autonome“ Wissenschaft auf der Grundlage *etsi Deus non daretur*, wie die spätere Neuzeit sie zum Kanon macht, ist das nicht! Hier gehen also die verschiedenen Wissenschaftsverständnisse der Neuzeit kraß auseinander, auch wenn man gemeinsame Formeln gebraucht und gemeinsame Meßergebnisse hat! Wo das Mathematische und Gesetzmäßige auf sich selbst gestellt und nicht mehr auf den Willen Gottes bezogen wird, da ist die Brücke zu biblischem Glauben zunächst abgeschnitten. Eine neue Verbindung – ohne Erschleichungen! – gibt es dann allenfalls auf zwei Wegen: entweder indem man den Erkenntnisanspruch der Wissenschaft hochgradig relativiert; oder indem man den Weg BONHOEFFERS geht: „Gott als moralische, politische, naturwissenschaftliche Arbeitshypothese ist abgeschafft, überwunden; ebenso aber als philosophische und religiöse Arbeitshypothese (Feuerbach!). Es gehört zur intellektuellen Redlichkeit, diese Arbeitshypothese fallen zu lassen bzw. sie so weitgehend wie irgend möglich auszuschalten. Ein erbaulicher Naturwissenschaftler, Mediziner etc. ist ein Zwitter. [...] Wir können nicht redlich sein, ohne zu erkennen, daß wir in der Welt leben müssen – „etsi deus non daretur“. Und eben dies erkennen wir – vor Gott! Gott selbst zwingt uns zu dieser Erkenntnis“ (Widerstand [93], S. 393f) – ein neues Ergreifen der Verborgenheit Gottes im Sinn apokalyptischen Erkennens!

doch als unzureichend begründet¹⁵ und kommt so zu einer Gesamttenenz, die man in Abwandlung des bekannten Rechtsgrundsatzes kennzeichnen könnte: *in dubio contra traditum* – im Zweifelsfall sind unbegründete traditionelle Vorstellungen fallenzulassen, auch wenn „Spielraum“ für sie da wäre; Unbegründetes glaubt man nicht¹⁶. Und als wirklich begründet erscheint schließlich nur, was sich auf Messung und Berechnung gründen läßt.¹⁷

Damit ist praktisch eine grundlegende Funktion und Kompetenz des Schöpfungsglaubens und der Schöpfungslehre auf die Wissenschaft übergegangen: Diese, nicht mehr eine religiöse oder theologische Lehre, gibt nun die grundlegende Orientierung und Rechenschaft über die elementaren Grundlagen der Weltwirklichkeit und des menschlichen In-der-Welt-Seins. Die Einweisung des Menschen in die Welt, wie sie von Gott geordnet ist, wird nun Sache der Wissenschaft^{18 19}!

¹⁵ Vgl. v. WEIZSÄCKERS schöne Skizze: „Als ich dann von Galilei sprach, sagte ich, der Begriff des Naturgesetzes, der im griechischen Denken nur undeutlich vorhanden war, habe viel größere Überzeugungskraft durch den christlichen Schöpfungsbegriff gewonnen. So möchte ich ihn als ein Geschenk des Christentums an das neuzeitliche Denken bezeichnen. Jetzt sehen wir, wie dieses ererbte Geschenk gegen die Religion gewendet wird, der es zu verdanken ist. Und dieser Mord am eigenen Vorfahr mit der von ihm ererbten Waffe geschieht mit der fortschreitenden Zeit in immer naiverer Weise. Kepler war ein aufrichtiger Christ, der Gott in der mathematischen Ordnung der Welt anbetete. Auch Galilei und noch mehr Newton, der ein religiöserer Mensch war, waren überzeugte Christen, die Gottes Werk in der Schöpfung studierten. Aber während Galilei noch sein Recht verteidigen mußte, Gottes Größe auch im Buch der Natur zu lesen, mußte Newton schon seine Auffassung verteidigen, die Natur sei überhaupt ein von Gott geschriebenes Buch. Heutige Wissenschaftler können sich unter einer religiösen Deutung der Naturgesetze höchstens eine hinzugebrachte Privatmeinung des eigenen Denkens vorstellen, vermutlich mythischen Charakters, und ganz gewiß ohne jeden logisch zwingenden Zusammenhang mit dem Begriff des Naturgesetzes selbst. Kein guter Wille und kein religiöser Eifer kann diese Entwicklung rückgängig machen.“ (Tragweite [13], S. 127f).

¹⁶ Vgl. DESCARTES' methodischen Zweifel und die Rolle, die der Satz vom zureichenden Grunde in LEIBNIZ' Philosophie spielt (MITTELSTRASS [88], S. 824f); ferner die skeptische Haltung, mit der die frühe Neuzeit dem geschichtlichen Wissen gegenübersteht (SCHOLTZ [99], Sp. 355).

¹⁷ Für den Rationalismus war die Messung zunächst noch nicht so wichtig wie die Berechenbarkeit und Folgerichtigkeit; für DESCARTES etwa war die Wahrheit einer Idee verbürgt, wenn sie sich „klar und deutlich“ im Geist erfassen ließ. In Begriff und Sache der Messung laufen drei Grundpostulate neuzeitlicher Wissenschaft zusammen: Rationalität (Maßsystem!), empirische Feststellung (messende Erfassung) und operationale Verfügbarkeit der Feststellungen (Meßvorschriften als Handlungsanweisungen).

¹⁸ Eine parallele Funktion für die Welt als geschichtliche Welt kann man in GIAMBATTISTA VICOS (1668-1744) *Neuer Wissenschaft* sehen; vgl. LÖWITZ: Weltgeschichte [102], S. 109-128. VICO ist übrigens der Meinung, daß, da alles wirkliche Wissen ein Wissen

Dementsprechend wird es nun auch Sache der Wissenschaft, der Frage nach dem Anfang der Welt nachzuforschen; schon GALILEI macht sich im Zuge seiner Überlegungen, wie die Grundlagen der kosmischen Bewegungen zu verstehen seien, – freilich noch recht beiläufig – Gedanken darüber, wie die Planeten wohl in ihre Bahn gekommen sein mögen²⁰; und sein jüngerer Zeitgenosse DESCARTES entwirft ein geschlossenes Konzept, wie die Entstehung des Planetensystems auf natürlichem Wege zu denken sei²¹.

Man könnte auch etwas zurückhaltender formulieren: Die Wissenschaft hat eine Teilaufgabe und einen Teilaspekt der Schöpfungslehre übernommen, nämlich deren inhaltliche Füllung und Gestaltung nach der Seite der Aussagen über die sichtbare Weltwirklichkeit hin, und insoweit ist sie *beteiligt* an der Aufgabe der Schöpfungslehre, den Menschen in die Welt einzuweisen. Das würde dann ein höchst positives Zusammenwirken in gemeinsamer Arbeit und wechselseitiger Ergänzung zwischen der Theologie und den anderen Wissenschaften bedeuten, wie es im Lauf der neuzeitlichen Geschichte wohl auch immer wieder einmal aufscheint.

Freilich hätten dazu sowohl die Theologie und kirchliche Lehre wie auch die „profanen“ Wissenschaften ihre gegenseitigen Abschirmungen und Einkapselungen preisgeben müssen²². Stattdessen gab es die bekannten Kämpfe zwischen beiden Seiten um Autonomie und Vormacht und als deren Ergebnis die Unterlegenheit (und z. T. auch Kapitulation) der Theologie. Insofern muß es bei der ersten, härteren Formulierung bleiben: Die Theologie und die kirchliche Lehre hat eine wesentliche Teilfunktion ihrer Schöpfungslehre an die empirischen Wissenschaften verloren.

von den Ursachen ist, der Mensch nur von der geschichtlichen Welt ein sicheres Wissen haben kann, die ja von Menschen gemacht ist – und keineswegs von der Natur, die er nicht gemacht hat.

¹⁹ Hat die Wissenschaft einmal die Aufgabe der Einweisung des Menschen in die Welt in diesem Sinne übernommen, so wird es nicht ausbleiben, daß eine „atheistische“ Wissenschaft (im Sinne des *methodischen Atheismus*) zur Einweisung in eine Welt ohne Gott wird! Denn auch der methodische Atheismus zeigt dann – durch seine Durchführbarkeit – ein Merkmal der Welt, „wie sie wirklich ist“. Wo man diesem Trend widersteht, muß dann dennoch das in „Personalunion“ zusammengehaltene religiöse und wissenschaftliche Denken der Sache nach auseinanderfallen und letztlich unverbunden bleiben, weil die wissenschaftlichen Kategorien sich aufgrund ihres Verwachsenseins mit dem methodischen Atheismus gegenüber einer sachlichen Verbindung spröde verhalten – und was die Sicht der „Wirklichkeit“ angeht, muß dabei natürlich das wissenschaftliche Denken dominieren.

²⁰ GALILEI: Dialog über die Weltsysteme, in [85], S. 148

²¹ Vgl. HUND: Geschichte [82], Teil 1, S.107 ; v. WEIZSÄCKER: Tragweite [13], S. 119-123

²² Einige neuralgische Punkte, die bei einer solchen gegenseitigen Öffnung unausweichlich zur Diskussion stehen, wurden oben schon berührt; vgl. bes. die Anmerkungen 7, 13, 14 u. 15.

Auch und gerade im Blick auf die Schöpfung treten also Glaube und Theologie ins zweite Glied zurück²³. Für eine religiöse Schöpfungslehre bleiben lediglich Funktionen, die den Stempel dieses sekundären Charakters an sich tragen:

- Entweder sie dient dazu, den – traditionellen und subjektiven – Glauben an Gott mit der – objektiven – Weltsicht der Wissenschaft zu verklammern, also eine Brückenfunktion wahrzunehmen;
- oder sie dient dazu, den Glauben an Gott von der wissenschaftlichen Weltsicht her zu begründen – und ihn natürlich auch von da her zu formen („natürliche Theologie“);
- oder sie dient gewissermaßen als religiöser Anstrich der Welt bzw. als religiöse Vertiefung der – wissenschaftlich vorgeformten – Weltsicht, als eine Brücke vom objektiven Wissen über die Welt zu den persönlichen Dimensionen des Lebens in der Welt;
- oder aber sie gehört zur religiösen Hälfte der fein säuberlich getrennten Gedanken eines Menschen.

Und wo man das alles nicht will und die Eigenständigkeit und die Grundlagenbedeutung christlicher Schöpfungslehre beibehält, da gerät das – jedenfalls seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts – zu einer Sonder-Weltsicht, die sich im Ghetto kirchlicher oder frommer Kreise etabliert, aber nicht mehr an die Kreisläufe der großen Gedanken und der allgemeinen Wirklichkeitssicht und -erfahrung angeschlossen ist.

Wo sich ein anderes Bild zeigt, eine fundamentale Durchdringung der neuen Welterkenntnisse von einem elementaren, lebendigen und auf die Heilswirklichkeit bezogenen Schöpfungsglauben aus, wie etwa in der Tradition der *Physiko-Theologie*²⁴, da hängt das stark mit einer teleologischen und auch symbolischen Betrachtung der erforschten Naturphänomene zusammen – mit Aspekten also, die der Trend der naturwissenschaftlichen Entwicklung gerade von sich abstößt. Zwar ist die Begeisterung der frühen Neuzeit für eine mechanistische Weltsicht keineswegs von vornherein atheistisch gestimmt; vielmehr sieht man in der Perfektion des Mechanis-

²³ Zugleich führt das zu einer Veränderung im Verhältnis von Schöpfungsglaube und Heilsglaube: War einmal der Schöpfungsglaube ein Element des Heilsglaubens als eines Ganzen, so bekommt er nun dem Heilsglauben gegenüber gewissermaßen eine „weltbildliche“ Priorität. Der – selbst in den Rahmen des wissenschaftlichen Weltbildes gespannte – Schöpfungsglaube wird zum maßgeblichen Rahmen, von dem aus selektiert wird, was noch als akzeptable Vorstellung des Heilsglaubens gelten darf. Es entsteht also eine dreistufige Hierarchie: Wissenschaft, Schöpfungsglaube, Heilsglaube, und damit eine Weichenstellung hin zur „Religion innerhalb der Grenzen der bloßen Vernunft“ (KANT).

²⁴ Siehe PHILIPP: Physikotheologie [89], Sp. 214f.; ders.: Das Werden [90]

mus eine Manifestation der Weisheit des Schöpfers (insofern schließt also – nebenbei bemerkt – hier die mechanistische Betrachtung die teleologische keineswegs von vorneherein aus). Aber in dem Maß, als dabei der Mechanismus methodisch und sachlich auf sich selbst gestellt wird, wird er zur unverrückbaren Vorgabe, durch die das Bild von Gott und seinem Handeln letztlich in logischer Konsequenz auf zwei alternative Möglichkeiten festgelegt wird: auf den Deismus einerseits – der „Uhrmachergott“, der einmal die Welt als perfekte ins Dasein rief und sie seither nach den in sie hineingeschaffenen Gesetzen ablaufen läßt, ohne wieder in sie einzugreifen –, und auf den Pantheismus andererseits – Gott als die der Welt ewig innewohnende Kraft, aus der sie unaufhörlich ihr Dasein, ihr Leben und ihre Gestaltungen bezieht, auch hier nach den ihr beziehungsweise dieser Weltkraft innewohnenden unverbrüchlichen Gesetzen.

Was speziell den Schöpfungsgedanken angeht, so könnte man also durchaus sagen, daß das mechanistische Weltbild primär sehr eng mit ihm verflochten und in gewisser Weise auf ihn gegründet ist. In ähnlicher Weise bleibt der Schöpfungsgedanke auch auf anderen Gebieten lange mit wissenschaftlichen Theorien verflochten und insofern mit dem Ansehen einer intersubjektiven Geltung ausgestattet. Erst in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts wird er endgültig aus dem Raum der Wissenschaft ausgewiesen. Diesen sukzessiven Prozeß kann man auf drei Ebenen verfolgen:

Zunächst ist da die Ebene, auf der sich die wissenschaftliche Forschung und Erkenntnis unmittelbar abspielt, auf der die fortschreitenden Theorien einander ablösen. Es ist eigenartig zu sehen, wie sich hier mehrfach immer wieder der gleiche Prozeß abspielt: Der Schöpfungsgedanke macht sich an einer bestimmten Theorie fest, diese wird durch eine andere abgelöst, die bisher Unerklärtes „natürlich“ erklärt oder kontingent Hingenommenes in natürliche Prozesse umsetzt, und der Schöpfungsgedanke wird an der betreffenden Stelle überflüssig.

- RICHARD BENTLEY wertet die unerklärten Anfangsbedingungen von NEWTONS Theorie der Planetenbewegung theologisch aus: In ihnen wird greifbar, daß das Planetensystem seine Entstehung dem Plan eines intelligenten Schöpfers verdanke – ein gutes Jahrhundert später kann LAPLACE auf NAPOLEONS Frage, wo in seiner Theorie des Planetensystems Gott vorkomme, antworten: „Ich hatte diese Hypothese nicht nötig“.
- In der biologischen Betrachtung der Ontogenese verbindet sich der Schöpfungsgedanke mit dem präformistischen Konzept des siebzehnten und achtzehnten Jahrhunderts: Die Ontogenese ist nichts als eine „Entwicklung“ des Wesens, das im Keim bereits fertig vorgeformt war, der Keim wiederum war bereits *en miniature* fertig im Keim der vorangehen-

den Generationen enthalten und so weiter – so ging sozusagen im „Schachtelsystem“ jedes Individuum aller Generationen am Anfang der Welt direkt aus Gottes Schöpferhand hervor; und dann wird am Ende des achtzehnten Jahrhunderts diese Theorie überholt durch die Beobachtung, daß in der Ontogenese ein sukzessiver Aufbau der Merkmale erfolgt (*Epigenesis*), nicht nur eine „Entfaltung“ des mit allen Merkmalen fertig ausgestatteten Wesens.

- Im Grenzbereich von Geologie und Biologie verbindet CUVIER den Schöpfungsgedanken mit seiner Katastrophentheorie (nach jeder Sintflutkatastrophe eine neue Erschaffung des Lebens) – und dann wird dieses Konzept abgelöst durch die Geologie LYELLS und seiner Nachfolger.
- Nach all diesen Terrainverlusten bleibt eine letzte Bastion: die Erschaffung des Lebens in seiner Artenvielfalt – und dann kommt DARWIN und bietet einen Gedankengang und eine Fülle von Beobachtungen, durch die er die Entstehung der Artenvielfalt in einem „natürlichen“ Prozeß plausibel machen kann.

Die *zweite* Linie der Zurückdrängung des Schöpfungsgedankens aus dem Reich der Wissenschaft spielt sich auf der erkenntnistheoretischen Ebene ab: Nachdem schon mehrfach vorher – zum Beispiel von FRANCIS BACON und von THOMAS HOBBS – eine scharfe Trennung von Glauben und Wissen geltend gemacht und die These aufgestellt worden war, daß man Gott nicht durch Wissen, sondern nur durch den Glauben erfassen könne, führt IMMANUEL KANT die Gestaltung unserer Erfahrungserkenntnis auf apriorische Strukturen zurück, die der menschlichen Wahrnehmung und Vernunft innewohnen und alle Erfahrung formen: Damit werden die von uns erkannten Naturgesetze in erster Instanz eine Funktion der Organisation des menschlichen Erkenntnisvermögens – dem Gedanken, daß die Welt „an sich“ so geordnet sei und sich in dieser Ordnung die Weisheit des Schöpfers spiegele, wird so der Boden entzogen; der Mensch bleibt mit seiner Erkenntnis bei sich selbst. Der *Positivismus* des neunzehnten Jahrhunderts wendet sich schließlich mit durchschlagendem Erfolg gegen alle Verbindung „spekulativer“ Anschauungen mit dem Beobachteten; die Wissenschaft soll ausschließlich aus dem „Gegebenen“ aufgebaut werden – aus den Daten, die man eindeutig feststellen kann.

Als *dritte* Ebene kommt die metaphysische hinzu: das Einmünden des Szientismus in eine materialistische Weltanschauung um die Mitte des letzten Jahrhunderts. Auch das wird als ein Schlag gegen den Schöpfungsgedanken verstanden, nachdem dieser so stark mit „geistiger“ Wirklichkeit verknüpft war, mit dem Plan, der Intelligenz und Weisheit eines Schöpfers, dessen Gedanken in der abendländischen Tradition ja schon immer wieder

in Analogie zur geistigen Wirklichkeit der platonischen Ideenwelt gesehen worden waren. DARWINs Evolutionstheorie war dem Materialismus ein willkommenes Argument und sicher ein wichtiger Faktor für seinen massiven Erfolg²⁵: die Welt ist ohne Gott zu erklären – die ewige Materie braucht keinen Schöpfer, noch nicht einmal für die Vielfalt des Lebens, die sie aus sich heraus hervorbringt. Und auch HAECKELs pantheistischer „Monismus“ liegt letztlich auf dieser Linie.

Blickt man auf diesen Gang der Dinge zurück, so kommen Fragen: Waren die jeweiligen überholten wissenschaftlichen Konzepte, mit denen der Schöpfungsglaube sich verbunden hatte, wirklich so speziell und mehr als andere geeignet, mit ihm verbunden zu werden? Warum blieb bei ihrer Ablösung der Schöpfungsgedanke an ihnen kleben, statt mit den neuen Erkenntnissen verbunden zu werden? Warum konnte das Wissen besonnener Wissenschaftler, daß die materialistische Welt- und Wissenschaftsdeutung nicht zwingend ist, faktisch die Verbreitung und weitgehende Durchsetzung der materialistischen Sicht nicht aufhalten? Diese Fragen sind kein Lamento, sondern drängen auf sachliche Untersuchung und Beantwortung. Die Entwicklung ist faktisch so gelaufen und muß als Faktum akzeptiert und ernstgenommen werden. Und darum ist zu fragen, welche Kräfte und was für eine Logik in ihr wirksam sind und was sie bedeutet.

Dies mag genügen. Ich denke, die Frage, vor die die Christenheit mit ihrer Schöpfungslehre nicht nur angesichts des Endpunktes dieser Reihe, sondern angesichts dieser ganzen Entwicklung selbst gestellt ist, ist damit hinreichend deutlich angerissen, und das Gewicht dieser Frage dürfte ebenfalls deutlich sein.

Wir wenden uns nun dem anderen Strang neuzeitlicher Entwicklung des Denkens zu.

2.2 Die Herausbildung eines spezifischen „historischen Denkens“

Dieser Prozeß ist für unser Problem in zweifacher Weise, gewissermaßen in zwei Stufen, von Bedeutung: Einmal als ein allgemeiner Vorgang, in dem neue Fragestellungen zum Zuge kommen und sowohl auf die Gestalt der Geschichtsschreibung wie auf das naturwissenschaftliche Denken Einfluß nehmen; zum anderen als ein spezifischer Prozeß der Neugestaltung des Umgangs mit Geschichte und mit den geistigen Traditionen, der zur Etablierung der „Geisteswissenschaften“ und ihrer Entgegensetzung gegen naturwissenschaftliche Betrachtungsweisen führt und mit dem die Wandlungen des Umgangs mit der Bibel in der Theologie eng verflochten sind.

²⁵ Vgl. ZIEGLER: Geistige Strömungen [92], S. 271-293; zum Ganzen auch ELERT: Kampf [91], S. 140-257.

In der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts beginnt sich ein Denken durchzusetzen, das sich nicht mehr mit der bloßen Aneinanderreihung oder didaktischen Systematisierung des Wissensstoffes begnügt und dem letztlich auch eine zeitlose Erfassung des Weltgefüges wie im mechanistischen Weltbild nicht mehr genügt, das vielmehr genetisch fragt und den jetzigen Zustand der Dinge aus vorangehenden Zuständen herleiten möchte. Für die Geschichtsschreibung bedeutet das, daß sie Geschichte als einen natürlichen Geschehenszusammenhang von Ursache und Wirkung erfassen, das Geschehene, das sie darstellt, also durch Zurückführung auf seine Ursachen erklären soll. Für die Naturwissenschaft heißt es, daß man zunehmend versucht, nicht nur den gegenwärtigen Zustand der Natur und die in ihm wirkenden Gesetze zu erfassen, sondern sich auch ein „historisches“ Bild von der zeitlichen Aufeinanderfolge der natürlichen Gegebenheiten im großen zu machen, und zwar durch Rückschluß anhand der gegenwärtig geltenden und erkannten Naturgesetze²⁶. IMMANUEL KANT hat hier sowohl die methodische Regel formuliert²⁷ wie auch den Gedanken von der Verwandtschaft aller Lebewesen und ihrer sukzessiven Entwicklung aus der unbelebten Materie zu immer höher organisierten Formen als ein mögliches Forschungsprogramm perfekt vorweggenommen²⁸. Die Entwicklung läuft also – gegen mancherlei Widerstände – von hier aus folgerichtig zu DARWIN hin. Wenn man die gegenwärtigen Auseinandersetzungen um die Evolutionstheorie betrachtet, so erscheint der Gedanke naheliegend und gut begründet, daß es in wissenschaftlicher Hinsicht dabei – unter anderem – um eine erneute Aufrollung dieser hier angelegten Weichenstellung geht, um die Frage also, ob man in dieser Weise die Naturgesetze ins Historische wenden und als die gestaltenden Kräfte ansehen dürfe, auf die das Zustandekommen der gegenwärtigen Gestalt der Welt zurückgeführt werden kann. Für die speziellen Wandlungen im Umgang mit der Geschichte und Tradition ist – in äußerst grober Skizze, auf die wir uns hier der Kürze halber beschränken müssen – an zwei einander in gewisser Weise entgegengesetzte Ströme zu erinnern, die sich aber letztlich miteinander verflechten und in gemeinsamer Wirkung das geschichtliche Denken hervorbringen.

Der *erste* dieser beiden Ströme fließt aus dem mit dem neuzeitlichen Vernunft- und Wissenschaftsbewußtsein verbundenen Fortschrittsbewußtsein. Zunächst bedeutet das vor allem das Überlegenheitsbewußtsein der Gegenwart gegenüber den Überlieferungen aus der Vergangenheit: Sie werden –

26 Zum Ganzen dieses Neuorientierungsprozesses vgl. LEPENIES: Ende [95]

27 KANT Gebrauch [96], S. 41; vgl. im weiteren Zusammenhang KANTS Ausführungen in: Kritik der Urteilskraft [97], A 301-306 (B 304-310).

28 KANT: KdU [97], A 362-369 (B 366-373)

sowohl hinsichtlich der Vorstellungen von berichtetem Geschehen wie auch hinsichtlich gedanklicher und geistiger Gehalte – nach den Maßstäben der Vernunft einer Kritik unterzogen. Einen Schritt weiter finden wir LESSINGS *Erziehung des Menschengeschlechts*: Ziel und Maß aller Dinge bleibt zwar auch hier die Vernunft, aber auf dem Weg zu diesem Ziel haben auch die Schritte der Vergangenheit ihre Bedeutung und Notwendigkeit und sind nicht einfach abzuwerten, auch wenn sie inzwischen überholt sein mögen. Noch stärker sieht Hegel die Geschichte als den in vernünftigen Schritten vor sich gehenden Prozeß der Selbstrealisierung der Vernunft bzw. des Geistes.

Der *andere* Strom hat seinen wirksamen Quellpunkt bei J. G. HERDER, der gegen dieses Fortschrittsdenken und gegen die daraus resultierende Abwertung des Vergangenen opponierte und das Eigenrecht jeder Epoche und geschichtlichen Gestaltung gewahrt sehen wollte. Hier geht es also um die Wertschätzung des Individuellen in seiner Individualität, um die Erfassung des Reichtums und der Fülle der historischen Ausgestaltungen menschlichen Lebens; jede von ihnen soll der Historiker von innen heraus, aus ihren eigenen Grundlagen, verstehen und zu ihrem Recht kommen lassen.

Beide Ströme zusammen erschließen die Geschichte als ein unermeßliches Arbeitsfeld, das im neunzehnten Jahrhundert intensiv beackert wurde und wesentlichen Einfluß auf das Denken der Zeit hatte. Es gilt, die Überlieferungen kritisch zu prüfen, sich durch kritische Rekonstruktion die Ereigniszusammenhänge in ihrem wahren Verlauf vor Augen zu stellen – und sich in den Reichtum vergangenen Lebens zu vertiefen. Da dabei aber jede der vergangenen Lebensgestaltungen in ihrem Eigenrecht geachtet werden soll, entsteht gerade aus dieser Hochschätzung der Geschichte die Wahrnehmung der geschichtlichen Relativität und Bedingtheit aller menschlichen Lebensgestaltungen und Lebensinhalte, die gegen Ende des Jahrhunderts zum Problem wird, zum „Historismusproblem“: Was für frühere Zeiten gültig war, ist nicht ohne weiteres auch für uns gültig – wie finden wir das, was für uns gültig ist?

2.3 *Die Wandlungen im Verständnis der Offenbarung und im Verhältnis zur Bibel*

Die skizzierten Umwälzungen im Denken der Neuzeit konnten das Verständnis der Offenbarung und das Verhältnis zur Bibel nicht unberührt lassen. Wir sahen bereits, wie die Etablierung autonomer Realwissenschaften im nachmittelalterlichen Kontext zu einer Herausforderung an die Autonomie und Eigenständigkeit der christlichen Offenbarungswahrheit wird: Die überlieferte (!) Offenbarungswahrheit hatte zwar auch im Mittelalter nicht allein das Sagen gehabt, sondern im Bereich des Natürlichen die Philo-

sophie- und Wissenschaftstradition der griechischen Antike als andere Autorität neben sich gehabt, aber sie hatte dabei doch in allen Bereichen grundsätzlich den Primat und das Recht zum Einspruch, insoweit also eine uneingeschränkte Kompetenz, dem Menschen in Bezug auf sein Leben und auf die Wirklichkeit die grundlegende Orientierung zu geben; nun tritt eine Wissenschaft neben sie, die der Offenbarungswahrheit zunächst noch einen wertmäßigen Primat zuerkennt, aber keinen legislativen Primat und kein Einspruchsrecht mehr für den Bereich der wissenschaftlichen Erkenntnis. Das bedeutet insoweit eine grundsätzliche Kompetenzbeschränkung der Offenbarungswahrheit und damit eine Beschränkung ihres absoluten Autoritätsanspruchs; das darin beschlossene Problem prägt durchdringend die Glaubenssituation und die Theologiegeschichte der Neuzeit und ist bis zur Gegenwart letztlich unbewältigt; es konzentriert sich – neben anderen Schwerpunkten – immer wieder in heftigen Auseinandersetzungen um die Autorität und das Verständnis der Bibel.

Der Ansatzpunkt dieser Auseinandersetzung liegt grundsätzlich in dem Sachverhalt, daß die Offenbarungswahrheit – sowohl in der Gestalt des biblischen Wortes wie in der Gestalt kirchlicher Lehrentscheidungen – durch Texte repräsentiert wird, und daß Texte der Auslegung fähig und auch bedürftig sind, und das umso mehr, wenn man ihnen das rechte Verständnis der Offenbarungswahrheit entnehmen will. Dementsprechend ist zugleich auch alle behauptete Offenbarungswahrheit eine (so oder so) „verstandene“ Offenbarungswahrheit, die daraufhin geprüft werden kann, ob sie richtig verstanden ist²⁹. Mit anderen Worten: Christlicher Glaube findet zwar eindeutig seine Grundlagen in der Bibel – aber deren Auslegung kann inhaltlich und methodisch umstritten sein. So kann man, wenn neue Erkenntnisse mit der Bibel (wie man sie bisher verstanden hat!) nicht zusammenpassen, die Frage stellen, ob die Bibel hier nicht falsch ausgelegt und verstanden war und ob nicht eine neue und bessere Auslegung ein wahreres Verständnis der Schrift zutage fördert, das mit der neuen Erkenntnis zusammenpaßt.³⁰

²⁹ Die Frage, ob und inwiefern ein solchermaßen „intellektuelles“ Verständnis dessen, was Offenbarungswahrheit ihrer Art nach sei (nämlich der sachliche Gehalt feststellender Aussagesätze), zu Recht besteht, muß ich hier beiseite lassen; denn historisch wird die Entwicklung von einem solchen Verständnis bestimmt, auch da, wo man sich gegen dieses wendet. Das entspricht im übrigen in gewisser Weise der Sache, die zur Verhandlung steht: der Frage nach dem inhaltlichen Wahrheitsgehalt der Offenbarung und nach seinem Verhältnis zur wissenschaftlichen Wahrheit.

³⁰ Wie schwer es ist, in Auseinandersetzungen um solche neuen Auslegungsversuche Eindeutigkeit und Klarheit zwischen den Parteien zu erreichen über die Kriterien des rechten Verständnisses von Bibel und Offenbarungswahrheit, wird in etwa deutlich, wenn man sich klarmacht, daß bei jedem Menschen das Verstehen der biblischen Worte

Kirchliche Lehrentscheidungen engen – solange und soweit sie als verbindlich anerkannt werden! – diesen Auslegungsspielraum zwar ein, aber sie betreffen zunächst nicht unmittelbar die Fragen, die durch die neue Wissenschaft aufgeworfen werden. Im protestantischen Raum kommt dazu, daß die kirchlichen Lehrentscheidungen grundsätzlich jederzeit einer Überprüfung an der Bibel anheimgegeben werden; sie können insofern also hier nicht in eigener Autorität einem im Bibeltext begründeten neuen Verständnis des Bibelwortes entgegengesetzt werden, beziehungsweise es kann vom Bibeltext her gegen sie argumentiert werden.

Sowohl GALILEI wie KEPLER sind fest davon überzeugt, daß es zwischen der – unzweifelhaft wahren – kopernikanischen Weltsicht und der christlichen Offenbarungswahrheit keinen Widerspruch geben kann; sind doch das *Bibelbuch* und das *Buch der Natur* Offenbarungen desselben Gottes. Diese Überzeugung müssen sie verteidigen gegen die ihnen entgegengehaltenen Bibelstellen, die ganz eindeutig geozentrisch reden. GALILEI tut das mit dem allgemeinen Argument, daß man ja auch sonst die Bibel nicht überall wört-

unausweichlich verflochten ist mit dem, was er sonst an Kenntnissen und Meinungen über Gott und die Welt hat: Der Streitgegenstand „wahres Verständnis des Bibelwortes“ läßt sich darum gar nicht rein isolieren, sondern im Streit darüber spielt sich zugleich – oder gar primär – eine Auseinandersetzung zwischen anderweitigen vorgefaßten oder neugefaßten Meinungen ab, die in das je eigene Verständnis des Bibelwortes ungefragt und unvermeidlich mit eingehen. So kann es sein, daß jede Partei an der anderen nur den fremden Verstehensrahmen wahrnimmt, der sich mit dem, was man selbst von der Bibel verstanden hat, nicht zusammenreimen läßt, und daß keine der Parteien die Möglichkeit findet, die Auslegung der anderen als wahres oder gar besseres Verständnis zu erkennen. Erschwerend wirkt es in solchen Situationen, wenn die eigentliche Intention der Bemühung letztlich gar nicht darin liegt, ein tieferes Verstehen des in seiner Auslegung umstrittenen Bibelwortes zu finden, sondern darauf geht, das biblische Recht des je eigenen Verstehensrahmens zu erweisen. Wurde etwa im Streit zwischen Aristotelikern und Kopernikanern um das Verständnis der umstrittenen Bibelworte ein tieferes Eindringen in die Schriftwahrheit gesucht? KEPLER wird man einen solchen Ernst seiner Bemühungen wohl nicht absprechen dürfen – aber war das Gesamtergebnis mehr als nur die Durchsetzung eines neuen (später „zeitgemäßeren“) Verstehensrahmens gegen einen alten? Wie notwendig diese Durchsetzung auch immer war – die bis heute immer wieder neu aufflammenden Probleme und Konflikte um Glaube und Wissenschaft signalisieren, daß man nicht ohne weiteres sagen kann, das neue Weltkonzept sei der Bibel angemessener als das alte und bilde daher einen besseren Verstehensrahmen, sondern daß man eher sagen muß: die Weltsicht und Welterkenntnis hat sich geändert, und darum mußte auch die Auslegung der Bibel sich auf diesen neuen Rahmen einstellen! Umgekehrt: War die Sicht der Aristoteliker so durch und durch biblisch, daß ihr Entgegenstemmen gegen die neue Sicht wirklich als ein angemessener Einsatz für die Autorität der Bibel gelten kann? Niemand wird das heute behaupten wollen. Das althergebrachte Verständnis ist ja nicht als solches schon besser als die neue „Umdeutung“ – die ja vielleicht nur aufgrund der alten Denkgewohnheiten als eine solche erscheint!

lich nehmen dürfe, da man ihr sonst Widersprüche und selbst gotteslästerliche Äußerungen zuschreiben müsse; oft liege der wahre Sinn ihrer Worte tiefer und verborgener. Dazu greift er auf die keineswegs von ihm erfundene, sondern in der Theologie längst gängige Anschauung zurück, daß die biblischen Autoren ihre Redeweise den Anschauungen des einfachen Volkes angepaßt haben. Im übrigen überläßt er es den Theologen vom Fach, die richtige Auslegung zu finden, die mit KOPERNIKUS zusammenstimmt.

KEPLER – selbst studierter evangelischer Theologe – gibt schärfere Konturen: Er verweist auf die bleibende Geltung der Redeweisen, die dem Augenschein entsprechen („die Sonne geht auf“ usw.), und zeigt an Texten, wie die biblischen Autoren oft in solcher Weise sprechen und es unsinnig wäre, sie da in einem höheren Sinne „wörtlich“ zu nehmen; hier wie überhaupt sind die Worte nach der Intention der Autoren auszulegen – und das heißt im Blick aufs Ganze der Bibel: sie wollen gar nicht Kosmologie lehren, sondern Heilswahrheiten darbieten; darum können sie gar nicht mit der Kosmologie in Konflikt geraten. Einzig das Schöpfungskapitel betrifft doch die Kosmologie, seine Intention wird aber dahingehend zusammengefaßt, daß es vom übernatürlichen Ursprung der Dinge handle.

Bei allem Ernst und aller Qualität von KEPLERS Auslegungsarbeit und Auslegungsgrundsätzen bleibt doch deutlich: Die kopernikanische Weltsicht ist hier eigenen Rechtes, und die Gewißheit ihrer Übereinstimmung mit dem wahren Sinn der Schrift geht der Auslegungsarbeit voraus und leitet sie.³¹

Schon gegen Ende des sechzehnten Jahrhunderts hatte die Bewegung der *Sozinianer* gefordert, man müsse die Heilige Schrift gemäß der Vernunft auslegen – ein Grundsatz, der keineswegs die Geltung der Bibel beeinträchtigen sollte, sondern im Gegenteil angesichts der konfessionellen Auseinandersetzungen und differierenden Auslegungen dazu dienen sollte, daß der wahre Sinn der Schrift erkannt und diese so wirklich zur alleinigen Grundlage des Glaubens und Lebens würde. Andererseits werden aufgrund dieser Schriftauslegung die überlieferten christlichen Lehren unter zum Teil heftige Kritik genommen; ein Hauptziel dieser Kritik ist die Trinitätslehre wegen ihrer Unvereinbarkeit mit der Logik und ihrer mangelnden Begründung in der Schrift.³²

Unter dem Druck und überwältigenden Eindruck der gewaltigen Fortschritte von Wissenschaft und Vernunftkenntnis setzt sich dieser Prozeß mit neuen Qualitäten in der Aufklärungstheologie fort. Das vernünftige Wissen und die vernünftigen Normen stehen wegen ihrer Allgemeinheit und „Not-

³¹ Zu GALILEI und KEPLER vgl. HEIDELBERGER / THIESSEN: Natur [83], S. 194-217; KARPP: Beitrag Keplers [111]; LUYTEN: Naturwiss. Denken [112], S. 335-337; HÜBNER: Theologie Keplers [86].

³² Näheres siehe bei SCHOLDER: Ursprünge [110], S. 34-55.

wendigkeit“ mit einer unausweichlichen Gültigkeit ausgestattet vor den Augen des Zeitalters – ihnen kann darum auch die göttliche Offenbarung nicht widersprechen. Was an der überlieferten Kirchenlehre unvernünftig ist, muß also als menschliche Zutat aus ihr ausgeschieden werden; und da die Kirchenlehre sich auf die Bibel gründet, ist die Grundlage für diese Sichtung eine vernünftige Auslegung der Bibel: Wo deren Wortlaut der Vernunft zu widersprechen scheint, muß entweder dieser Widerspruch als bloß scheinbar entlarvt oder aber der wahre Textsinn in einem anderen Verständnis gesucht werden. Die Theorie, daß das göttliche Wort sich an die Denkgewohnheiten und Verstehensmöglichkeiten der ursprünglichen Adressaten angepaßt habe, dient hier dazu, die „sinngemäße“ Ersetzung des „vordergründigen“ Sinnes biblischer Formulierungen und Gedankengänge durch „vernünftige“ zu legitimieren und mit der Autorität der Bibel in Einklang zu bringen. Hier wird die Vernunft zur eigenständigen Autorität, der sich die Auslegung der Bibel und das Verständnis der Offenbarungswahrheit fügen muß – einfach weil die Wahrheit der Vernunft unwidersprechlich und unüberbietbar erscheint.³³

So weit sind die Versuche, auf „sachlicher“ Ebene, das heißt in der direkten Gegenüberstellung der fraglichen Sache zum Wortlaut der Bibel, in der neuen Situation mit der Autorität der Bibel zu Rande zu kommen und einig zu werden.

Nun erfährt aber auch der Umgang mit der Bibel eine Wendung ins Historische. In der intensiven Beschäftigung mit dem Bibeltext, die diesen aus dem Rahmen der Kirchenlehre herauszulösen und in seiner Eigenständigkeit und Eigenart dieser gegenüber zu erfassen sucht, treten mehr und mehr die menschlich-historischen Zusammenhänge des Bibelwortes in die Wahrnehmung und in das Bewußtsein der Ausleger ein: die individuellen Unterschiede der biblischen Autoren in ihrer Sprache und Denkweise, die Unterschiede ihrer „Lehrformen“ und „Lehrbegriffe“; die unterschiedlichen geschichtlichen Umstände, in die diese Autoren bei der Abfassung ihrer Schriften gestellt sind und die ihr Schreiben mitbestimmen, usw. Diese Autoren wiederum stehen im Gesamtlaf einer sich entwickelnden Geschichte, in der auch die religiösen „Vorstellungen“ eine Entwicklung durchmachen; sie sind bestimmt durch die Geschichte vor ihnen, und sie nehmen Einfluß auf die Entwicklung nach ihnen. Kurz: es wird deutlich, daß das biblische Wort grundlegend in einen Geschichtslaf eingebettet ist und daß es bedingt ist durch den Platz, den es in dieser Geschichte einnimmt. Wenn man es recht verstehen will, muß man es von seiner geschichtlichen Situation und Bedingtheit her verstehen, von seinem mensch-

³³ Einige Linien aus dem vielschichtigen Prozeß verfolgen: SCHOLDER: Ursprünge [110]; KANTZENBACH: Evangelium [113].

lichen Autor her und von den Intentionen, die dieser seinen ursprünglichen Adressaten gegenüber hatte.³⁴

So steht dann das biblische Wort als ein durch und durch menschliches Wort vor dem Auge des Auslegers, und sein Verständnis wird von dieser Seite her gewonnen. Das muß nicht heißen, daß darum seine göttliche Autorität gezeugnet wird. Aber sie wird anders gesehen als zuvor: sie steht nicht mehr als eine „absolute“ da, sondern wird so gesehen, daß Gott dieses durch und durch menschlich-geschichtlich bedingte Wort gewirkt hat und durch es als solchermaßen bedingtes redet und wirkt; die menschliche Bedingtheit und Begrenztheit wird durch die göttliche Autorität nicht aufgehoben, sondern bleibt bestehen und bleibt auch relevant für unser Verhältnis zu diesem Wort. An die Stelle einer absolut vorgegebenen Lehrgrundlage, deren wahren Sinn man in der Kirchenlehre und im eigenen Glaubensbewußtsein erfaßt und angeeignet zu haben glaubt, ist so im Laufe dieser Wandlungen ein menschliches Zeugnis getreten, dessen vom Autor intendierten Sinn man historisch zu klären versucht und dessen angemessene Aneignung dann immer noch als Aufgabe vor einem liegt und ein eigenes verantwortliches Urteil erfordert.

Manchem erscheint dabei das biblische Wort nur noch als die subjektive Meinungsäußerung der biblischen Autoren, und dann tut sich auch hier die Relativismus-Problematik auf.

Für unsere Problematik hat diese Entwicklung zum historischen Verstehen der Bibel hin vor allem zwei – etwas gegenläufige – Folgen:

1. Wo man grundsätzlich den angedeuteten Linien historischen Verstehens folgt, da wird der maßgebliche Sinn des Textes durch den historischen Zusammenhang und Kontext festgelegt; es ist dann nicht mehr möglich (auch wenn es dem „bloßen“ Wortlaut nach durchaus möglich wäre), den Text so zu interpretieren, als ob er schon auf modernes Wissen abgestimmt und mit diesem in fraglosem Einklang sei, wenn dieses Wissen für seine Ursprungssituation nicht vorausgesetzt werden kann. Der Textsinn wird insoweit also bewußt von Angleichungen an gegenwärtiges Wissen und Denken ferngehalten – eine Chance, ihn besser in seiner spezifischen Eigenart zu verstehen.
2. Andererseits erscheint der Text in historischer Bedingtheit und Relativität: seine unmittelbare Geltung ist zunächst an seinen historischen Ort gebunden; was er für uns gilt und bedeutet, das ist nicht schon allein aus der Erhebung seines inhaltlichen Sinnes entschieden, sondern bedarf weiterer Urteilsbildung.

³⁴ Näheres bei KRAUS [114]; KÜMMEL [115]; MILDENBERGER [118].

Die alte Frage, ob man einen biblischen Text „wörtlich“ oder „symbolisch“ zu verstehen habe, wird hier sozusagen überholt durch ein wörtliches Verstehen, das aber noch nicht in sich selbst über die Frage entscheidet, wie und was dieser Text für uns gelten soll.

Insgesamt erleichtert dieser Ansatz historischer Auslegung die „Versöhnung“ und Verbindung von biblischem Glauben und modernem Wissen, indem man Gegensätze und Unausgleichbarkeiten zwischen dem Wortlaut der Bibel und wissenschaftlichen Erkenntnissen einfach stehen lassen kann und nicht durch eine anpassende Auslegung beseitigen oder überdecken muß. Andererseits bleibt dabei die Frage, wie ernsthaft auf das biblische Wort gehört wurde und wird, wenn man es so „stehenläßt“.

2.4 Die Ergebnisse des Prozesses

Die Gesamtsituation, die aus den beschriebenen Wandlungen des Denkens resultiert, läßt sich kurz so zusammenfassen: Wir haben eine Wissenschaft, die sich sozusagen *per definitionem* so versteht, daß Gott in ihr nicht vorkommen kann (und erst recht keine speziell christlichen Lehren über ihn und sein Tun), nicht als Autorität, die irgendwelche Erkenntnisinhalte legitimiert oder sanktioniert, nicht als Inhalt oder Gegenstand wissenschaftlicher Sätze, nicht als Erklärungsgrund für irgendwelche Tatsachen und Erscheinungen. Mit dieser Wissenschaft verbindet sich historisch der Anspruch, sie allein habe die Kompetenz, alles in der Welt in seinen wahren Zusammenhängen zu erfassen und zu erklären³⁵. Wir stehen also vor dem Postulat, alles in der Welt müsse ohne Gott erklärt werden, für nichts dürfe er und sein Tun als (spezieller und wirkursächlicher) Erklärungsgrund in Anspruch genommen werden; alle realen Erscheinungen in der Welt müssen, soweit sie überhaupt auf etwas zurückgeführt werden können, auf andere weltimmanente Gegebenheiten zurückgeführt werden. Dafür stehen zwei Grundschemata zur Verfügung: einerseits das (nicht nur als Strukturbeschreibung, sondern als Realerklärung des Späteren aus dem Früheren verstandene) *Naturgesetz*, andererseits die *historische Erklärung*.

Die Leistung der Evolutionstheorie, die Vielfalt der Lebensformen durch Zurückführung auf einen gemeinsamen Stammbaum zu erklären, fügt sich

³⁵ Auch hier lasse ich aus den genannten Gründen (vgl. oben Anm. 11) die aus wissenschaftstheoretischen und grundlagenkritischen Reflexionen erwachsende Relativierung und Begrenzung der wissenschaftlichen Erkenntnisansprüche zunächst beiseite: Für das Problem, wie es weithin das Bewußtsein bestimmt, spielt sie noch keine bedeutende Rolle, darum ist es nicht angebracht, sie für die Problemerkennung mit größerem Gewicht zu versehen; zudem ist es auch sonst gut, ein Problem von seiner schärfsten Zuspitzung aus zu betrachten. In den Erwägungen zur Verarbeitung und Stellungnahme wird sie natürlich eine Rolle spielen müssen.

klassisch in das geistige Klima eines solchen universalen Anspruchs auf immanente Erklärung ein und hat als ein wichtiger Markstein auf dem Wege des Gelingens wesentlich zu dessen Plausibilität und allgemeiner Durchsetzung beigetragen.

Diesem mit der Wissenschaft verbundenen Erklärungsanspruch steht der überlieferte Anspruch der christlichen Lehre (in seinem überlieferten Verständnis) gegenüber, daß der in ihr gefaßte Glaubensinhalt und insbesondere das Wort der Bibel als solches offenbarte göttliche Wahrheit sei.

Die Problematik dieses Gegenübers zeigt sich darin, daß der wissenschaftliche Erklärungsanspruch – aus seiner inneren sachlichen Logik heraus! – vor dem Gebiet der Religion nicht haltmacht, sondern sich auch auf die weltlich vorfindlichen Tatsachen und Gegebenheiten erstreckt, auf die Religion oder christlicher Glaube Bezug nehmen oder in denen sie ihren Ausdruck finden; also auch auf die biblischen Schriften als historische Gegebenheiten, auf die in ihnen berichteten Ereignisse, auf die in ihnen geäußerten Gedanken ihrer Autoren als psychologisch-historische Gegebenheiten, und nicht weniger auch auf die gegenwärtigen religiösen Vollzüge wie Riten, Gebet, Bekehrung, religiöses Bewußtsein samt seinen Inhalten. Auch hier soll also Gott nicht in einem kausalen, gewissermaßen weltlich-realen Sinn als Ursache oder Urheber auftreten, sondern es sollen innerweltliche Erklärungen für das innerweltliche Geschehen gesucht und gefunden werden.³⁶ Auch wenn jemand die Offenbarungswahrheit in ihrem überlieferten Verständnis gewissermaßen als eine der Wissenschaft nicht zugängliche Insel inmitten des Meeres wissenschaftlicher Erkenntnis bewahren möchte, bleibt diese Stellung jedenfalls nicht unangefochten.

Christen begegnen dieser Problemkonstellation unterschiedlich und versuchen sie mit sehr unterschiedlichen Ansätzen und Strategien zu bewältigen. Die kurze Charakterisierung einiger wichtiger Typen solcher Versuche soll abschließend verdeutlichen, in welchem Rahmen und unter welchen Voraussetzungen die Diskussion unserer Problematik innerhalb der Christenheit steht – ohne jeden Anspruch auf Vollständigkeit, zumal ja auch alle möglichen Mischformen vorkommen.

1. *Typ*: Man hält das überlieferte Verständnis von Offenbarungswahrheit fest und besteht auf deren absoluter und „wörtlicher“ Geltung; die Wissenschaft muß mit ihren Untersuchungen und Geltungsansprüchen an den Grenzen der Offenbarungswahrheit haltmachen und hat kein Recht zur Kritik an

³⁶ Vgl. JAEGER *Das „atheistische Denken“ der neueren Theologie* [122] und dagegen SCHLATTER *Atheistische Methoden in der Theologie* [123]. In diesem Punkt bedeutet die moderne Reduktion des wissenschaftlichen Erklärungsanspruchs keinen Verzicht auf die Gültigkeit der immanenten Erklärungen, sondern lediglich das Zugeständnis, daß der in der immanenten Erklärung gefaßte Zusammenhang „nicht die volle Wirklichkeit“ sein müsse!

deren Sätzen. Die Grenzen der Wissenschaft werden also von der Glaubenswahrheit aus festgelegt, und letztlich wird auch das Verständnis dessen, was Wissenschaft sein kann und ist, im Rahmen der Glaubenswahrheit bestimmt und gefüllt.³⁷

2. *Typ*: Er ist sozusagen die Umkehrung des ersten Typs; wie dort wird auch hier vorausgesetzt, daß die Aussagen der Offenbarung und die Aussagen der Wissenschaft sich in gleicher Weise und auf gleicher Ebene auf die Wirklichkeit beziehen wollen und bei gegensätzlichen oder nicht zusammenpassenden Aussagen also nur eine Seite recht haben kann. Nur liegt die Wertung jetzt umgekehrt: Die Wissenschaft ist autonom und kann nicht durch „subjektive“ Überzeugungen korrigiert werden – also muß die Glaubenslehre den wissenschaftlichen Erkenntnissen angepaßt werden. Diese Anpassung geschieht durch Ausscheidung alles dessen aus der christlichen Lehre, was wissenschaftlichen Sätzen widerspricht, also durch korrigierende Kritik an der alten Lehre. Es wird also von der Wissenschaft aus bestimmt, was noch legitim zum Glauben gehören kann.³⁸

3. *Typ*: Man läßt sich im Versuch, das Recht der Glaubenssätze nachzuweisen, unmittelbar auf die methodische Ebene und die Fragestellungen der Wissenschaft ein, um durch eigene wissenschaftliche Argumentation diejenigen wissenschaftlichen Sätze zu entkräften, die bestimmten Glaubensaussagen entgegenstehen. Die Wahrheit der Glaubenssätze wird also durch wissenschaftliche Argumentation begründet, gerechtfertigt oder als möglich erwiesen.³⁹

4. *Typ*: Man hält Sätze des Glaubens und Sätze der Wissenschaft, die sich thematisch miteinander berühren, nebeneinander und zeigt, wie gut beides doch (evtl. gegen den ersten Anschein eines Widerspruchs) zusammenpaßt und in sachlichem Einklang steht⁴⁰. Wie bei den bisherigen Typen werden

³⁷ Diesem Typ wäre es etwa zuzuordnen, wenn jemand unter Berufung auf die Autorität der Bibel die Wirklichkeit von Wundern behauptet und die Wissenschaft in dieser Frage für unzuständig erklärt; dazu gehört etwa auch die Zurückweisung aller naturwissenschaftlichen Erklärung berichteter Wunder oder die Zurückweisung aller psychologischen Untersuchung und Erklärung (bzw. Interpretation) von Bekehrungserfahrungen.

³⁸ Hierher gehört z. B. die Leugnung der Realität von Wundern, weil der Bereich des Wirklichen ja durch die wissenschaftliche Erforschung der Naturgesetze abgesteckt sei; oder die Zurückweisung des Gedankens persönlicher Führung durch Gott, weil eine solche Haltung nicht zum wissenschaftlichen Umgang mit der Welt passe.

³⁹ Z. B. wissenschaftliche Argumentationen für die Möglichkeit der biblischen Wunder, für die historische Glaubwürdigkeit der Evangelien, für die Tatsächlichkeit der Verlängerung des Tages in Jos. 10 unter Erwägung natürlicher Ursachen eines solchen Vorgangs usw.

⁴⁰ Dieser Weg wurde immer wieder besonders im Blick auf die Schöpfungsgeschichte beschritten, z. B. unter Hinweis auf die Einstimmigkeit zwischen Bibel und Wissenschaft

auch hier Glaubensaussagen wie wissenschaftliche Aussagen ganz von ihrer Gegenstandsintention her verstanden, also als „Aussagen über etwas“, die im Blick auf dieses „Etwas“ objektive Geltung zu haben beanspruchen; demgegenüber tritt meistens ganz zurück, daß beiderlei Aussagen ihren Sinn je in ihrem bestimmten Gesamtzusammenhang („des Glaubens“ bzw. „der Wissenschaft“) haben und also in dem, was sie meinen, nicht nur von ihrem Gegenstand, sondern auch von diesem Zusammenhang bestimmt sind. Das kritische Problem dieses Verfahrens könnte man also in die Frage fassen: Hat man wirklich die Harmonie zweier Mosaikteile miteinander bewiesen, wenn man zeigen konnte, daß ihre einzelnen Steinchen gegenseitig zusammenpassen? Und hat man bei diesem Versuch die Steinchen wirklich als das genommen, was sie im Zusammenhang je ihres Mosaikbildes sind und bedeuten?

5. *Typ*: Man übt grundsätzlich Kritik an dem – ohne zwingenden Grund, wie man voraussetzt oder nachweist – weithin mit der Wissenschaft verbundenen immanentistischen Weltbild und Wirklichkeitsverständnis und schafft dadurch sozusagen ontologisch Raum für die Wirklichkeit, von der die Glaubensaussagen sprechen, ohne damit direkt und inhaltlich die Geltung der wissenschaftlichen Sätze für den „immanenten Bereich“ anzutasten. Man sucht also letztlich einen neuen Zugang zur alten Lehre zu eröffnen, indem man die Grenzen der Wissenschaft aufzeigt.⁴¹

6. *Typ*: Man versucht, die volle Autonomie beider Seiten zu bewahren, indem man eine saubere Trennung der „Gebiete“, „Ebenen“, „Aspekte“ oder „Dimensionen“ der Wissenschaft einerseits, des Glaubens andererseits vornimmt, so daß sie sich nicht mehr gegenseitig ins Gehege kommen können, weil ihre Aussagen ja „auf ganz verschiedenen Ebenen“ lägen. Das kann im einzelnen sehr unterschiedlich durchgeführt werden.⁴² Ohne Umformulie-

in der Abfolge der Schöpfungswerke; aber auch in Bezug auf weitere Einzelheiten des Textes der biblischen Schöpfungskapitel und in Bezug auf andere biblische Texte.

41 Z. B. in Form des Gedankenganges, die Wissenschaft könne die Nichtexistenz einer höheren Wirklichkeit niemals beweisen, die Bibel aber gebe uns Einblick in diese unsichtbare Welt; auf dieser Basis werden dann auch die besonderen Geschehnisse in unserer sichtbaren Welt verständlich, von denen die Bibel berichtet und die über den wissenschaftlichen Denkraum hinausgehen.

42 Eine verbreitete Form dieses Typs insistiert z. B. nachdrücklich darauf, daß Glaubensaussagen ja eben „Glaubensaussagen“ seien, die man nicht „objektivieren“ dürfe; sie enthalten keine Realitätsfeststellungen im wissenschaftlichen Sinn, sondern seien „Ausdruck des Glaubens“, also ganz an den persönlichen Glaubensvollzug gebunden. So verteilen sich die Kompetenzen: der Glaube spricht nur von den Grundlagen des persönlichen Lebens und der persönlichen Lebensorientierung, die Wissenschaft nur von den unpersönlichen, „äußerlichen“, faktischen Zusammenhängen der objektiven Wirklichkeit – beides ganz verschiedene Ebenen oder Dimensionen, die (wie man denkt) nichts miteinander zu tun haben.

rungen oder ein verändertes Verständnis der christlichen Lehraussagen geht das wohl nie ab; diese Umformulierungen können als neue Formulierung oder „Interpretation“ der alten Wahrheit in einen neuen Kontext hinein verstanden werden. Auf der anderen Seite werden auch das Verständnis von Wissenschaft und die Interpretation der Geltungsweise ihrer Aussagen dabei vielfach nicht „rein wissenschaftlich“ bestimmt, sondern vom Gesamtzusammenhang dieser Zuordnung von Wissenschafts- und Glaubenswirklichkeit her.⁴³

Wir haben es also nicht nur in sachlicher Hinsicht mit einem schwierigen und unter vielfältigen Einflüssen stehenden Problem zu tun, sondern auch mit einer Lage der Christenheit, die insofern schwierig ist, als bereits vielerlei unterschiedliche Ansätze der Problembewältigung versucht worden sind und dabei mit ihren Voraussetzungen und Konsequenzen auf das Glaubensverständnis verschiedener Gruppierungen unterschiedlichen Einfluß genommen haben⁴⁴. Es wird nicht leicht sein, hier zu einer Einigung und gemeinsamen Erkenntnis zu kommen.

⁴³ Das unausrottbare Problem aller Zuordnungen dieses Typs – der ja der Grundidee nach die eleganteste und glatteste Lösung darstellt – besteht darin, daß die wirklich eigenen Kriterien für mögliche Grenzbestimmungen auf den beiden Seiten von ganz unterschiedlicher Art sind: Wenn die Wissenschaft von innen heraus Grenzen ihres Geltungsanspruchs und ihrer Zuständigkeit bestimmt, so sind diese an bestimmten Sachverhaltenskategorien orientiert („physikalische Sachverhalte“, „historische Sachverhalte“ usw.); jeder Sachverhalt, der die formalen Grundmerkmale einer solchen Kategorie an sich trägt, gehört unweigerlich in den Kompetenzbereich der betreffenden Wissenschaft. Demgegenüber wird der Kreis der Aussagen, die für den Glauben von Bedeutung sind und vom Glauben als Wahrheit erfaßt werden, durch den *inhaltlichen* Rückbezug auf das Wort der Bibel abgesteckt, und der Inhalt der Bibelworte ist nicht von der Art, daß er physikalische, historische oder sonstige in den Kompetenzbereich einer Wissenschaft gehörende Sachverhalte aus formalen Gründen von vornherein unberührt ließe! Man kann also eigentlich nicht von beiden Seiten her zu einer gleichlautenden Grenzbestimmung kommen. Wo man die beiderseitigen Abgrenzungskriterien nicht überspielt oder durch Umformung aneinander anpaßt, sondern sie in ihrer Eigenart ernst nimmt, wird es also immer wieder zu divergierenden Abgrenzungen der beiderseitigen Gebiets- und Kompetenzansprüche kommen. Das Ziel dieses Typs, die Reibungsflächen zu vermeiden und doch jeder Seite ihr volles eigenes Recht zuzugestehen, wird also bei Licht besehen nicht erreicht.

⁴⁴ Dabei gehen ja auch noch die anderweitig begründeten Unterschiede im Glaubensverständnis mit in die Gesamtsituation ein und verbinden sich unmittelbar mit den hier besprochenen; denn jeder der verschiedenen Typen des Versuchs, Wissenschaft und Glaube widerspruchslös aufeinander zu beziehen, kann von unterschiedlichen Verständnissen des christlichen Glaubens aus in Anspruch genommen und in Anwendung gebracht werden.

3. Zur sachlichen Profilierung des Konflikts

Nach diesem Rückblick auf die historischen Voraussetzungen und Wurzeln des Konflikts um Schöpfung und Evolution wollen wir uns nun das sachliche Profil dieses Konflikts vergegenwärtigen. Wir tun das, indem wir zunächst nach den Ansatzpunkten des Konflikts fragen, dann nach den grundlegenden Fronten der Kontroverse und schließlich nach den Fragestellungen, in denen sich die innerchristlichen Differenzen genauer fassen lassen.

3.1 Die Ansatzpunkte und Ebenen des Konflikts

Bei genauerem Zusehen finden wir fünf verschiedene Ebenen, auf denen der Konflikt ansetzt. Diese hängen zwar der Sache nach miteinander zusammen, aber doch so, daß jede Ebene zugleich ihren eigenen Ansatzpunkt zum Konflikt in sich trägt und zur Gesamtlage beisteuert, so daß es dadurch auch möglich wird, die eine oder andere Ebene als unerheblich auszuklamern und die Kontroverse auf die anderen Ebenen zu konzentrieren; auf diese Weise bekommen die Auseinandersetzungen ihre vielschichtige Aufsplitterung und Unübersichtlichkeit.

Auf der *ersten Ebene* handelt es sich darum, daß dem *Wortlaut der Bibel* in seinem gewohnten und naheliegenden Verständnis (und unter der Vorgabe, daß er in jeder Hinsicht unfehlbare göttliche Autorität und Wahrheit darstelle) anderslautende Aussagen der Wissenschaft zum gleichen Thema gegenüberreten. Fragt man, wie die Lebewesen und ihre Artenvielfalt entstanden seien, so liest man in der Bibel „Gott sprach ...; es geschah so ...; Gott machte ...“ (1. Mose 1) oder: „Gott formte aus dem Ackerboden ...“ (1. Mose 2), während man von der Evolutionstheorie zu hören bekommt: „Die komplexeren Lebewesen entwickelten sich in langen Zeiträumen durch Mutation und Selektion aus weniger komplexen Formen, letztlich aus der Urzelle“.

Daß beide Seiten sich dem Wortlaut und dem Gedanken nach auf das Werden der Lebewesen beziehen, wird niemand abstreiten können; ebenso ist deutlich, daß das wirklich keine sinnidentischen Aussagen sind, die den gleichen Aussageinhalt haben und die gleichen Vorstellungen erwecken, wenn man sie hört. Und daß man nicht bloß in naivem Mißverständnis am tieferen Sinn des Bibeltextes von 1. Mose 1 vorbeigehört hat, wenn man hier einen Gegensatz wittert, ergab sich uns aus der Beobachtung, daß im Vergleich zu den theogonischen Prozessen des babylonischen Schöpfungsmythos die scharfe Abgrenzung der gezielt vollbrachten Tagewerke geradezu anti-evolutionäre Akzente setzt.

Dies ein Beispiel mag genügen, um zu markieren, worum es geht: Auf dieser ersten Ebene steht Wortlaut gegen Wortlaut, Aussage gegen Aussage, und die Unvereinbarkeit beider Seiten (oder der Ausgleichsversuch) wird am unmittelbaren Inhalt der vorliegenden Aussagen festgemacht. Der Konflikt entsteht aus der Wahrnehmung, daß die konkreten Aussagen beider Seiten nicht leicht in Einklang miteinander gebracht werden können; und wenn hier ein Ausgleich gesucht wird, dann durch den Nachweis, daß der biblische Wortlaut seinem wahren Sinn nach doch mit dem Evolutionsgedanken in Einklang steht.⁴⁵

Auf der zweiten Ebene geht es um das *Gesamtbild von der Wirklichkeit*. Dem Welt- und Geschichtsbild, wie man es herkömmlich der Bibel entnommen oder mit ihr verbunden hatte und wie es den mehr oder weniger selbstverständlichen Rahmen abendländisch-christlichen Lebensverständnisses bildete, treten kosmologische Theorien, historische Feststellungen und schließlich eine Sicht von der Entwicklung der Erde und des Lebens gegenüber, die seinen Rahmen absolut sprengen und zu einem anderen Welt- und Geschichtsbild und einer veränderten Lebensorientierung führen. Hier tritt vor allem die Frage der Chronologie in den Vordergrund, aber auch andere Momente sind von Bedeutung: Die wenigen tausend Jahre, die das herkömmliche Bild der Welt zumißt und in denen der Mensch von Anfang an mit auf dem Schauplatz steht, und die Dimensionen dieser Welt, deren Mitte die Menschenwelt und ihre Geschichte ist – all das bildet einen grundsätzlich plausiblen Rahmen für die biblische Heilsgeschichte. Natur und Geschichte können hier ineinandergreifen und stehen in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander; was in der menschlichen Geschichte geschieht, kann kosmische Bedeutung haben und geht nicht von vornherein in der Unendlichkeit natürlichen Geschehens unter. Demgegenüber lassen die unendlichen Dimensionen des Raumes und die endlos langen Zeiten rein natürlicher Prozesse der Welt- und Lebensentwicklung es fraglich erscheinen, ob Gott sich um das Schicksal der kleinen Menschenwelt kümmert, ja ob überhaupt ein Gott das Weltgeschehen willentlich regiert. Weiter lassen die langen Zeiträume der Vergangenheit vergleichbar lange Zeiten der Zukunft erwarten und problematisieren damit die christliche Endzeiterwartung. Und für einen Sündenfall als Ereignis der Menschengeschichte (noch dazu, wenn er kosmisch-naturhafte Folgen nach sich gezogen und den Tod erst in die Welt gebracht haben soll) gibt es im Weltbild natürlicher (Aufwärts-)Entwicklungsprozesse strukturell keinen Platz. Auch hier mögen

⁴⁵ D. h. der Bibeltext wird dann gemäß den Erkenntnissen der Evolutionstheorie verstanden. In umgekehrter Richtung ist auf dieser Ebene ein Ausgleich nicht möglich, denn die Wissenschaft würde Einspruch erheben, wenn jemand die Aussagen der Evolutionstheorie so verstehen wollte, daß sie im Grunde das meinen, was der biblische Wortlaut sagt!

diese Andeutungen genügen, um deutlich und nachvollziehbar zu machen, woran sich auf dieser Ebene der Konflikt entzündet. Zu der direkten Frage, ob die Bibel mit ihrer Chronologie recht hat, treten Fragen, die komplexere Zusammenhänge des Denkens und der Lebensorientierung betreffen.

Die *dritte Ebene* ist die des *Menschenbildes*, oder genauer gesagt: die Frage nach der Bewertung des Menschen und nach seiner Stellung in der Welt. Man sollte zwar meinen, daß das eigentlich kein Konfliktpunkt habe werden können, denn die biblische Titulierung des Menschen als „Staub“ ist ja kaum schmeichelhafter als seine Einsetzung zum Nachfahren affenartiger Säugetiere! Dennoch war und ist das immer wieder ein entscheidender Punkt der Kontroversen. Das mag – neben den Einflüssen idealistischer Menschenbilder! – in einem strukturellen Unterschied des beiderseitigen Zusammenhanges dieser Prädikate begründet sein: Im biblischen Zusammenhang stehen neben den Aussagen von der Nichtigkeit des Menschen solche, die ihm eine hervorgehobene Stellung in der Schöpfung einräumen und ihn der höchsten Wertschätzung Gottes versichern; alle diese Aussagen haben ihren Ort darin, daß der Mensch vor seinem Schöpfer steht, und aus der Wirklichkeit des Schöpferhandelns Gottes ziehen dabei die positiven Aussagen ebenso die Kraft ihrer Gültigkeit wie die negativen – und behalten letztlich das Übergewicht, weil sie das Ziel des Willens Gottes ausdrücken. Der den Menschen *wirklich* aus Staub geschaffen hat, der hat ihn damit bewußt ins Dasein gerufen und dessen *wirkliche* Wertschätzung begründet damit *wirklich* eine besondere Stellung; die Wirklichkeit des Schöpferhandelns Gottes begründet die Wirksamkeit und das Inkrafttreten dessen, wozu sein Wille den Menschen beruft. Im naturalistischen Entwicklungdenken entfällt diese Voraussetzung, und darum bleibt nur die durch die Realität des Naturprozesses garantierte Realität der Verwandtschaft mit dem Affen, alles andere wird zur bloßen Poesie: *In Wirklichkeit sind wir höhere Affen, in der Religion glauben wir, von Gott wertgeschätzt zu sein.* Und auch die Reflexion darauf, daß wir die (vorläufig!) höchstentwickelten Lebewesen sind, bleibt subjektive Stimmung, die nicht weit trägt und dem Menschen keine eigene (!) Stellung in der Welt zu geben vermag. Verbunden mit diesen Dingen sind die Fragen der Ethik: ob der Mensch sein Verhalten in Verlängerung tierischer Verhaltensweisen sieht und gestaltet oder ob er verbindliche Normen anderen Ursprungs erkennt und anerkennt, die über seinem Leben stehen.

Die *vierte Ebene* liegt im *Metaphysisch-Grundsätzlichen*: Hier steht Wirklichkeitsverständnis gegen Wirklichkeitsverständnis. Christliches Schöpfungsdenken hatte die Tatbestände der Welt auf Gottes Schöpferhandeln zurückgeführt; und das nicht nur in Bezug auf den Anfang der Welt, sondern so, daß man das Geschehen in der Welt dem Zugriff des Schöpfers ständig offenstehen sah. Dieser Sicht der Wirklichkeit tritt nun eine andere gegen-

über, die alle Tatbestände, auch die des Lebens, ausnahmslos aus naturgesetzlichen Prozessen erklären will; die Tatbestände der Welt werden in einen Systemzusammenhang gestellt, in dem ausschließlich naturgesetzliche Relationen und Abhängigkeiten (einschließlich des „Zufalls“) gelten. Nur die Aufdeckung solcher Zusammenhänge, nicht die Berufung auf ein schöpferisches Handeln Gottes, gilt noch als aussagekräftige Erkenntnis der Wirklichkeit. Eine Welt, die auf sich selber steht, in sich abgeschlossen ist und so aus sich selbst das Leben hervorbringt, oder aber Welt und Leben als Gabe und Werk des Schöpfers – das ist die Alternative, auf die der Konflikt auf dieser Ebene letztlich hinausläuft. Der Streit um die Schöpfung steht auf dieser Ebene mehr oder weniger – *pars pro toto* – für den Streit um die Realität des Handelns Gottes insgesamt.

Auf der *fünften Ebene* schließlich geht es um eine Konfrontation im „*Methodischen*“: um die Frage, was legitime und gültige Grundlage für gültige Erkenntnis von Tatbeständen der Welt sein kann. Die christliche Tradition hatte weithin das biblische Wort da, wo es von weltlichen (geschichtlichen oder naturhaften) Tatbeständen redet, auch als gültige und verbindliche Instanz für deren Feststellung gewertet und benutzt. Nun steht dem der Anspruch der Wissenschaft gegenüber, nur die Anwendung ihrer empirischen und theoretischen Methoden könne zu verlässlicher Erkenntnis realer Tatbestände führen. Wenn es um die Frage gehe, wie das Leben und seine Gestalten real zustande gekommen sei, so könne nicht die Bibel, sondern nur die Wissenschaft Maßgebliches dazu sagen; hier könne nicht Autorität, sondern nur wissenschaftliche Erfahrung und Schlußfolgerung zu wahrer und sicherer Erkenntnis führen. Auf beiden Seiten wird hier also um die Unantastbarkeit und ungebrochene Geltung der je eigenen Grundlagen gekämpft: Die Autorität der Bibel und der christlichen Lehre soll nicht von der Wissenschaft abhängig werden, und die Erkenntnis der Wissenschaft soll allein durch die saubere Anwendung ihrer Methode bedingt und nicht schon vorweg durch Offenbarungsautorität im Ergebnis festgelegt sein. Hier geht es also „ums Prinzip“, das auf allen anderen Ebenen insgeheim mit umkämpft ist.

Darum hängt auch für das Vorgehen auf den anderen Ebenen viel davon ab, wie man dieses „Prinzip“ faßt: Sieht man die Grundlagen des Glaubens nicht in einer wörtlichen und absoluten Geltung des Bibelwortes, sondern etwa in irgendwelchen geistlichen Erkenntnisprozessen, oder sieht man in der wissenschaftlichen Erkenntnis nicht den unüberschreitbaren Rahmen aller wahren Erkenntnis, sondern ein offenes und aspekthaftes Fragment, das selbst erst eines übergeordneten Rahmens bedarf, dann sieht auch auf den anderen Ebenen der Konfrontation alles gleich sehr viel freundlicher aus. Nur – weder sind in der einen dieser Modifikationen die im Leben der Christenheit faktisch wirksamen Grundlagen angemessen erfaßt und zum

Ausdruck gebracht, noch in der anderen die Kräfte und Motive, die die Entwicklung der Wissenschaft tatsächlich bestimmen; darum geht es hier genau so wie auch sonst in der Politik: die aufgrund solcher trügerischen Fiktionen ausgehandelten Friedensverträge können bestenfalls die Überzeugung und persönliche Freundschaft der Unterhändler dokumentieren, aber im Blick aufs Ganze der vertretenen „Völker“ sind sie kraftlos und nichtig und „halten“ nicht.

Vielleicht zeigt sich in den Ergebnissen der theoretischen Grundlagenkrise der Physik am Anfang unseres Jahrhunderts und erst recht in den gegenwärtigen ökologischen Problemen, daß die Wissenschaft eine Rückstufung ihrer Ansprüche und eine Einbettung ihrer Erkenntnisse in der angedeuteten Richtung nötig hat; aber das muß dann zunächst einmal im Raum der tatsächlich betriebenen Wissenschaft und in ihrem Ausstrahlungsbereich durchgekämpft und im Bewußtsein der Menschen zur Geltung gebracht werden. Ebenso hat gewiß auch die Christenheit neue Klarheit über ihre wirklichen Grundlagen nötig – aber auch das muß zuerst einmal in der Glaubensgemeinschaft der real existierenden Christenheit durchgekämpft werden.

Auch und gerade wenn in den Problemen zwischen Wissenschaft und Glaube der eigentlich entscheidende Punkt nicht die Frage nach Macht und Einfluß, sondern die Frage nach der Wahrheit ist, helfen hier keine idealen gedanklichen Konstruktionen weiter, die zeigen, wie man – wenn man will! – Wissenschaft und Glaube ohne Widerspruch zusammendenken kann. Denn es geht hier nicht um ausgedachte Wahrheiten, sondern um die *wirkliche* Wahrheit, die im Leben der Menschen wirksam wird, die den wirklichen Gang der Wissenschaft trägt und zu bestimmen vermag und die das Leben im Glauben wirksam trägt und durchdringt.

3.2 Die grundlegende Konstellation der Fronten

Wie man, um die Grundmomente des Konflikts als solche zu verstehen, hinter die mancherlei Versöhnungsversuche und vermittelnden Konzeptionen zurückgreifen und die primären Problemkonstellationen betrachten muß, so, denke ich, muß man auch, wenn man die Frontlinien der Auseinandersetzung verstehen will, hinter manche sekundäre Front zunächst einmal auf die primäre Front zurückgehen, von deren Grundkonstellation her sich weitgehend auch die anderen Frontverläufe organisieren.

Diese grundlegende Front scheint mir – bis heute wirksam – darin gegeben zu sein, daß, wie die Wissenschaft überhaupt, so auch die Evolutionstheorie zum Zweifel an der Wahrheit des christlichen Glaubens und seiner Schöpfungslehre geführt hat und zur Bestreitung des Christentums eingesetzt wurde. Das heißt: Bei allem innerchristlichen Streit um Schöpfung und

Evolution liegt der eigentliche Frontverlauf, der insgeheim die Auseinandersetzungen steuert, nach außen zu; die grundlegende Front ist die zwischen christlichem Schöpfungsglauben einerseits und einem auf die Wissenschaft gestützten atheistischen Materialismus andererseits.

Gegenüber dieser fundamentalen Konfrontation und Herausforderung bilden sich dann sekundär auf christlicher Seite jene unterschiedlichen apologetischen Strategien heraus, mit denen man des Angriffs und der Anfechtung Herr zu werden versucht; und aus der Differenz dieser Strategien und ihrer Ergebnisse erwachsen die innerchristlichen Frontstellungen. Ich brauche zur Verdeutlichung nur an die Ausführungen oben (Abschn. 2.4) zu erinnern.

Freilich bedarf das nun noch einer Ergänzung: Welche Strategie jemand wählt, ob er also etwa das Heil im unverrückten Festhalten des ganzen überlieferten Lehrbestandes auch gegen die Wissenschaft sucht oder ob er einzelnes preisgibt und im Blick auf das übrige nachzuweisen versucht, daß der eigentliche Gehalt der christlichen Lehre gar nicht im Widerspruch zur wissenschaftlichen Erkenntnis steht, das ist keineswegs nur eine Frage des Geschmacks, pragmatischer Abwägung der Erfolgchancen oder unterschwelliger Ängste und harmloser Leichtfertigkeit. Die eigentlich bindende Grundlage solcher Entscheidungen liegt, wo es recht zugeht, in der Gewißheit und Unausweichlichkeit bestimmter *Erkenntnisse!* In jeden solchen Standpunkt gehen also Erkenntnisse ein, die als solche ernst genommen werden müssen und ihr eigenes Gewicht haben, die also nicht einfach als Funktionen des Standpunktes verrechnet und abgetan werden dürfen.

Wir können also wohl die Frontverläufe anhand des gemeinsamen Bezuges auf die grundlegende Front zur materialistischen Bestreitung des Schöpfungsglaubens hin und anhand der Betrachtung der verschiedenen Strategien gegenüber dieser Front in gewisser Weise ordnen und ein wenig „verstehen“ – aber das kann uns die sorgsame gegenstandsbezogene Auseinandersetzung um jede einzelne behauptete Erkenntnis weder ersparen noch durch Schematisierung erleichtern. Dennoch gilt es, bei der Betrachtung der innerchristlichen Konflikte stets den Bezug zu jener primären Front im Auge zu behalten, wenn man verstehen will, wovon die Positionen der Konfliktpartner bestimmt sind.

3.3 Grundlegende Komponenten der innerchristlichen Differenzen

Die Prozesse, die zur Herausbildung der differierenden christlichen Positionen in der Frage *Schöpfung/Evolution* geführt haben, haben auch dafür gesorgt, daß die Differenzen und Weichenstellungen sich an ganz bestimmte Punkte und Themen angeheftet haben. Die Stellungnahme im Bereich der Schöpfungslehre vollzieht sich nicht isoliert, sondern ist eng verwoben mit

bestimmten Stellungnahmen zu anderen Fragen und wird von dorthier mitbestimmt. Auf einige grundlegende solcher Fragen, die hier hereinspielen, möchte ich kurz aufmerksam machen.

An erster Stelle ist hier an die Bedeutung zu erinnern, die die Differenzen und Gegensätze in der *Stellung zur Bibel* für die Stellungnahme zu unserer Frage haben.

Eng damit verbunden, aber doch auf eine andere Ebene transponiert ist die Frage des *Glaubensverständnisses*: Gehört zum rechten Glauben das wörtliche Fürwahrhalten aller Aussagen der Bibel? Oder ist er einfach nur das persönliche Vertrauen auf die biblische Heilszusage Gottes? Oder ist christlicher Glaube eine bestimmte Weltanschauung? Je nachdem, wie man hier Stellung nimmt, kommt man in der Schöpfungsfrage zu ganz unterschiedlichen Gesichtspunkten und Festlegungen.

Ebenso wird jemand, der sich vom wissenschaftlich dargebotenen *Weltbild* hat überzeugen lassen oder zu dem Schluß gekommen ist, daß in Fragen des Weltbildes ausschließlich die Wissenschaft zuständig ist, sich ganz anders verhalten als jemand, der sich nicht in der einen oder in der anderen Weise auf das wissenschaftliche Weltbild festgelegt hat.

Und wer in der Frage des *Wirklichkeitsverständnisses* sich entschlossen hat, zunächst ganz in den immanentistisch interpretierten Grenzen wissenschaftlicher Welterfassung zu bleiben und erst die konsequent so und nicht anders verstandene Welt in die Beziehung wechselseitiger Interpretation mit theologischen Aussagen zu bringen, der wird zu einer ganz anderen Schöpfungslehre kommen als jemand, der das immanentistische Wirklichkeitsverständnis von vornherein kompromißlos bekämpft.

Auch Differenzen im *Wissenschaftsverständnis* können ihre Folgen haben: denn je nachdem kann die Evolutionstheorie zum Bereich möglicher Wissenschaft gehören oder prinzipiell aus ihm ausgeschlossen sein⁴⁶. Die letztere Stellungnahme kann von unterschiedlichen Standpunkten aus vollzogen werden und ist keine spezifisch christliche; aber sie spielt auch bei den innerchristlichen Differenzen eine Rolle.

Zurücklenkend zu theologischen Gefilden sei noch hingewiesen auf die Rolle, die das *Gottesbild* manchmal in den Diskussionen spielt: Kann der Gott der Liebe, wie er uns in der Bibel gezeigt wird, von sich aus Schmerz und Tod als Mittel seines Schaffens benutzt haben, wie das bei einer theologisch interpretierten Evolutionslehre ja der Fall wäre?

Gewiß könnte man die Liste noch fortsetzen. Hier kam es nur darauf an, die Verzweigung der Problemzusammenhänge deutlich zu machen und einige

⁴⁶ Vgl. etwa LOCKER: Selbstorganisation [124], S. 145-161.

wichtige Fragestellungen zu markieren, deren unterschiedliche Beantwortung wesentlichen Anteil an den Differenzen und Gegensätzen in der Frage „Schöpfung und Evolution“ hat. Man wird im Gespräch über unser Thema also wohl nur weiterkommen, wenn man diese Punkte mit einbezieht. –

So weit der Versuch einer „Geländeskizze“ des Konfliktfeldes. Es sollen sich nun noch einige Perspektiven und Gesichtspunkte zum Gespräch und zum Weiterdenken anschließen.

4. Zur Ausgangslage und Aufgabe eines weiterführenden Streitgesprächs

Die gegenwärtige Gesprächssituation in Sachen *Schöpfung und Evolution* ist – noch kaum in der Theologie⁴⁷, wohl aber zum Teil in den Gemeinden – gekennzeichnet durch das Auftreten des *Kreationismus*, der auf dem beschriebenen Konfliktfeld sozusagen eine Einheitsfront aufrichtet: „Evolution – ja oder nein?“ Ein Gespräch zur Sache wird unter solcher Herausforderung zwangsläufig zum Streitgespräch. Das kann gut sein, denn dadurch sind alle Beteiligten zu klarer Rechenschaft gezwungen. Darin liegt auch die Chance zu weiterführender Erkenntnis, die über die gegenwärtigen Standpunkte hinausführt. Daß diese Chance nicht verspielt wird, hängt an einer doppelten Voraussetzung: Die Differenzen müssen in ihrer Härte ausgetragen und dürfen nicht weichlich heruntergespielt werden; und die Argumentationen dürfen sich nicht um die Untermauerung des eigenen Standpunkts drehen, sondern müssen auf Bewährung an der Sache und an der Einsicht des Gesprächspartners und auf neue Erkenntnis an der Sache gerichtet sein. Damit man nicht aneinander vorbeiaargumentiert, bedarf es einer klaren und möglichst unverzerrten Kenntnisnahme von den Voraussetzungen, die das Denken des anderen bestimmen, und der Klarheit über die Probleme der eigenen und der fremden Position. Als Beitrag dazu möchte ich zunächst einige Gedanken zum Stand der Frage in der deutschsprachigen evangelischen Theologie und dann zum *Kreationismus* formulieren und daran dann noch einige Bemerkungen zur Weiterarbeit anschließen.

4.1 Zum Problemstand in der deutschsprachigen evangelischen Theologie

Trotz der Problematik jedes Durchschnittsbildes möchte ich ein solches versuchen und denke, man könne das im Hinblick auf ein vorhandenes „Denklima“ in diesem Bereich und in dieser Frage auch verantworten.

⁴⁷ Vgl. aber DAECKE: Gott als Faktor [125]; ders.: Wann hat Gott [126]; ders.: Gott – Opfer [127]; ALTNER: Schöpfungstheologie [128].

Von Interesse ist hier schon die literarische Entwicklung: Bis etwa 1930 findet sich mancherlei theologisches Schrifttum, das sich intensiv mit den Fragen nach dem Verhältnis des christlichen Glaubens zur naturwissenschaftlichen Weltansicht im allgemeinen und zur Entwicklungslehre im besonderen auseinandersetzt, und die Nötigung zu solcher Auseinandersetzung manifestiert sich bis in einschlägige Abschnitte in einer ganzen Reihe von Lehrbüchern der Dogmatik hinein. Danach tritt diese Auseinandersetzung in der theologischen Fachliteratur massiv zurück, wenn man von KARL HEIMS sechsbändigem Spätwerk *Der evangelische Glaube und das Denken der Gegenwart* (1931–1952) einmal absieht.⁴⁸

⁴⁸ Eine schnelle Durchsicht von 24 nach 1930 bis zur Gegenwart erschienenen Dogmatiken anhand von Inhaltsverzeichnis und Register ergab, daß nur vier davon sich ausdrücklich der Frage nach einer Verhältnisbestimmung zwischen christlicher Schöpfungslehre und der Entwicklungslehre zuwenden: BRUNNER [137] II, S. 51-53, und FRITZSCHE [141] II, S. 250-252; III, S. 16f, in zusammenhängender Überlegung, die mit der Evolutionstheorie als einer wissenschaftlichen Theorie rechnet; ähnlich TRILLHAAS [140], S. 160f.183; PRENTER [139], S. 224 nur in einem kurzen Abschnittchen unter dem rein weltanschaulichen Gesichtspunkt monistischer Welterklärung. Eine (unterschiedlich ausgewählte) Zusammenstellung der meisten bis 1978 bzw. 1981 erschienenen evangelischen Dogmatiken der neueren Zeit findet sich bei TRILLHAAS [140], S.XIff, und FRITZSCHE [141] I, S. 15f.

Dieser Befund ist noch zu ergänzen um die entsprechenden Abschnitte in den Anthropologien von BRUNNER (Mensch [136], S. 403-423) und THIELICKE (Mensch [144], S. 394-431). In einigen weiteren Dogmatiken, hauptsächlich aus den letzten zehn Jahren, finden sich wenigstens kurze allgemeine Überlegungen zum Verhältnis von theologischen und (natur-)wissenschaftlichen Aussagen; die interessantesten bei BURI/LOCHMAN/OTT [142] Bd. 3, S. 36-47.108-119) und bei MILDENBERGER Grundwissen [143], S. 104-111.

Das Zurücktreten unserer Thematik in der theologischen Fachliteratur steht in einem größeren Zusammenhang: Zur gleichen Zeit verebbt, abgesehen von dem genannten Werk HEIMS, überhaupt solche theologische Literatur, die sich mit den Themen wissenschaftlicher Welterkenntnis in wissenschaftlicher Gründlichkeit apologetisch auseinandergesetzt hätte, und die Apologetik als eigenständiger Arbeitszweig systematischer Theologie stirbt überhaupt aus (seit 1930 ist wohl kein deutschsprachiges Lehrbuch der Apologetik mehr erschienen). Dazu mag beigetragen haben, daß die Situation und der Kirchenkampf des „Dritten Reichs“ andere Prioritäten setzten; aber im Grunde handelt es sich doch um eine fundamentale geistige Wandlung, um eine neue Grundausrichtung der Theologie in dieser Hinsicht. Wo man die apologetische Frage im Auge behält, wandelt sie sich zu der Frage, wie christliche Lehre in sich selbst so formuliert und gestaltet werden kann, daß ihre Aussage als verständliche und treffende Herausforderung unmittelbar in den gegebenen Denk- und Lebenszusammenhang des Menschen unserer Zeit hineintritt. D. h. das Apologetische ist nun nicht mehr eine Aktivität der Theologie „nach draußen“, sondern es wird zum inneren Gestaltungsprinzip der Theologie selbst. Zu diesen Umschichtungen im theologischen Denken vgl.: Schrey/Schweitzer Apologetik [129]. Die wenigen Beiträge von akademischen Theologen zum Gespräch mit den Naturwissenschaften tragen nun fast durchweg eher beiläufigen Charakter. Auf

Dieses Zurücktreten hängt mit einer Reihe unterschiedlicher Faktoren zusammen, die der Sache ihren Stempel aufdrücken und von denen einige darum hier genannt sein müssen:

kirchlicher Ebene tritt ihnen seit 1960 die beobachtende und informierende Arbeit der Evangelischen Zentralstelle für Weltanschauungsfragen (Stuttgart – seit 1996/97 in Berlin) zur Seite, die als einen Zweig neben anderen auch diese Fragen verfolgt.

Währenddessen bemühten sich eine Reihe christlicher Naturwissenschaftler intensiver um eine Zuordnung oder Synthese von christlichem und naturwissenschaftlichem Denken; dies von sehr unterschiedlichen Voraussetzungen aus und auf unterschiedlichen Wegen; manche in ziemlich strengem Anschluß an akademisch akzeptiertes Gedankengut und akademische Denkdisziplin sowohl bezüglich der Naturwissenschaften wie bezüglich der Theologie, manche so, daß sie den biblischen und den naturwissenschaftlichen Stoff in anderen Denkformen miteinander verbinden. Ich kann auf diese Versuche hier nicht näher eingehen, denke aber, daß es lohnend ist, die hier jeweils verwendeten Denkansätze, Denkformen und Denkfiguren näher zu betrachten und zu untersuchen (auch da, wo man sie nicht übernehmen möchte und ihnen nicht zustimmen kann): hier besteht die Chance, einerseits aus dem akademischen Rahmen verdrängte Fragestellungen und Betrachtungsweisen neu in den Blick zu bekommen und zu einer bewußten und begründeten Stellungnahme zu ihnen zu kommen (positiv oder negativ), andererseits im Vergleich der Wege die Frage nach der Gründung und Haltbarkeit der vorgetragenen und der eigenen Gedanken zu prüfen. Darum nenne ich im Literaturverzeichnis einige Titel aus diesem Bereich (Nr. 196 - 246).

Bei den meisten dieser Beiträge sowohl aus dem theologischen wie aus dem naturwissenschaftlichen Bereich spielt die Evolutionstheorie eine eher unscheinbare oder gar keine Rolle; sehr viel mehr ziehen die Aspekte der modernen Physik die Aufmerksamkeit auf sich.

Lediglich die Veröffentlichung der Werke von TEILHARD DE CHARDIN rief einige theologische Reaktionen hervor (Literatur siehe bei DAECKE: T. de Chardin [163]). Sonst blieb es recht still um die Fragen des Verhältnisses christlicher Theologie zur Evolutionstheorie, und daran änderte sich auch noch nichts Wesentliches, als ALTNER (Schöpfungsglaube [164]) und HÜBNER (Theologie [165]) diese Fragen von der historischen Seite her wiederaufnahmen. Erst die stärkere Öffentlichkeitswirksamkeit evolutionären Denkens im Laufe des letzten Jahrzehnts hat wohl einen neuen Anstoß zu theologischem Eingehen auf diese Thematik gegeben – und dann der Vorstoß des Kreationismus.

Eine gewisse Sonderstellung im Gespräch zwischen Theologie und Naturwissenschaft nehmen die Physiker-Theologen-Gespräche der fünfziger und sechziger Jahre und die Arbeit der Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft in Heidelberg ein. Hier wurde und wird eine intensive Grundlagenarbeit gepflegt, der wohl die meisten profilierten Beiträge evangelischer Theologie in der Bundesrepublik zum Gespräch mit den Naturwissenschaften aus den letzten zwei bis drei Jahrzehnten Wesentliches verdanken. –

Im Literaturverzeichnis zu diesem Abschnitt gebe ich ein relativ breit gestreutes Spektrum (dennoch bei weitem keine vollständige Liste!) von Beiträgen evangelischer Theologie: von innertheologischen Beiträgen zur Schöpfungslehre über Fragen des Verhältnisses zur Evolutionstheorie bis hin zu allgemeinen Erwägungen zum Verhältnis von Theologie und Naturwissenschaft; auf dieser Grundlage kann der daran interessierte Leser sich in etwa ein Bild der Lage verschaffen. Anhangsweise füge ich noch einige katholische Titel bei.

Einmal ein schon im neunzehnten Jahrhundert immer wieder aufgebrochenes und nach dem ersten Weltkrieg vor allem in der *Dialektischen Theologie* (K. BARTH, E. BRUNNER, R. BULTMANN, F. GOGARTEN) neu durchbrechendes Wissen, daß christlicher Glaube sich eigenständig in seinen eigenen Grundlagen verankern müsse und sich in seiner Gewißheit nicht von den Weltbildern der Zeit abhängig machen dürfe.⁴⁹

Damit verbunden ist ebenfalls schon im neunzehnten Jahrhundert der Gedanke, daß es sich bei der Wahrheit des Glaubens um persönliche Wahrheit handelt, die sich ihrem Charakter nach von den Wahrheiten der Wissenschaft abhebt; auch dies wird nun in Verbindung mit personalistischen und existenzbezogenen Denkansätzen neu lebendig (E. BRUNNER, F. GOGARTEN, R. BULTMANN). Damit ist der Glaube gegenüber den Wahrheiten der Wissenschaft auf eine andere Ebene gehoben.

Auch die schlechten Erfahrungen, die man mit der theologischen Apologetik gemacht hatte, wird man mit hinter diesem Vorgang sehen müssen: Immer wieder hatte man der Wissenschaft das zunächst verteidigte Gelände überlassen müssen. Darum legt man diese Art Kampf – den Kampf um die Geltung oder Nichtgeltung wissenschaftlicher Aussagen auf ihrer eigenen Ebene – beiseite und sucht ein Gelände, auf dem man keinen wissenschaftlichen Angriff mehr zu befürchten hat.

Mit den beiden vorigen Motiven verbindet sich – in unterschiedlicher Radikalität – der Wille, die Autonomie der wissenschaftlichen Erkenntnis auf ihrem Feld ernst zu nehmen; daraus resultiert dann die Aufgabe, die Glaubensaussagen so zu formulieren und zu verstehen, daß sie prinzipiell keiner wissenschaftlichen Aussage mehr widersprechen können (BULTMANN, GOGARTEN, BRUNNER – aber auch sonst wird das zum weitverbreiteten Denkschema).

In unterschiedlicher Weise verbindet sich das bei den drei genannten Theologen (aber auch bei vielen anderen) mit dem Motiv der Verkündigung: man muß dem Menschen der Gegenwart das Evangelium so verkündigen, daß es ihn in den Wirklichkeitskategorien trifft, in denen er lebt und die er versteht. Die Abstimmung der christlichen Lehre auf das Denken und Wissen der Zeit soll also vermeiden, daß wegen irgendeines anderen, unangemessenen Ärgernisses die Begegnung mit dem Ärgernis des Kreuzes Christi verstellt wird, das allein das wahre Ärgernis des Evangeliums ist.

Nicht zuletzt aber wird man auch sehen müssen: Nachdem die Frage der Annehmbarkeit des Entwicklungsgedankens so lange diskutiert war und viele Stimmen zu dem Ergebnis gekommen waren, soweit die Entwicklungslehre rein als wissenschaftliche Theorie gehandhabt und nicht verab-

⁴⁹ Siehe ELERT: Kampf [91].

solutiert und zum metaphysischen Prinzip erhoben werde, sei sie theologisch akzeptabel und mit dem Schöpfungsgedanken verknüpfbar⁵⁰, lag es nahe, daß die Sache als entschieden gelten konnte, zumal sich die Evolutionstheorie in der Biologie inzwischen endgültig durchgesetzt hatte: Man mußte also als Theologe und als Christ mit ihr leben.

Im Zusammenwirken dieser unterschiedlichen und unterschiedlich verteilten Motive konnte so in den fünfziger und sechziger Jahren in Theologie und Kirche der Eindruck beherrschend sein, die Frage nach Schöpfung und Evolution habe man hinter sich, sie sei endgültig geklärt und entschieden. Entweder sah man keinerlei Grund, überhaupt eine Verbindung zwischen theologischen und naturwissenschaftlichen Aussagen herzustellen, kam also auch in keinerlei Konflikte, oder man hatte die Unterscheidung zwischen Wissenschaft und Weltanschauung als sicheres Mittel in der Hand, die Probleme zu entflechten. Nur äußerst selten wurden – und werden bis heute – Fragen der Schöpfungslehre so verhandelt, daß dabei einschlägige Probleme in Sicht kommen⁵¹, oder wurde gar theologischer Einspruch gegen die Entwicklungslehre erhoben.⁵²

„Der Wissenschaft geben, was der Wissenschaft ist, und Gott, was Gottes ist“ – so könnte man diesen weitgehenden Konsens auf eine prägnante Formel bringen. Eine bestechend glatte Lösung – und ernsthafte Gründe, sich ihr anzuschließen, gab es genug, wie ich anzudeuten versucht habe. So ist es kaum verwunderlich, daß sie das Feld beherrschte, bei „Modernen“ wie bei „Konservativen“ in Geltung stand und die wenigen Stimmen, die sich gegen sie wandten, völlig in den Schatten stellte.

Die Problematik dieses Weges der Theologie läßt sich in die Frage fassen: Wodurch wird dieser Weg letztlich und wirklich bestimmt – durch jene Abwandlung des neutestamentlichen Jesuswortes oder durch die Glattheit der Lösung? Beides zusammen geht nicht; zumal auch die neutestamentliche

⁵⁰ Eine in der Diskussion im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts stark beachtete Stimme dieser Art war der württembergische Pfarrer und spätere Prälat RUDOLF SCHMID [130, 131], der als Ephorus des Seminars Schöntal einen tiefen Eindruck auf KARL HEIM als Zögling dieses Seminars machte. HEIM schreibt über ihn: „Er war wohl der erste Theologe, der sich der Lehre Darwins von der Abstammung des Menschen anschloß, die damals noch neu und heiß umstritten war“ (in seiner Autobiographie: Ich gedenke der vorigen Zeiten. Hamburg: ²1957. S. 36 = Wuppertal: 1964. S. 23). Das stimmt so wohl nicht ganz (vgl. ZÖCKLER [62] Bd. 2, S. 711-716), unterstreicht aber die Bedeutung, die SCHMIDS Beitrag für die Debatte gehabt haben muß.

⁵¹ Z. B. P. BRUNNER: Adam [160] und JOEST: Adam [161].

⁵² FIÜGGE [151]; REISNER [153]; OESCH [155].

Antwort Jesu auf die Steuerfrage in all ihrer klaren Schärfe, mit der sie die Situation beleuchtet, alles andere als eine glatte Lösung war!⁵³

Der entschlossene Wille, in der Theologie die eigenen Grundlagen des christlichen Glaubens nach ihren eigenen Gesetzen zur Entfaltung kommen zu lassen ohne ständiges Schielen nach den Erkenntnissen der Wissenschaft; die Bereitschaft, die durch die Wissenschaft nach deren eigenen Gesetzen gewonnenen Erkenntnisse ohne Feilschen anzuerkennen und ernst zu nehmen, ohne sie „fromm“ („*ad usum Christiani!*“) frisieren zu wollen⁵⁴; das Sich-Einlassen auf die Aufgabe, die Gestalt christlicher Lehre zu finden, die das Evangelium ihr gibt, indem es in die gegenwärtigen Lebens- und Denkkategorien hinein zu Gehör und zur Geltung gebracht werden will: dies alles ist gut und notwendig und unaufgebbar für die Theologie. Und es birgt Motivation und Grundlage für ein solides Gespräch mit den Wissenschaften in sich. Nur: Zu einer spannungsfreien und glatten Lösung kann das nicht führen⁵⁵. Das heißt, es kommt alles darauf an, ob die Theologie die sich ergebenden Spannungen bewußt auf sich nimmt, klar ausarbeitet und zum Austrag bringt oder ob sie sich und anderen vormacht, sie sei mit diesen Ausgangspunkten zu einer glatten Lösung gekommen. Wenn sie dieser Illusion erliegt, werden die eigenen Ausgangspunkte der Theologie zum Ghetto und zum Kreisen um sich selbst, die Anerkennung der Wissenschaft wird zur sklavischen Bindung an wissenschaftliche Ergebnisse und Sichtweisen, und der Wille, die Glaubenswahrheit in die Horizonte der eigenen Zeit hinein zu formulieren, wird zur Anpassung und zum Substanzverlust.

Von dieser Überlegung ausgehend möchte ich nun einige problematische Aspekte des theologischen Umgangs mit den Wissenschaften in den letzten Jahrzehnten herausstellen:

1. Schon der registrierte Rückgang der Auseinandersetzung mit den Wissenschaften als solcher muß hier Fragen wecken. Ist die Wissenschaft wirklich anerkannt und ernst genommen, wenn man sich so wenig auf sie und ihre Erkenntnisse einläßt und sich damit auseinandersetzt? Wieweit wird hier ernsthaft mit der Wahrheit und Bedeutung wissenschaftlicher Erkenntnis gerechnet – oder sorgt hier die Theologie (oder vielleicht beide Seiten?) durch schieflich-friedliches Auseinandergehen nur für Ruhe und Unan-

⁵³ Vgl. die Kommentare zu Mk 12,13-17, bes. LOHMEYER: Das Evangelium des Markus; und SCHNIEWIND: Das Evangelium nach Markus

⁵⁴ Solange biblischer Glaube in seinem Gott den Schöpfer und Herrn der Welt erkennt und ihn als den kennt, bei dem es kein Ansehen der Person gibt, kann und darf er kein Interesse daran haben, Wahrheiten, die außerhalb christlicher Kuratel gefunden und geltend gemacht werden, zu unterdrücken oder zu schminken, sondern stellt sich ihnen.

⁵⁵ Vgl. die obigen Hinweise am Ende von Abschnitt 2.4 zum 6. Typ der Problemlösungsstrategien (S. 419f.).

gefochtenheit im eigenen Bereich? Und ist darum daran interessiert, möglichst schnell und ohne viel Aufwand zu einer glatten Grenzziehung zu kommen?

2. Andererseits: Welche Funktion kam in der Theologie der letzten Jahrzehnte der Rückbesinnung auf die Eigenständigkeit und Eigenart der Grundlagen theologischer Wahrheit tatsächlich zu, wie allen voran KARL BARTH sie zur Geltung zu bringen und durchzuhalten versuchte? Sofern mit diesem Willen, die Theologie ganz auf ihre eigenen Grundlagen zu stellen, vielfach ein Verzicht auf die eingehendere Auseinandersetzung mit den Wissenschaften verbunden war, verband sich mit ihm auch leicht die Tendenz zur Räumung aller wissenschaftlich besetzten Gebiete, das heißt zur grundsätzlichen Entlassung aller zu diesen Gebieten gehörenden Aussagen (z. B. Feststellung historischer Tatbestände oder Aussagen über Naturereignisse) aus dem Bereich theologischer Wahrheit und Aussagekompetenz. So umgesetzt wird aber der Rückzug auf die „eigenen“ Grundlagen der Theologie geradezu zum Einlaßtor für eine geheime Fremdbestimmung der Theologie: Denn nun muß sie ihr „Eigenes“ aufgrund der wissenschaftlichen Gegebenheiten so definieren, daß es ja nirgends fremdes Gelände berührt!⁵⁶ Insofern muß man vielleicht sagen: Gerade dadurch und insoweit, als der Wille zur Rückbesinnung auf die eigenen Grundlagen der Theologie meinte, auf die intensive Auseinandersetzung mit den Wissenschaften verzichten zu können, und zum Vehikel einer schnellen und sauberen Grenzziehung wurde, scheiterte er weitgehend oder wurde gar in sein Gegenteil verkehrt, weil ihm die notwendige Klärung in der Durcharbeitung der so vermiedenen Spannungen fehlte.

3. Allgemeine Bestimmungen des Verhältnisses von Wissenschaft und Glaube sagen noch nichts darüber aus, wie der Glaubende das, was ihm zum Beispiel beim Lesen der Bibel an konkreten Aussagen und Vorstellungsinhalten begegnet, aufnehmen und zu seinen konkreten wissenschaftlichen Erkenntnissen in Beziehung setzen soll. Hier aber schwieg sich die Theologie weitgehend aus (abgesehen von der Entmythologisierungsdebatte, die sich aber unter anderen Vorzeichen und auf anderer Ebene vollzog) und begnügte sich mit der schiedlich-friedlichen Trennung der Gebiete.

4. Auch darin zeigt sich, daß die gefundene Zuordnung von Wissenschaft und Glaube gar nicht an inhaltlicher Durcharbeitung zur Klarheit gebracht worden war, sondern lediglich auf formalen Erwägungen und religionsphilosophischen Entscheidungen beruhte (soweit man ausdrücklich über die Frage reflektierte und sich nicht in rein pragmatischem Verhalten dem Trend anschloß). Das aber bedeutet, daß hier letztlich keine Klarheit gewon-

⁵⁶ BARTH selbst hat seine theologischen Aussagen nie in diese Grenzen einsperren lassen. Aber er konnte diesen Trend mit seinen Mitteln auch nicht aufhalten.

nen war, sondern nur eine beruhigende Formel, mit der man bei nicht allzu genauem Hinsehen das Gelände einteilen konnte. Wirkliche Klarheit wäre erst vorhanden, wenn in der Durcharbeitung des beiderseitigen Erkenntnisinhalts und seiner Grundlagen geprüft wäre, ob und wie die formal ange-setzte Zuordnung wirklich paßt und was ihre Bedingungen und Grenzen sind.

5. Wie ungeklärt die Dinge sind, mag an drei unterschiedlichen theologischen Denkmustern deutlich werden:

- a) Zunächst eine Denkfigur, die sich immer wieder da einstellt, wo Theologen sich einmal wirklich konkret zum Beispiel auf die Evolutionstheorie und ihre Bedeutung für die theologische Anthropologie einlassen: In irgendeiner Weise läuft das fast immer darauf hinaus, daß die wissenschaftliche Erkenntnis ja nur an der Oberfläche oder im Vordergründigen bleibt, während in der Glaubenserkenntnis, die Gegenstand der Theologie ist, das Wesentliche am Menschen erfaßt wird⁵⁷. Letztlich hat dann also doch die Theologie das überlegene Wissen; der Unterschied zur mittelalterlichen Zuordnung besteht dann eigentlich wohl nur darin, daß jetzt nicht mehr vom Wesentlichen (und also von der Theologie) her festgelegt ist, wie die Zusammenhänge auf der Erscheinungsebene (und also im Blickfeld der Wissenschaft) auszusehen haben. Aber: Kann man *Wesen* und *Erscheinung* so voneinander abkoppeln, wenn man noch sinnvoll reden will? Und: Bei aller Einsicht in die Begrenztheit und Bedingtheit unserer wissenschaftlichen Erkenntnis – so harmlos ist das Selbstbewußtsein der Wissenschaft doch auch heute keineswegs und kann es in unserer abendländischen Tradition auch gar nicht sein, daß sie ihre Erkenntnisse so anstandslos und bereitwillig in ihrem Anspruch derartig zurückstufen und beiseiterangieren und einer anderswoher bestimmten höheren Wirklichkeitssicht einfach ein- und unterordnen ließe! Hier scheint ein Friede proklamiert zu werden, für den es zwar durchaus Argumente gibt, der aber so noch gar nicht erkämpft, geschweige denn geschlossen wurde!
- b) Unter konservativ denkenden Theologen wird die Grenze manchmal anders bestimmt, nämlich durch Rückgriff auf die Unterscheidung von natürlichem und übernatürlichem Geschehen oder von innerweltlichem

⁵⁷ Man sehe daraufhin einmal die Argumentationen an den im Literaturverzeichnis angegebenen Stellen der Titel Nr.135 - 144 durch! Auch BULTMANNs existenztheologische Überordnung des „Existentiellen“ gegenüber dem „objektivierenden Denken“ der Wissenschaft ist ein Denkweg dieser Art. Und selbst ALTNERS Gedankengang bleibt trotz aller Modifikationen diesem Stufenschema treu: „Jede auch noch so offene Theorie der Selbstorganisation der Materie wird und muß weit hinter dem zurückbleiben, was die Schöpfungstheologie über das Ursprungsgeheimnis der Welt aussagt“ ([194], S. 278).

Geschehen und souveränem Handeln Gottes⁵⁸. Die Kompetenz und der freie und autonome Zugriff der Wissenschaft erstreckt sich dann auf alles rein innerweltliche Geschehen, während sich die Taten Gottes – trotz ihres konkreten Geschehenseins in der Welt – ihrem Zugriff entziehen und allenfalls in ihren Randerscheinungen in den Blick der Wissenschaft kommen können. Wenn in Verbindung damit dann der Zuversicht Ausdruck gegeben wird, bei dieser klaren Trennung der Gebiete könne es zu keinem Konflikt mit einer Wissenschaft kommen, die ihre Grenzen kennt und einhält, dann steht auch unter diesem neuen Aspekt wieder die Frage auf: Wird denn die Wissenschaft, die ihre Grenzen kennt und einhält, diese Grenzen genau so sehen, wie sie hier der Theologie gesehen hat?

- c) Um allen diesen Verlegenheiten aus dem Wege zu gehen, versuchen manche, der Wissenschaft das Feld der Feststellung und Durchdringung der Wirklichkeit völlig zu überlassen und die Theologie von allen faktenbezogenen und metaphysischen Wirklichkeitsbehauptungen frei zu halten. Wo das geschieht, zieht sich die Theologie in die Kategorie der Deutung zurück: sie hat nichts Eigenes mehr mitzuteilen, sondern sie kommentiert sozusagen nur noch das Geschehen in der wissenschaftlich erforschten oder in der alltäglich erlebten Welt und gibt ihm (nachträgliche!) Sinndeutungen. Diese Grenzziehung ist klar und konsequent – aber sie hat die Grundlagen christlicher Theologie preisgegeben. Und von seiten eines entschlossenen wissenschaftlichen Denkens wird man hier die spitze Frage zu hören bekommen, wozu die Deutung wohl noch nötig sei, wenn man die Erkenntnis der Sache schon habe ...!

6. In all dem meldet sich das eigentliche Problem: Das Verhältnis der im Glauben erfaßten Wirklichkeit Gottes zur Wirklichkeit wissenschaftlich erfaßter und alltäglich erlebter Weltgegebenheiten bleibt bei der schiedlich-friedlichen Trennung der Gebiete zwischen Glaube und Wissenschaft völlig im Unklaren; und damit auch der Sinn und Wirklichkeitsgehalt des theologischen Redens von Gott und seinem Tun überhaupt – zumindest für den Zeitgenossen, der sein Verständnis von Wirklichkeit zunächst einmal an der Wissenschaft ausgerichtet hatte und dem man doch das Evangelium dadurch hatte zugänglich machen wollen, daß man den Konflikt mit der Wissenschaft vermied. Was übrig bleibt, wo man mit dieser Trennung der Gebiete konsequent ist, das ist die Reflexion des Glaubens auf sich selbst vom Standpunkt des Glaubens aus ... Worin die Aussagen des Theologen dabei ihren Grund und Gegenstand haben, das muß hier geradezu dem Außenstehenden unklar bleiben (und doch wohl auch dem redenden Theologen

⁵⁸ Vgl. etwa P. BRUNNER: Die großen Taten Gottes und die historisch-kritische Vernunft. In ders.: *Pro Ecclesia* ([156]) Bd. 1, S. 66-82.

selbst, wenn er nicht insgeheim für sich selbst noch in einer anderen, „natürlicheren“ Sprache denkt oder sich nicht völlig in eine eigene Reflexionswelt hineingelebt hat!). –

Diese Hinweise auf die tiefgreifende Problematik des weitgehenden theologischen Konsenses über die Problemlosigkeit der Zuordnung von Wissenschaft und Glaube mögen genügen. An dem Raster unserer fünf Problem-ebenen⁵⁹ sei noch einmal kurz zusammengefaßt und verdeutlicht, wie dieser Konsens funktioniert: Auf Ebene 5 („Methode“) wird entschieden, wie die Kompetenzen der autoritativen Anrede durch die christliche Verkündigung einerseits und der wissenschaftlich-empirischen Erforschung der Wirklichkeit andererseits zu verteilen sind; dafür gibt es mehrere Muster:

Verkündigung

Erschließung des Wesens
Persönliche Akte und Einstellungen
Übernatürliche Wirklichkeit
Deutung

Wissenschaft

– Erfassung der Erscheinungen
– Objektives Sachwissen
– Natürliche Wirklichkeit
– Erfassung der Realität

Durch diese saubere Verteilung entfällt bereits die Auseinandersetzung auf den Ebenen 1 (biblischer Wortlaut) und 2 (biblisches Welt- und Geschichtsbild) wie von selbst (bei der Abgrenzung „natürliche/übernatürliche Wirklichkeit“ nur begrenzt, aber immerhin zu einem guten Teil). Übrig bleibt dann nur noch die Notwendigkeit einer Auseinandersetzung um das Menschenbild (Ebene 3) und um das Wirklichkeitsverständnis (Ebene 4) beziehungsweise gar nur um die „Deutung“ des Menschen und der Wirklichkeit.

Es dürfte hinreichend deutlich geworden sein, wieviel gravierende Unklarheiten der Konsens über das schieflich-friedliche Nebeneinander von Wissenschaft und Glaube in sich birgt, und zwar in jeder der unterschiedlichen Ausprägungen, die wir berührt haben. Die angemessene Klarheit über die inhaltlichen Grundlagen des Glaubens und der Theologie und über ihr Verhältnis zu wissenschaftlicher Erkenntnis, die allein jene propagierte problemlose Passung von Wissenschaft und Glaube wirklich tragen und ihr als theologisches Kriterium dienen könnte, ist in diesem Konsens keineswegs erreicht, sondern wird durch ihn eher verhindert, sofern aufkommende Fragen in seinem Einflußbereich schnell als irrelevant, längst überholt und peinlich beiseitegefegt und verdrängt werden.

Wenn die nötige Klarheit wirklich gewonnen werden soll, bedarf es hierin einer entschlossenen Neuorientierung und der Bereitschaft, sich noch einmal von Grund auf neu der ganzen Frage nach dem Verhältnis von Wissen-

⁵⁹ Siehe oben Abschnitt 3.1, S. 421ff.

schaft und Glaube, von Glaubensgrundlagen und -inhalten und wissenschaftlichen Erkenntnisgrundlagen und -inhalten zu stellen und dabei auch die bisher verdrängten und unterdrückten Fragen wieder neu zuzulassen und aufzunehmen⁶⁰. Alle jene Entscheidungen, mit denen die Theologie einer gründlichen und theologisch wirklichkeitsbezogenen Auseinandersetzung mit der wissenschaftlichen Wirklichkeitsbetrachtung und -erkenntnis ausgewichen ist, sind dabei noch einmal neu zu bedenken.⁶¹

In diesem Zusammenhang und in diesem Sinn wird sich die Theologie der Herausforderung durch den *Kreationismus* stellen und die Frage *Schöpfung und Evolution* noch einmal aufnehmen müssen – und sich dabei um klare Erkenntnis in den anstehenden Fragen bemühen und zu klarem Eingeständnis des Nichtwissens bereit sein an den Stellen, wo ihr Erkenntnis versagt bleibt.

4.2 Zu den Anliegen und Grundpositionen des „Kreationismus“

Auch hier kann es wie im vorigen Abschnitt nur um ein Durchschnittsbild gehen, Nuancierungen und unterschiedliche Positionen im einzelnen müssen dahingestellt bleiben. Ich möchte einige grundlegende Aspekte der kreationistischen Position ins Blickfeld rücken, die mir bei der Lektüre einschlägiger Literatur als wesentlich vor Augen getreten sind und die mir für das Gespräch und für eine weiterführende Arbeit an den Sachfragen wichtig zu sein scheinen⁶². Dabei geht es mir darum, die sachlich-argumentativen Grundpositionen und Grundgedanken zu erfassen und den Kampf des *Kreationismus* gegen den Evolutionsgedanken von da her in seinen Motiven und sachlichen Gründen zu verstehen. Nur auf dieser Grundlage können

⁶⁰ Dazu gehören weithin Fragen wie die nach der transsubjektiven Wahrheit von Glaubensaussagen, nach der Abhängigkeit der Geltung und Glaubwürdigkeit der „biblischen Botschaft“ von der Geltung und Wahrheit der biblischen Einzelaussagen, nach der Bedeutung des Wissens um Gott und sein Handeln für unser Welterkennen (und damit auch für die Wissenschaft oder zumindest für den Umgang des Christen mit ihr!) usw.

⁶¹ Das heißt nicht, daß sie alle rückgängig zu machen und neu zu treffen wären! Denn wir stehen nicht mehr an dem Zeitpunkt, zu dem sie getroffen wurden, und sie haben seither ihre Folgen und Auswirkungen gehabt, die wir nicht rückgängig machen können. Wir haben unsere Entscheidungen an unserer Zeitstelle zu treffen und gemäß den Gegebenheiten, die hier in unsere Verantwortung gelegt sind. Dafür ist das Bedenken und Beurteilen vergangener Entscheidungen wichtig, vermag aber nicht deren Realität und Folgen zu beseitigen, die nun den Rahmen unserer Entscheidungsmöglichkeiten mitbestimmen. Zusammen mit dem Bedenken vergangener Entscheidungen haben wir erst noch zu fragen, welche Wege uns hier und heute geöffnet werden.

⁶² Für erste Hinweise zur Geschichte der neueren kreationistischen Bewegung verweise ich auf BECK in [332], S. 12-17, WHITCOMB [355] und die „Introduction“ von MORRIS in [312].

dann auch die notwendigen kritischen Fragen, strittigen Probleme und kontroversen Stellungnahmen angemessen formuliert und ins Spiel gebracht werden. Dabei muß ich hier – was der Sache nicht ganz angemessen ist – die naturwissenschaftlichen Argumentationen auf sich beruhen lassen und mich auf die geistigen Grundlagen kreationistischen Denkens beschränken; genau genommen müßte man beides in seiner gegenseitigen Durchdringung betrachten.

Ich habe in der Überschrift die Bezeichnung „*Kreationismus*“ in Anführungszeichen gesetzt. Diese Anführungszeichen markieren ein Doppeltes: zum einen das Faktum, daß sich in dieser Bezeichnung das Selbstverständnis derer ausdrückt, die sich so bezeichnen, zum anderen meine zurückweisende Stellungnahme gegenüber dem darin liegenden „Alleinvertretungsanspruch“ bezüglich eines wahrhaft biblisch ausgerichteten Schöpfungsglaubens.

Aber gleichgültig, wie man sich dazu stellt – man wird den Kreationismus in seiner Intention von hier aus verstehen müssen: Er sieht sich im Kampf um die Schöpfungswahrheit als solche schlechthin, als Zeuge für diese Wahrheit gegenüber dem säkularisierten Denken unserer Zeit und gegenüber einer Christenheit, in der dieses säkularisierte Denken immer mehr Raum gewinnt und so auch für sie die Schöpferherrlichkeit Gottes verdeckt und Gott die Ehre raubt, die ihm gebührt.

Es geht dem Selbstverständnis des *Kreationismus* nach also ums Ganze⁶³, nicht nur um ein bestimmtes Verständnis des Schöpfungsglaubens neben anderen. Auch hier gilt also in einer speziellen Weise, was wir oben allgemein und grundsätzlich sahen: Die grundlegende Front ist nicht eine innerchristliche, sondern die der Auseinandersetzung mit dem Atheismus, Materialismus oder Naturalismus, wie er weithin das wissenschaftlich geprägte Denken durchdringt⁶⁴; die innerchristliche Frontstellung ist nur Bestandteil und Nebenschauplatz dieser Auseinandersetzung nach außen.

Wenn ich recht sehe, kann man das inhaltliche Profil, das dem Kreationismus in diesem Kampf seine konkrete Ausprägung gibt, in drei Grundanliegen zusammenfassen:

⁶³ Und zwar nicht nur ums Ganze der Geltung der wahren christlichen Schöpfungslehre, sondern ums Ganze der Geltung der biblischen Gotteswahrheit überhaupt, also ums Ganze des christlichen Glaubens und ums Ganze der wahren Ausrichtung und Orientierung des menschlichen Lebens in der Welt! Vgl. dazu etwa MORRIS: *Erde* [298], S. 6-10.71-79, oder noch prägnanter ders.: *Zwielicht* [292], S. 7-13.21-29.101.

⁶⁴ Das manifestiert sich z. B. schon im Buchtitel von WILDER SMITH: *Die Demission des wissenschaftlichen Materialismus* [278]. Einzelnachweise erübrigen sich hier, da diese Front in kreationistischer Literatur häufig explizit angesprochen wird.

1. Er tritt für ein theistisches Wirklichkeitsverständnis ein, in dem die Welt nicht ohne den Bezug zu ihrem Schöpfer gesehen und verstanden werden kann und das Handeln des Schöpfers sich in der souveränen und unvermittelten Hervorbringung realer Welttatbestände und in deren weiser und vollkommener Ordnung manifestiert.
2. Er tritt für die unbedingte Wahrheit aller biblischen Aussagen auf jedem Gebiet ein, insbesondere für die Wahrheit des biblischen Welt- und Geschichtsbildes und seiner Chronologie.
3. In beiderlei Hinsicht geht es ihm um die objektive Wahrheitsgeltung dessen, wofür er eintritt, nicht um eine „persönliche“ oder „religiöse“ Wahrheit, die rein subjektiv wäre, unverbunden neben der wissenschaftlichen stünde und mit dieser nichts zu tun hätte; darum muß der Kampf auf dem objektiven Feld der Wissenschaft geführt werden, durch wissenschaftliche Bestreitung aller jener wissenschaftlichen Wirklichkeitsbilder und -erklärungen, die biblischen Aussagen entgegenstehen und die in selbstgenügsamer Immanenz die Welt aus sich selbst erklären und damit den Gottesglauben der Beliebigkeit preisgeben und den Materialismus in sich tragen und suggestiv begründen.⁶⁵

Will man die Grundlagen der kreationistischen Position näher beleuchten und diskutieren, so kann das, wie mir scheint, am besten in fünf miteinander zusammenhängenden Gedankenkreisen geschehen: In der Erörterung des Verständnisses von Wissenschaft, des Verständnisses von Wahrheit, des Verständnisses der Bibel, des Verständnisses von Schöpfung und des Verständnisses von Gottes Sein und Wesen. Daneben wäre auch die kreationistische Argumentations- und Vorgehensweise näher zu untersuchen und zu diskutieren.

1) Zum Wissenschaftsverständnis

Wenn man dem Kreationismus unterstellt, er nehme den Titel *Wissenschaft* einfach unbegründet für einen Glaubenskampf in Anspruch und kämpfe in Wirklichkeit einfach nur in falsch verstandenem religiösem Eifer gegen wissenschaftliche Ergebnisse, die seinen Glaubenssätzen widersprechen, so greift man am wahren Tatbestand vorbei⁶⁶. Der Kreationismus weiß sehr

⁶⁵ Wie diese drei Grundpositionen ineinandergreifen, wird sehr schön deutlich bei MORRIS: *Zwielicht* [292], S. 12f.34f.

⁶⁶ Dies gilt jedenfalls – und darum allein geht es in diesem Abschnitt – im Blick auf die maßgeblichen Vorkämpfer eines „*wissenschaftlichen Kreationismus*“. Daß unter dessen Anhängern dann immer wieder der religiöse Eifer ohne eigene wissenschaftliche Motivation und Reflexion nach den „Ergebnissen“ greift, ist eine andere Sache; wie weit das mit dem kreationistischen Wissenschaftskonzept und mit dem kreationistischen Umgang mit Wissenschaft zusammenhängt und von da aus Nahrung und Stütze empfängt, kann ich hier nicht untersuchen; immerhin liegt die Frage nahe. Die reine Tatsache, daß

wohl, daß wissenschaftlichen Ergebnissen nicht durch gläubige Beteuerungen, sondern nur durch wissenschaftliche Argumentation widersprochen werden kann – sonst wäre er als *scientific creationism* gar nicht erst angetreten. Und es ist ihm mit der Wissenschaftlichkeit durchaus ernst. In seinen führenden Köpfen lebt ein durchaus eigenständiges Engagement für Wissenschaft und wissenschaftliche Erkenntnis. WILDER SMITH kann etwa gar formulieren: „[Ich setze] als Naturwissenschaftler das Postulat eines denkenden (bewußtdenkenden) Schöpfers voraus, um meine Wissenschaftlichkeit bei der Erklärung der Entstehung des Lebens und der Spezies zu wahren. Religion spielt in meinen Überlegungen eine sekundäre Rolle – sie ist eher das Resultat meiner wissenschaftlichen Erkenntnisse und nicht umgekehrt“⁶⁷. Wenn es hier um etwas zu streiten gilt, dann jedenfalls zuerst nicht um die Wissenschaftlichkeit, sondern um das Wissenschaftsverständnis. Erst wenn hier klare Positionen einander gegenüberstehen, kann dann auch eine klare Diskussion um die Wissenschaftlichkeit des Vorgehens geführt werden.

Wer nach dem Wissenschaftsverständnis des Kreationismus fragt, stößt auf ein eigenartiges Phänomen. Einerseits bekommt er etwa zu lesen: „Die Heilige Schrift und die Naturwissenschaft stehen nicht im Widerspruch zueinander, sie sind nicht miteinander im Wettstreit; sie sind von Gott in der Weise beabsichtigt, daß die letztere durch die erste definiert, bedingt und geführt wird, was dann zu echter wissenschaftlicher Wahrheit führt“⁶⁸; also: Die rechte Naturwissenschaft ist abhängig von der Bibel. Auf der anderen Seite begegnet man dem Anspruch, der Kreationismus sei keineswegs eine religiöse Lehre, sondern eine unabhängig von allem religiösen Glauben wohlbegründete wissenschaftliche Theorie⁶⁹, findet Buchausgaben, die im

der Kreationismus wissenschaftliche Ergebnisse als Kampfmittel in einem geistigen Kampf einsetzt, ist als solche freilich kein Grund zu Vorwürfen, allenfalls die Art, wie dies geschieht!

⁶⁷ factum 4/1993 [286], S. 7. Die Aussage mag vielleicht ein klein wenig überzogen sein, aber auf dem Hintergrund der autobiographischen Aussagen von WILDER SMITH im factum-Interview [282] erscheint sie als im ganzen sehr ernst zu nehmende Charakterisierung seiner tatsächlichen Stellung in dieser Sache: Der Glaube an die Wahrheitskompetenz der Wissenschaft ist hier durch die Bekehrung hindurch uneingeschränkt durchgehalten; die Glaubensinhalte, die sich auf Sachverhalte im Bereich der wissenschaftlich erfaßbaren Wirklichkeit beziehen, werden voll der Frage nach ihrer wissenschaftlichen Legitimation ausgesetzt.

⁶⁸ WHITCOMB / DE YOUNG [302], S. 80, vgl. ebd. S. 84.85 Vgl. auch MORRIS [292], S. 34-35, und GITT [329], S. 10

⁶⁹ Diese These spielt eine wichtige Rolle im Kampf des amerikanischen Kreationismus darum, daß im biologischen Fachunterricht der öffentlichen Schulen das „Schöpfungsmodell“ gleichberechtigt neben das „Evolutionmodell“ treten müsse „(Two-Model-Approach)“, ist aber natürlich auch für das wissenschaftliche Gespräch von Bedeutung.

Sinn dieses Anspruchs eigens für den Gebrauch an öffentlichen Schulen der USA von den – in den Parallelausgaben enthaltenen – Bezugnahmen auf die Bibel gereinigt sind⁷⁰, und trifft auf ganze Bücher, die „rein wissenschaftlich“, ohne Bezugnahme auf die Autorität der Bibel (und z. T. auch überhaupt ohne Bezugnahme auf die Bibel) für eine wissenschaftliche Betrachtung der Wirklichkeit im Sinne des Theismus und Kreationismus argumentieren.⁷¹

Dies sieht zunächst wie ein Widerspruch aus, und in der Tat mögen hier auch Unterschiede zwischen den einzelnen Autoren eine gewisse Rolle spielen; im ganzen aber läßt sich, denke ich, durchaus ein kreationistisches Wissenschaftskonzept herausfinden, in dem diese unterschiedlichen Erscheinungsformen einheitlich verwurzelt sind.

Als Kern dieses Konzepts lassen sich, soweit ich sehe, drei Grundpostulate fassen, mit denen der Kreationismus sich fest in der neuzeitlichen Wissenschaftstradition verankert:

- a) Die Aufgabe wissenschaftlicher Erkenntnis ist es, kausale Erklärungen zu liefern⁷²;
- b) wissenschaftliche Erkenntnis muß die Gestalt von Theorien haben, die einen strengen logischen Zusammenhang darstellen; logische Brüche und unverbundenes Nebeneinander darf es hier nicht geben⁷³;

In beiderlei Hinsicht vgl. den Leserbrief von MORRIS in: BECK/HÖRNICKE/SCHNEIDER [332], S. 65-67; in letzterer Hinsicht auch das obige Zitat von WILDER SMITH (Anm. 67). Zur Gesamtstrategie, die mit dieser These verbunden ist, vgl. [332], S. 50f.

⁷⁰ Siehe [290] und [309]

⁷¹ In unserem Raum sind hier vor allem die meisten Titel von WILDER SMITH zu nennen. In einem mehr mittelbaren Zusammenhang wäre aber auch an Literatur zu denken, die in letzter Instanz einer kreationistischen Sicht dienen will, sich aber auf die rein naturwissenschaftliche Untersuchung naturwissenschaftlicher Teilfragen beschränkt, um hier Positionen der Evolutionstheorie zu erschüttern und eigene Positionen zu stützen: z. B. SCHEVEN: Daten zur Evolutionslehre [328]; ders.: Karbonstudien [344]; SCHNEIDER: Urknall [331]; HEINZE: Datierungsfragen [345]; GITT: Am Anfang [357].

⁷² An der oben zitierten Stelle (Anm. 67) sieht WILDER SMITH seinen Gegensatz zum Darwinismus in dessen mangelnder Erklärungskraft. Vgl. auch WILDER SMITH: Grundlage [276], S. 125-127; ders.: Erschaffung [275], S. 144.145.178-180; MORRIS: Erde [298], S. 11-13; ders.: Zwielficht [292], S. 45 (hier sieht MORRIS die Stärke der Bibel darin, daß sie den Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik – als Gesetz der Vergänglichkeit – nicht nur in seiner Geltung beweisen kann wie die Naturwissenschaft, sondern in der Erzählung vom Sündenfall auch die Erklärung dafür gibt, warum er gilt).

⁷³ Dieses Postulat begegnet mannigfach in dem Vorwurf an die Evolutionstheorie, sie gebe eben gerade nicht einen klaren und bruchlosen logischen Zusammenhang bzw. ihre Vertreter verführen an dieser oder jener Stelle unlogisch. Vgl. z. B. WILDER SMITH: Gott [277], S. 38-50; GITT: Logos [329], S. 173f; MORRIS: Erde [298], S. 60 (Unzulässigkeit von Nebentheorien über die Sternentwicklung, die von der Haupttheorie unabhängig sind).

- c) die gegebenen einschlägigen Fakten müssen spannungsfrei in die Theorie eingefügt werden können, andernfalls ist diese durch eine andere zu ersetzen⁷⁴.

Die beiden letzten Postulate sind weithin wissenschaftstheoretisches Allgemeingut; das erste entspricht zwar in gewisser Weise einem verbreiteten Verständnis von Naturwissenschaft, gewinnt aber hier sein eigenes Profil durch die Schärfe und Unerbittlichkeit, mit der es geltend gemacht wird.

Wie man sieht, sind diese Postulate sachlich unabhängig von einer Annahme der Wahrheit der Bibel oder des christlichen Glaubens; sie enthalten also einen Ansatz dazu, Wissenschaft eigenständig auf eigenen formalen Grundlagen zu fundieren.

Wie man weiter sieht, stellen diese Postulate Kriterien dar, an denen man vorliegende Theorien messen kann, enthalten aber keine Vorschriften darüber, wie man beim Aufbau einer Theorie verfahren soll, welcherlei Begriffe in eine Theorie eingehen dürfen, welcherlei Charakter die gesuchte Kausalität haben muß, was als anerkannter einschlägiger Faktenbereich gelten soll usw. In diesen Dingen ist also eine Bindung an die gängigen Standards des Wissenschaftsbetriebes nicht ohne weiteres programmiert.

Und hier erfolgt nun die Weichenstellung. Zwar scheint naturwissenschaftliche Erkenntnis im gängigen Sinn als Induktion aus wiederholbaren Experimenten verstanden zu sein, und ihre so verstandene Gültigkeit wird fraglos oder emphatisch akzeptiert, soweit dies gegenwärtig wirksame Naturgesetze betrifft. Aber hier liegt auch die Grenze der induktiven naturwissenschaftlichen Methode: auf die Frage nach den Anfängen und dem Werden der Welt ist sie nicht anwendbar, denn hier gibt es keine wiederholbaren Erfahrungen (Analoges gilt für die Wunder Gottes); wer anhand der spärlichen Indizien hier induktiv vorgehen will, interpoliert ständig gemäß seinen vorgefaßten Gedanken und verfährt also de facto doch deduktiv.⁷⁵

Man muß hier also grundsätzlich deduktiv verfahren, indem man mit einer Annahme beginnt – entweder mit der theistischen, daß Gott die Welt geschaffen hat, oder mit der atheistischen, daß die Welt ohne Gott erklärt werden kann – und daraus dann sein System und seine Schlußfolgerungen ableitet, um dann an den Fakten zu prüfen, ob die Theorie (und damit ihre Grundannahme) berechtigt erscheint oder nicht. Geht man dabei von der theistischen Annahme aus, so ist darin für den Christen mitgegeben, daß er sich in erster Linie an die Aussagen der Bibel als die untrüglichen Offenbarungen Gottes hält, in denen er aus erster Hand die Wahrheit und die

⁷⁴ Siehe z. B. MORRIS: Erde [298], S. 60f; GISH: Fossilien [309], S. 159; WHITCOMB / DE YOUNG: [302], S. 85, Anm. 26.

⁷⁵ WHITCOMB/DE YOUNG: [302], S. 68f; MORRIS: Zwielicht [292], S. 34-35; vgl. GITT: Logos [329], S. 10. 20-23

grundlegenden Fakten erfährt⁷⁶. Insofern ist also – wenn man von der theistischen Annahme ausgeht – wahre Wissenschaft und insbesondere alles wahre menschliche Wissen von den Anfängen inhaltlich an die Bibel gebunden.

Andererseits bleibt aber die eigene formale Grundlage der Wissenschaft und der Konsens mit der gängigen Naturwissenschaft im Blick auf die unverbrüchliche Geltung der Naturgesetze in der bestehenden Welt davon unberührt. Insofern kann sich der Kreationist durchaus auch unmittelbar und sozusagen ohne religiöse Voraussetzungen auf die Wissenschaft berufen, indem er auf induktiver Grundlage anhand von Fakten und Naturgesetzen zu zeigen versucht, daß viele Annahmen der Evolutionstheorie falsch und unhaltbar sind – dabei werden dann die Grundpostulate als Kriterien der Wissenschaftlichkeit in aller Schärfe geltend gemacht! –, während die Tatbestände doch problemlos zur theistischen Theorie passen und sich deren Wahrheit aufgrund der Tatbestände eigentlich geradezu aufdrängen müßte⁷⁷. Und wenn sich dabei herausstellt, daß der Konsens über die Geltung der Naturgesetze jedenfalls in deren Anwendung doch nicht vorhanden ist, so nimmt der Kreationist für sich in Anspruch, der bessere und konsequentere Naturwissenschaftler zu sein, da er strenger als der Evolutionist an der unverbrüchlichen und unveränderlichen Geltung der Naturgesetze während des ganzen Bestehens der Welt festhält und da es zu viel von den Naturgesetzen verlangt wäre, wenn sie nicht nur das Funktionieren der Dinge in der Welt, sondern auch noch das Entstehen aller Dinge beschreiben oder erklären sollten.⁷⁸

Die Diskrepanz zwischen dem heute gängigen und dem kreationistischen Wissenschaftsverständnis bringt MORRIS in einem kurzen Artikelchen von einer Druckseite auf den Nenner, daß es sich bei dem gängigen Verständnis um eine Umdefinition handle, in der Wissenschaft wesentlich als Naturalismus oder Materialismus verstanden und jeder Hinweis auf einen übernatürlichen Ursprung aus ihr ausgeschlossen werde, obwohl naturalistische Erklärungen sich als gänzlich ungeeignet zur Erklärung der Ursprünge erwiesen hätten; demgegenüber halte der Kreationismus am ursprünglichen

⁷⁶ MORRIS: Zwielight [292], S. 34-35; vgl. WHITCOMB/DE YOUNG: [302]), S. 80f.85.

⁷⁷ GISH: Fossilien [309], S. 13-31.144-167; Die Debatte [332], S. 65-67 (Leserbrief von MORRIS); WILDER SMITH: Planender Geist [280], S. 125f. – In etwas anderer Weise geht BECK vor, wenn er von einem biblisch bestimmten Denkraum ausgeht und sich dabei dem Anspruch stellen will, daß das naturwissenschaftliche Faktenwissen – soweit es nicht durch theoretische Interpretationsansätze ideologisch befrachtet ist – unverstümmelt in diesen Rahmen aufgenommen werden muß: Biologie [327], S. 5-13; vgl. auch GITT: Logos [329], S. 28.

⁷⁸ SCHNEIDER: Urknall [331], S. 19; vgl. MORRIS: Erde [298]), S. 22-28; ders.: Zwielight [292], S. 38-44.

und wahren Konzept von Wissenschaft fest, demgemäß Wissenschaft die systematisch geordnete Gesamtheit der bekannten Wahrheit beziehungsweise zumindest ein Forschen nach Wahrheit sei, wobei es für die wissenschaftliche Methode wesentlich sei, daß sie in Experiment und Beobachtung bestehe, mit bewiesenen Tatsachen arbeite und zu streng überprüfbaren Voraussagen führe⁷⁹. Daß es sich bei der gängigen Umdefinition der Wissenschaft um eine durch die laufende Debatte um Schöpfung und Evolution angestoßene Entwicklung handle, wie MORRIS schreibt, ist freilich ebenso unzutreffend, wie es bezeichnend sein dürfte, daß MORRIS sich für das kreationistische Verständnis von Wissenschaft auf die Formulierungen eines 1828 erschienenen Lexikons bezieht: Der beanstandete Naturalismus hat im wesentlichen bereits im neunzehnten Jahrhundert die Wissenschaften erobert, und der Kreationismus versucht, dahinter zurückzugreifen und an frühere Konzepte neu anzuknüpfen, um im Kampf gegen die naturalistische Entwicklung der Wissenschaft in eins ihre Wissenschaftlichkeit und ihre Bindung an die göttliche Wahrheit zurückzugeben, die er dort beide preisgegeben und verloren sieht.⁸⁰

Ich hoffe, daß in dem Gesagten deutlich geworden ist, daß man dem Kreationismus nicht unterstellen darf, es handle sich bloß um den religiösen Kampf einiger Finsterlinge gegen unliebsame Ergebnisse der Wissenschaft mit undurchdachten pseudowissenschaftlichen Argumenten, sondern daß hier durchaus ein eigenständiges Interesse an wissenschaftlicher Erkenntnis und ein zwar – soweit mir bekannt – nicht ausgearbeitetes, aber doch durchdachtes und in seinen Grundzügen erkennbares Konzept von Wissenschaft in die Kontroverse eingebracht wird. Dieses Konzept tritt zum gängigen dadurch in Alternative und Konfrontation, daß es sich von dessen materialistischer und atheistischer Betrachtungsweise absetzt, also von dem Postulat, Meßbares nur auf Meßbares zurückzuführen; es setzt dem eine Betrachtungsweise entgegen, die auf die Ordnungsstrukturen der Welt verweist und den Anspruch erhebt, diese Ordnungsstrukturen seien als solche nur erklärbar, wenn man sie auf einen planenden Geist zurückführt, und nur unter Voraussetzung eines logisch denkenden Weltkonstruktors gewinne die Wissenschaft die Basis, auf der ein wirklich logisches und wissenschaftliches Vorgehen überhaupt möglich wird⁸¹. Man kann den Diver-

⁷⁹ MORRIS: *The New Meaning* [311]; vgl. dazu auch WILDER SMITH: *Die Demission* [278], S. 9-14.56-59; ders.: *Gott* [277], S. 30-33.47-48.112; ders.: *Planender Geist* [280], S. 78-81.

⁸⁰ Vgl. WILDER SMITH: *Die Erschaffung* [275], S. 131f.

⁸¹ MORRIS: *Erde* [298], S. 12f.20f; WILDER SMITH: *Gott* [277], S. 5.30-33.35-37.47-48.59-69.111f; ders.: *Erschaffung* [275], S. 63f.143-150; ders.: *Planender Geist* [280], S. 48f.78-81.

WILDER SMITH bescheinigt den materialistischen Erklärungen eine begrenzte Brauchbarkeit, beanstandet aber, daß sie durch ihre Beschränkungen unvollständig bleiben und so die Probleme nicht lösen können: *Erschaffung* [275], S. 154.180.

genzpunkt also auch dadurch kennzeichnen, daß man auf die verschiedenen Substrate von Wirklichkeit hinweist, auf die jeweils die Möglichkeit und Wissenschaftlichkeit wissenschaftlicher Erkenntnis gegründet wird: auf der einen Seite im gängigen Verständnis ein keinen Einflüssen „von außen“ ausgesetzter Zusammenhang materieller beziehungsweise energetischer Prozesse, auf der anderen Seite eine unverrückbar feststehende geistig begründete Ordnung des Universums im Kreationismus.

Diese Gegensätze wird man also diskutieren müssen, und dabei wird der Dogmatismus-Vorwurf des Kreationismus an das etablierte wissenschaftliche Denken nicht so ohne weiteres von der Hand zu weisen sein, ebenso wie auch eine Reihe naturwissenschaftlicher Einwände und Gegenargumente des Kreationismus gegenüber bestimmten Teilstücken und Thesen der Evolutionstheorie ernst zu nehmen sind – in beidem sind sich die Kreationisten freilich mit kritisch denkenden Evolutionstheoretikern durchaus einig, wie sie selbst immer wieder hervorheben.

Die eigentliche Frage ist die: Mit welchem Grund und Recht behauptet der Kreationismus, daß sein Konzept – als umfassendes Ganzes! – das einzig zu den Tatsachen wirklich passende sei, und fordert, daß aufgrund seiner Argumente die Evolutionstheorie – ebenfalls als geschlossenes Ganzes – als bloße Erfindung eines materialistischen Glaubens abzutun und aus der Wissenschaft auszuschneiden sei?

Hier wäre also – unter Beachtung der divergierenden Standpunkte in den Grundlagen des Wissenschaftsverständnisses – auch die Argumentationsweise des Kreationismus auf ihre Tragfähigkeit und Stichhaltigkeit zu befragen. Ich kann dieser Frage hier nicht näher nachgehen, sondern lediglich kurz andeuten, wo ich Probleme sehe: Das, was ich oben als Grundlinie des kreationistischen Wissenschaftsverständnisses nachzuzeichnen versucht habe, dient als ein gewisser Grundrahmen für mancherlei unterschiedliche Argumentationen, dabei fehlt aber, soweit ich sehe, eine klar durchgeführte Regelung für den Aufbau des eigenen Konzepts, die klarstellen und einheitlich regeln würde, wie und in welcher Ordnung einzelne Fakten, Instanzen und Argumentationen zum Gesamtzusammenhang zusammengefügt werden sollen. So können dann etwa immer wieder Fakten oder empirische Einzelargumentationen relativ direkt und unvermittelt als Stützung für das umfassende Grundkonzept in Anspruch genommen werden, oder es kann von Grundlagen-Sätzen höchster Ebene unvermittelt auf die Möglichkeit oder Unmöglichkeit konkreter Prozesse geschlossen werden; durch den Ausfall klar regulierender theoretischer Zwischenebenen bleiben dabei aber, wenn ich recht sehe, mehr oder weniger weite Spielräume der Beliebigkeit für die Art und Weise, in der einzelne Sachverhalte einander zugeordnet und in das Grundkonzept eingefügt werden, und die Begründetheit und

Schlüssigkeit der betreffenden Argumentationen erscheint dann entsprechend problematisch. Dies kommt sowohl bei naturwissenschaftlichen (bzw. naturphilosophischen) wie bei theologischen Argumentationen vor, zum Beispiel bei dem häufig pauschal und direkt vorgetragenen Argument, der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik lasse einen spontanen Zuwachs an Ordnung, wie ihn die Evolutionstheorie voraussetze, nicht zu⁸², oder bei den mancherlei direkten Schlüssen vom Wesen Gottes auf die Denkbarkeit oder Undenkbarkeit bestimmter Vorgänge in der physischen Welt, also vor

⁸² Z. B. MORRIS: Zwielficht [292], S. 38-43 (unter Einschluß des Erhaltungssatzes). Ein solcher Direktschluß erweckt einen ähnlichen Eindruck, wie wenn man aus dem allgemeinen Satz, daß alles menschliche Leben auf Tod und Zerfall zugehe, schließen wollte, daß die Entwicklung vom Säugling zum Teenager einen Abbau von Kräften darstelle; und MORRIS kommt auch seltsam nahe an diesen Schluß heran, wenn er das Wachstum von Organismen als (nur) „angeblich ‚natürlich‘“ bezeichnet und es „letzten Endes der Schöpfungs- und Erhaltungskraft Gottes, einem wunderbaren Mechanismus der Mehrung und Erhaltung“ zuschreibt (S. 42). An anderer Stelle hat MORRIS etwas differenziertere und klarere Formulierungen für denselben Sachzusammenhang vorgelegt: Erde [298], S. 27f. Ich nehme aber die zitierte Äußerung als Anlaß zu einer grundsätzlichen Überlegung: Hier ist m. E. völlig am Charakter der thermodynamischen Hauptsätze vorbeigedacht. Diese sind doch (im Zusammenhang der Wissenschaft) von Menschen „herausgefundene“ bzw. „angenommene“ Grund-Sätze zur passenden theoretischen Beschreibung des faktischen (!) Geschehens in der physischen Welt; diesem Zweck entsprechend wurden sie – anhand bestimmter Beobachtungen – formuliert und fungieren seither als sehr fundamentale Leitideen naturwissenschaftlicher Theoriebildung. Diesen Voraussetzungen entsprechend müßten sie aber auch wieder verworfen (bzw. eingeschränkt) werden, falls man eines Tages in der physischen Wirklichkeit reproduzierbare Prozesse beobachten sollte, die sich mit diesen Sätzen endgültig nicht vereinbaren lassen. Wenn also wirklich das Wachstum von Organismen mit dem Entropiesatz nicht vereinbar wäre, so wäre diese Feststellung im gegebenen Rahmen wissenschaftlichen Vorgehens nicht ein Argument dafür, daß man es übernatürlich erklären müsse, sondern ein Argument dafür, daß entweder an diesem Grund-Satz selber etwas nicht stimmt oder an den vermittelnden Theorien, die seine Anwendung auf die Wachstumsprozesse regeln. Anstatt daß diesem Charakter und Zusammenhang der thermodynamischen Hauptsätze Rechnung getragen wird, erscheinen sie an der zitierten Stelle in einem eigenartigen Eigenleben als Offenbarung des Wesens der Natur (was durch Korrelation mit biblischen Aussagen noch definitiv untermauert wird) – eines Wesens der Natur, das außerdem noch seltsam abgespalten und eigenständig den konkreten Vorgängen gegenübertritt, die man normalerweise als „Naturvorgänge“ betrachtet. – Die damit verbundene Sonderstellung einer bestimmten Kategorie von Naturvorgängen im Verhältnis zu Gottes Schöpfungs- und Erhaltungskraft wäre auch theologisch äußerst fragwürdig. – Diese Überlegungen sollen deutlich machen, daß die Diskussion um die Alternative im Ansatz wissenschaftlichen Denkens und Vorgehens nicht nur auf der Ebene der metaphysischen Alternative „Theismus oder Atheismus (bzw. Materialismus)“ geführt werden kann und auch nicht nur als allgemeine Diskussion um die Frage des „methodischen Atheismus“, sondern daß sie bis in konkrete methodologische Fragen des Vorgehens beim Aufbau wissenschaftlicher Theorien hinein durchgezogen werden muß.

allem der Evolution als Weg zur heutigen Vielfalt des Lebendigen⁸³. Ähnlich kurzgeschlossene Argumentationen begegnen auch immer wieder, wenn aus der Problematik beziehungsweise Unhaltbarkeit der bekämpften Position auf die Wahrheit der eigenen Position geschlossen wird.^{84 85}

Bei aller Bereitschaft, die kritischen Bedenken und Gegenpositionen des Kreationismus zum heute gängigen Wissenschaftskonzept zur Kenntnis zu nehmen und ernsthaft zu prüfen, bleiben also doch sehr gewichtige Fragen an sein eigenes Konzept, denen er sich ebenso ernsthaft stellen müssen.

2) Zu den theologischen Aspekten

Da der *Kreationismus* seine Sicht der Dinge vorwiegend auf naturwissenschaftliche und weniger auf theologische Argumentationen stützen will, war es notwendig, die Grundlinien seines Wissenschaftsverständnisses etwas ausführlicher aufzuhellen. Nun wenden wir uns noch kurz der theologischen Seite zu: dem Verständnis der Bibel, dem Verständnis der Schöpfung und dem Verständnis vom Sein und Wesen Gottes.

⁸³ Z. B. MORRIS: Erde [298] S. 73f.87. „Solch ein äonenlanger Prozeß von zufälligen Entwicklungsstufen ist die verschwenderischste und untauglichste Methode, die man sich zur Erschaffung der Welt ausdenken kann. Der allwissende Schöpfer würde bestimmt nicht so unweise sein, sie auf solchem Wege durchzuführen. ‚Gott ist nicht ein Gott der Unordnung‘ (1.Kor. 14,33). Gott hat befohlen: ‚Laßt aber alles ehrbar und ordentlich zugehen‘ (1.Kor. 14,40). Es wäre doch seltsam und Gottes Wesen fremd, wenn ER ein solch unglaublich armseliges Beispiel von Unordnung in SEINEM eigenen Werk gesetzt hätte“ (S. 73). Woher weiß MORRIS das alles? Die Bibelstellen „passen“ zwar in den Gedankengang – aber mehr auch nicht; *tragen* können sie ihn nicht. Und selbst wenn MORRIS' Vorstellung vom Wesen Gottes zutreffend wäre: wo anders als in MORRIS' subjektiven eigenen Bewertungen entscheidet sich hier, was „weise“ und was „unweise“ ist? Und selbst wenn Gott auf prinzipieller Ebene nach denselben Kriterien entscheiden würde: wer sagt, daß man von da aus schon darauf schließen kann, in welche konkreten Weltvorgänge er seine Entscheidung und sein Handeln ausmünzt? Was sollte man nach dieser Logik von dem unaufhörlichen Ringen Gottes um sein erwähltes Volk in der biblischen Heilsgeschichte denken? Bei dieser letzten Frage sind Zwischenüberlegungen sicher schnell bei der Hand – aber können sie die Kurzschlüssigkeit dieser ganzen Argumentation aufheben? Überdecken sie nicht vielleicht nur einen Anstoß, der zu der Wahrnehmung führen könnte, daß dieser ganze Argumentationsansatz mit entscheidenden Grundmomenten des biblischen Zeugnisses von Gottes Art und von der Art seines Handelns gar nicht zusammenpaßt?

⁸⁴ Siehe z. B. die Kette solcher Kurzschlüsse bei WILDER SMITH: Erschaffung [275] S. 217 (letzter Abschnitt), oder auch die kurze und bündige Charakteristik: „Was gegen Evolution spricht, spricht für Schöpfung“, sagt Prof. Morris“ (Die Debatte [332] S. 51).

⁸⁵ Zur Problematik „fundamentalistischer“ Argumentationen und überhaupt zu einigen geistigen Zusammenhängen und Hintergründen kreationistischen Denkens über Wissenschaft und Wahrheit vgl. auch Barr: [359], S. 128-143.244-253.

Die Brücke zwischen beidem liegt im Wahrheitsverständnis, das ebenso mit dem Wissenschaftskonzept verwoben ist, wie es die theologischen Konzepte des Kreationismus durchdringt und sich zugleich auf sie stützt. Da ich hier nicht in eine eingehende Untersuchung eintreten kann, mögen die folgenden Anhaltspunkte genügen, versuchsweise die Grundmomente anzudeuten⁸⁶:

„Wahre Sätze“ sind Sätze, die den Tatsachen entsprechen; insofern muß menschliche Wahrheitserkenntnis sich auf nachweisbare Fakten gründen, und Sätze, die dem Menschen göttliche Wahrheit übermitteln, müssen unmittelbar als Darstellung von Tatsachen verstanden werden. Darüber hinaus aber bildet *Wahrheit* einen Zusammenhang, der als solcher denkend erfaßt werden kann, dabei aber stets an die Tatsachen gebunden bleibt; dies gilt von der wissenschaftlichen Erfassung der Zusammenhänge zwischen Fakten bis hin zur umfassenden Lebensorientierung in der Welt und zum Erfassen der wirklichen Zusammenhänge, in denen die Sinngebung des Lebens beschlossen liegt. Wahrheit in diesem Sinne stellt daher eine durchgehende intelligible Ordnung der Welt dar, die, wie sie von einem denkenden Bewußtsein erfaßt werden kann, auch von einem intelligenten Bewußtsein herrühren muß. Als Wahrheit ist diese Ordnung unveränderlich – erst recht, da sie ja göttliche Setzung ist. Daß nach dem Neuen Testament Jesus Christus selbst die Wahrheit ist in einem Sinn, der wissenschaftliche und logische Wahrheitslehre sprengt, verweist auf die tieferliegenden Fundamente dieser Ordnung, löst aber den Wahrheitsbegriff nicht aus ihrem Zusammenhang heraus.

Für die menschliche Erkenntnis resultiert aus diesem Wahrheitsverständnis, daß es im Grunde nie mehrere unabhängige und gleichwohl in sich wahre Zusammenhänge unterschiedlicher Erkenntnisse geben kann; sondern soweit sie wahr sind, sind sie Teilbereiche aus diesem einen und unzertrennbaren Gesamtzusammenhang der Wahrheit.

Dieses Wahrheitsverständnis bildet die genaue Entsprechung und innere Grundlage zu dem aufgezeigten Wissenschaftsverständnis, und es enthält im wesentlichen die Grundelemente, die auch für das Selbstverständnis der frühen neuzeitlichen Naturwissenschaft – zumindest für viele ihrer bedeutenden Vertreter – von Bedeutung waren; und die aufgeworfene Streitfrage ist die, ob die Naturwissenschaft ihre eigentliche und unverzichtbare Grundlage aufgegeben habe, als sie dieses Wahrheitsverständnis preisgab.

⁸⁶ Ich weise auf einige Literaturstellen hin, von denen aus man sich diesem Thema nähern kann; meine Skizze greift aber über explizit Formuliertes hinaus und versucht, das Wahrheitsverständnis aus dem Gesamtzusammenhang kreationistischen Denkens zu erfassen. WILDER SMITH: Grundlage [276], S. 183f.186f.208; ders: Erschaffung [275], S. 63f.131-134.217-221; ders: Gott [277], S. 44f.59-62; GITT: Logos [329], S. 13-19.22.28. 60f.102-104.173f; MORRIS: The New Meaning [311].

Auf der anderen Seite prägt dieser Wahrheitsgedanke zugleich das kreationistische Verständnis der Bibel, der Schöpfung und des Schöpfers und steht in einem Verhältnis wechselseitiger Bestärkung mit diesen theologischen Konzeptionen. Und die hier aufgeworfene Streitfrage ist, ob die Theologie nicht ihre Grundlage und Wahrheitsfähigkeit aufgegeben habe, als sie dieses Verständnis von Wahrheit preisgab.

Im Verständnis der Bibel⁸⁷ verbindet sich dabei die Ehrfurcht des Glaubenden gegenüber der Heiligen Schrift mit diesem Wahrheitsverständnis. Die Bibel wird gesehen als unfehlbare Offenbarung göttlicher Wahrheit im Sinne dieses Wahrheitsverständnisses; daß sie Gottes Wort ist, heißt dann, daß hier der redet, der alles weiß und dem kein Irrtum und kein Fehler unterlaufen kann. Jeder nachgewiesene Fehler und jede logische Unstimmigkeit wäre damit ein Gegenbeweis gegen die göttliche Wahrheit und Autorität der Bibel und ihrer Botschaft. Fundament für den Glauben an die biblische Botschaft ist so die Erfassung ihrer Aussagen als unbedingt zutreffender und sowohl untereinander wie auch mit unseren übrigen wirklich gesicherten Erkenntnissen zusammenstimmender Bestandteile jenes göttlichen Wahrheitszusammenhanges, der die Grundlage aller Weltwirklichkeit bildet.

Schöpfung erscheint im Blickwinkel dieses Wahrheitsverständnisses grundlegend als die einmalige Verwirklichung einer planvoll geordneten und darum notwendig von Anfang an perfekt vorhandenen und in ihrem vollen gegenwärtigen Bestand funktionierenden Welt. Dazu gehört die unverbrüchliche Konstanz der Weltordnung (abgesehen von einmaligen grundsätzlichen Änderungen wie beim Sündenfall oder evtl. auch bei der Sintflut) und das geringe Alter der Welt. Eine allmähliche Entwicklung würde neben ihrer Diskrepanz zur biblischen Chronologie die Konstanz der Ordnung und damit den oben umrissenen Wahrheitsgedanken unterhöhlen, die Wirklichkeit und das Schaffen des planenden Urhebers verdecken und seiner unendlichen Weisheit widersprechen. Dieser Konstellation entsprechend gliedert sich die Argumentation des Kreationismus in drei Hauptstränge: den Aufweis der intelligiblen Ordnung der Welt und ihres Zeugnisses für einen intelligenten Schöpfer, die Zurückweisung des Evolutionsgedankens und das junge Alter der Erde und des Weltalls.⁸⁸

⁸⁷ WILDER SMITH: Grundlage [276], S. 105.123.166-189; MORRIS: Zwielicht [292], S. 7-9.34f; ders: Erde [298], S. 80-83; WHITCOMB/DE YOUNG: [302], S. 20-22.66-68.76-85; GITT: Logos [329], S. 10.17f.55f.60-64; ders: Das biblische Zeugnis [336], S. 11f.29.32f.35f.43f.149-152; BECK: Genesis [334].

⁸⁸ WILDER SMITH: Grundlage [276], S. 168f.176-185.208; MORRIS: Zwielicht [292], S. 36-45; ders: Erde [Nr.298], S. 11-28; WHITCOMB/YOUNG: [302], S. 85-102; GISH: Fossilien [309], S. 42f.48-53; GITT: Das biblische Zeugnis [336], S. 47-50.56-58.67-94.128-136.

Das Verständnis von Gottes Sein und Wesen⁸⁹ bildet die genaue personale Entsprechung und Fundierung zu jenem Wahrheitskonzept. Beherrschend im Vordergrund steht der Gedanke, daß Gott „planender Geist“ sei, höchste Intelligenz, in der die höchst komplexe Ordnung der Welt begründet ist, und zugleich der tatkräftige Urheber, der dieser Welt durch seine Allmacht ihre Realität gab. Sein Verhältnis zur Welt wird immer wieder in das Bild von Konstrukteur und Maschine gefaßt. Damit sollen andere Bestimmungen des Seins und Wesens Gottes bestimmt nicht ausgeschlossen sein, aber dieser Grundzug der absoluten Intelligenz und Rationalität beherrscht das Bild, auch in die anderen Züge hinein. So stattet dieses Gottesbild seinerseits das Wahrheitsverständnis, das Verständnis der Bibel und das Verständnis der Schöpfung in ihrer oben skizzierten Gestalt mit höchster göttlicher Autorität aus.

Daß ich der kreationistischen Kritik an den gängigen theologischen Denkmustern in der Frage *Glaube und Wissenschaft* und *Glaube und Wahrheit* guten Grund und einiges Recht zuerkenne, habe ich oben in der Durcharbeitung dieser Denkmuster deutlich gemacht. Die dagegensetzte kreationistische Position kann ich allerdings ebensowenig als wahre und angemessene Lösung ansehen.

Bezüglich des Gottesverständnisses beschränke ich mich auf die Bemerkung, daß hier die grundlegenden Zusammenhänge biblischen Redens von Gott doch sehr einseitig verformt werden in einer Weise, die mir nicht angemessen erscheint – trotz oder vielleicht gerade wegen der bedeutenden Rolle, die ähnliche Denkformen in der Geschichte der christlichen Gotteslehre gespielt haben⁹⁰. Für das Schöpfungsverständnis verweise ich auf meine Ausführungen zum biblischen Schöpfungszeugnis. Ein paar Sätze mehr seien im Blick auf die Schnittstelle zwischen Wahrheits- und Bibelverständnis gesagt.

Das kreationistische Wahrheitsverständnis ist, soweit die obige Skizze es zutreffend erfaßt, am „Denken“ als dem einschlägigen Grundvorgang und „Ort“ der Wahrheit ausgerichtet, und zwar am Denken in der Gestalt abendländischer Denktradition, also am „systematischen“ Denken. Nun wird das Wort der Bibel gewiß da, wo es auf solches Denken stößt, auch da hinein etwas zu sagen haben und seinen Inhalt mit solchen Denkstrukturen

⁸⁹ WILDER SMITH: Erschaffung [275], S. 131-134.161-167.209-213.238; MORRIS: Erde [Nr.298], S. 11-13.20f.73f; GITT: Logos [329], S. 136-140; ders: Das biblische Zeugnis [336], S. 56-61.

⁹⁰ Wer in etwa sehen möchte, worauf diese Stellungnahme näherhin abzielt und worin sie gründet, der mag bei MISKOTTE [361] S. 179-211 oder bei RODENBERG [362] S. 19-66 nachlesen und von den dort angestoßenen Fragen und Perspektiven aus die biblischen Texte neu auf die Eigenart ihres Redens von Gott hin betrachten.

verbinden – die Geschichte des christlichen Glaubens und Denkens ist voll von solchen Verbindungen. Aber zuvor gilt es doch zu sehen, daß weder der biblische Sprachgebrauch von „Wahrheit“ noch inhaltlich die Wahrheit, die die Bibel auszurichten hat, an solchem Denken orientiert ist; der Grundvorgang, um den es hier geht, ist etwa eine Berufung, und *Wahrheit* hat es dann mit der Zuverlässigkeit des Berufenden oder des Berufenen in diesem Verhältnis zu tun – das ist eine ganz andere Struktur von Verlässlichkeit als die des allgemeinen und systematischen Ordnungszusammenhangs einer intelligiblen Wahrheit, dem das Denken zu entsprechen sucht, indem es ihn in sich aufnimmt. Das hat dann auch seine Bedeutung für die Art und Weise, wie verschiedene Gegebenheiten zueinander in Beziehung gesetzt oder nicht in Beziehung gesetzt werden. Ob die Wahrheit der biblischen Botschaft einen systematischen Ordnungszusammenhang im abendländischen Sinn ergibt oder sich in einen solchen widerspruchsfrei einfügen läßt, das ist eine Frage, die man nicht schon gleich durch das eingebrachte Wahrheitsverständnis als endgültig positiv beantwortet ansehen darf! Und selbst wo das ohne verbiegende Interpretation geht, bleibt die Frage, ob man in der Betrachtung dieses Zusammenhanges wirklich das zu sehen bekommt, was der eigene und intentionsgemäße Inhalt der biblischen Wahrheit ist. Es gilt hier nicht nur auf einen im Rahmen eines abendländischen Wahrheitskonzeptes betrachtbaren „Inhalt“ biblischer Rede zu achten, sondern die Gestalt der Rede als ein Moment zu erfassen, das konstitutiv ist für das, was hier unter *Wahrheit* zu verstehen ist. Als Frage formuliert: Nehme ich die Texte der Bibel so auf, wie es ihrem Charakter wirklich entspricht, wenn ich sie im oben umrissenen Sinn als eine Sammlung offenbarter göttlicher Wahrheit betrachte? Man kann dasselbe auch andersherum fragen: Was muß ich unter „offenbarter göttlicher Wahrheit“ verstehen, wenn ich mit dieser Bezeichnung die biblischen Texte so nehmen will, wie es ihrem tatsächlichen Charakter wirklich entspricht?

4.3 Zur Aufgabe

Von der dargestellten Ausgangslage her gilt es nun zum Schluß noch einen Blick auf die Aufgabe des Gesprächs und der Weiterarbeit zu werfen, wie sie sich von den umrissenen Gegebenheiten her stellt.

Dabei ist zunächst eine kurze Erinnerung an das nicht Umrissene vonnöten: zum einen an die Vielfalt und Unterschiedlichkeit der Positionen in der akademischen Theologie, die im Gespräch ernst genommen werden muß, auch wenn ich sie in der obigen Skizze außer acht lassen mußte; das Gespräch ist nicht mit meiner Skizze zu führen, sondern mit den wirklichen Theologen. Grundsätzlich gilt das Gleiche in Bezug auf den Kreationismus, wenn dort auch die Differenzen zwischen den einzelnen Stimmen erheblich geringer sind. Zum anderen ist daran zu erinnern, daß ich in der zweipoligen Gegen-

überstellung von akademischer Theologie und Kreationismus eine ganze Reihe weiterer Positionen und Versuche außer Betracht gelassen habe, deren jeder wieder sein eigenes Profil der Problemlösung und des Zugangs zur Bibel hat; das Gespräch sollte auch zu ihnen hin offen sein.

Dennoch denke ich, daß sich die Aufgabe, um die es geht, am besten von der durchgeführten Gegenüberstellung her und auf dem Hintergrund der skizzierten geschichtlichen Linien erfassen und profilieren läßt.

Ausgangspunkt ist das Problem der Beurteilung und Bewertung der Evolutionstheorie. Und hier hat meines Erachtens der Kreationismus einen Sachverhalt zwar etwas verzerrt, aber doch im Grunde zweifellos richtig gesehen: Es geht in der Evolutionstheorie der Intention nach wie in aller naturwissenschaftlichen Theoriebildung – ich möchte präzisierend hinzufügen: gemäß dem faktisch beherrschenden geistigen Trend naturwissenschaftlichen Denkens – nicht nur um das Nachzeichnen einer Zeitreihe aufgetretener Erscheinungen, sondern um den Versuch einer in sich geschlossenen funktionalen (!) Beschreibung dieses zeitlichen Verlaufs. Etwas gröber ausgedrückt: um den Versuch einer befriedigenden weltimmanenten Erklärung für die Genese dieser zeitlichen Erscheinungsreihe. Ob aber gröber oder feiner ausgedrückt: für Eingriffe von seiten außermaterieller Faktoren in den realen Ablauf des materiellen Geschehens ist hier kein Raum (man könnte allenfalls pantheistisch an einen Weltgeist denken, der mit den die Materie durchwaltenden Naturgesetzen identisch ist). Daraus resultiert mit einer gewissen sowohl psychischen wie logischen Zwangsläufigkeit, daß sich der Gedanke aufdrängt, das Geschehen in der Welt müsse ohne Gott ablaufen.

Um dieser atheistischen Tendenz entgegenzuwirken, hat christliche Apologetik im wesentlichen drei Wege versucht, nachdem sie sich mit der Unabweisbarkeit der Evolutionstheorie abgefunden hatte:

- a) Man sucht die Erklärungslücken der Evolutionstheorie und findet in ihnen den Ort und Spielraum für das Schöpferhandeln Gottes. Von der Seite der Wissenschaft her ist das nicht nur eine durch den möglichen Fortschritt der Wissenschaft gefährdete Position, sondern auch ein glatter Verstoß gegen die beanspruchte Autonomie und Geschlossenheit wissenschaftlicher Erklärungen bzw. eine Selbsttäuschung über diesen Anspruch, der sich faktisch – ob nun zu Recht oder zu Unrecht – mit der Wissenschaft verbindet. Und theologisch macht dieser „Lückenbüßergott“ eine recht erbärmliche Figur.
- b) Man vermeidet diesen Reinfall, indem man Gott nicht zwischen den Teilstücken der Evolution, sondern hinter dem Ganzen am Werk sieht als den, der das ganze Geschehen schaffend hervorbringt und steuert. Wenn das „Steuern“, das heißt die konkrete Abhängigkeit des Verlaufs vom

Willen Gottes, ernst gemeint ist, müßte der Streit um die Autonomie der Geltung der Naturgesetze noch radikaler ausbrechen als im vorigen Fall, wird aber vom Theologen dadurch umgangen, daß er so tut, als habe er sie respektiert; unterwirft er seine Gedanken aber wirklich und konsequent der autonomen Erklärungskompetenz der Wissenschaft, so kommt von wissenschaftlicher Seite die Frage, was denn die völlig folgenlose Zusatzklärung „Gott“ noch solle, wo doch alles zureichend wissenschaftlich erklärt sei (oder künftig noch werde), und auf theologischer Seite ist nicht zu sehen, wie dann der Pantheismus noch vermieden werden soll.

- c) Schließlich bleibt noch der Ausbruch aus diesem verhexten Labyrinth: Gott – oder zumindest das Reden von ihm – habe mit dieser ganzen wissenschaftlichen Wirklichkeit nichts zu tun, sondern gehöre einer ganz anderen Dimension an, die sich allein im Zusammenhang mit dem persönlichen Lebensvollzug erschließe und die Wissenschaft unberührt lasse. Hier aber entsteht dann die Frage, was das für eine Wirklichkeit Gottes sein solle, die mit der Wirklichkeit nichts zu tun habe, und ob „Gott“ dann etwas anderes als eine psychische Wirklichkeit, eine Qualität bestimmter Erlebnisse sei.

All diesen apologetischen Anläufen fehlt jede Kraft, gegen den atheistischen Trend des Evolutionsdenkens anzukommen. Das sieht der Kreationismus und lehnt daher diesen „theistischen Evolutionismus“ als einen faulen und trügerischen Kompromiß ab⁹¹. Man könnte sagen: Damit kann sich höchstens jemand über die Runden retten, der sowieso glauben will und es mit dem Denken nicht so genau nimmt.

Demgegenüber sucht der Kreationismus nun die offene Konfrontation, und zwar unmittelbar auf dem *wissenschaftlichen* Gebiet, von dem die atheistische Suggestion ausgeht, indem er „Schöpfung“ als *konkurrierende* Erklärung der Tatbestände deren evolutiver Erklärung entgegengesetzt und dabei die Wahrheit und die Wissenschaftlichkeit einzig für das eigene Konzept beansprucht und dem Evolutionsdenken abspricht. Es soll also ein Kampf offen ausgetragen und darin die Wissenschaftstradition und ihr Wahrheitsanspruch der atheistischen Dominanz entwunden und neu mit einer theistischen Weltansicht verbunden werden. Dabei wird dieser Kampf nicht nur als ein Kampf für den Glauben, sondern zugleich als ein Kampf um die wahre Wissenschaftlichkeit der Wissenschaft betrachtet.

Ist das wirklich die Aufgabe?

Klar ist: Die Christenheit muß den Tatbestand ernst nehmen, daß sich mit der Autonomiebehauptung und dem allgemeinen Geltungsanspruch wis-

⁹¹ Siehe MORRIS: Zwielficht [292], S. 7f.

senschaftlichen Denkens – zumindest *de facto* und was die allgemeine Geisteslage angeht – eine allgemeine Tendenz zum Atheismus und zur Ablehnung eines biblischen Glaubens verbindet und daß diese Tendenz nicht nur Sache einer beliebig aufgesetzten und beliebig austauschbaren „Weltanschauung“ ist, sondern etwas mit der Intention und dem methodischen Vorgehen dieses wissenschaftlichen Denkens zu tun hat. Und sie muß sich der offenen Auseinandersetzung über diesen Sachverhalt stellen und darf sich nicht darauf zurückziehen, durch irgendeine geschickte Apologetik stillschweigend und nur für ihren eigenen Gebrauch Denkmöglichkeiten zu erschleichen, mit denen sie diese Tendenz zum Atheismus für sich selbst neutralisiert, die logisch gewiß auch möglich sind, die aber *de facto* im anerkannten wissenschaftlichen Denken und Wirklichkeitsverständnis längst aus dem Kanon des objektiv Gültigen oder auch nur möglicherweise objektiv ernst zu Nehmenden ausgeschieden sind. Wer Gott nicht nur als Seelentröster kennt, sondern von ihm als dem Herrn des Himmels und der Erde weiß, der kann sich mit seinem Zeugnis von Gott nicht zufrieden und ohne Widerspruch in den Rahmen und die Atmosphäre dieses allgemeinen wissenschaftlichen Denkens einfügen, sondern muß ihn sprengen. Er wird dies ganz automatisch tun, indem er konkret und wirklichkeitsbezogen von Gott und seinem Tun redet. Indem er dies tut, dies und zunächst gar nichts weiter, spricht er nicht nur von etwas, das zu der in jenem Rahmen gültigen Wirklichkeit additiv hinzukommt, sondern er verletzt automatisch und zwangsläufig die funktionale Geschlossenheit des dort in Geltung stehenden und – mit welchem Recht auch immer – aus der Wissenschaft abgeleiteten Wirklichkeitsbildes. Diese Verletzung muß *bewußt* und *offen* vollzogen und verantwortet werden, die Christenheit muß sich theologisch und wissenschaftlich bei ihr behaften lassen und darf sie nicht durch geflissentliche Anerkennung „der Wissenschaft“ überdecken und verheimlichen. Sonst darf sie sich nicht wundern, wenn ihr Reden nichtssagend wird.

Ebenso klar ist, daß es nicht darum gehen kann, wirkliche wissenschaftliche Wahrheit aufgrund religiöser Autorität oder religiöser Dogmen zu bestreiten oder den Glauben dem Zugriff ihrer Geltung zu entwinden. Wenn christlicher Glaube zur Wahrheit befreit, dann setzt er den Menschen ihr auch aus – gleich aus welcher Ecke auch immer sie auf ihn zukommen mag. Freilich: gerade die Wissenschaft will und soll auf ihren Wahrheitsgehalt überprüfbar sein! Weder ihre Grundlagen noch ihre Ergebnisse sind also dazu da, einfach geschluckt zu werden, so wenig wie die allgemeinen geistigen Tendenzen, die sich mit ihnen verbinden.

Hier setzt also die Möglichkeit und die Notwendigkeit eines Überprüfungsprozesses ein, der durch die sachlichen Spannungen herausgefordert wird. Dabei ist darauf hinzuweisen, daß diese Überprüfung keineswegs nur die Wissenschaft betrifft, sondern daß auch die Glaubensvorstellungen und die

kirchliche Glaubenslehre hier nach ihrer Wahrheit gefragt und vor Korrekturen keineswegs gefeit sind. Im Aufeinandertreffen von Glaube und Wissenschaft ist also beides auf die Probe gestellt und in einen Bewährungsprozeß hineingezogen. Naturgemäß ist die Art dieser Probe und die Art, sich ihr zu stellen, für den Glauben und für die Wissenschaft nicht unmittelbar die gleiche, aber auch für den Glauben geht es hier nicht nur um Standhaftigkeit, sondern zugleich um die Bereitschaft zur Einsicht und um die Bereitschaft, sich im Angesicht Gottes zurechtstellen zu lassen. In diesem Sinne muß sich der Glaube sehr wohl auch rationaler Kritik stellen, aber die Wahrheitsentscheidungen fallen für ihn nicht in gleicher Weise wie für die Wissenschaft unmittelbar an und in der rationalen Überlegung; sie müssen nicht nur durchgedacht, sondern auch durchgelebt werden.

Es kommt also darauf an, daß in diesem Prozeß Glaube und Wissenschaft einander ohne Abschnürung offen ausgesetzt sind, daß aber dabei die je eigenen Grundlagen und Eigenheiten nicht übersprungen, sondern eingebracht werden und zur Geltung kommen. Das gilt auch für die Intention des Vorgehens: Die kritische Arbeit im Bereich der Wissenschaft kann nicht das Ziel haben, die Wissenschaft auf eine mit dem Glauben verträgliche Form zu bringen, sondern muß sich ohne Schielen und mit vollem Einsatz der Aufgabe widmen, einer unverfälschten wissenschaftlichen Wahrheitserkenntnis zu dienen; und die theologische Arbeit hat nicht darauf zu schießen, wie der Glaube mit der Wissenschaft verträglich gemacht werden könnte, sondern voll und ganz der Aufgabe zu dienen, ihm seine Grundlagen deutlich zu machen. Gerade dabei aber können beide Seiten – ohne Schielen! – aufeinander hören, sich voneinander herausfordern lassen und voneinander lernen.

Unter *diesen* Voraussetzungen wird hier auf der Seite der kritischen Reflexion wissenschaftlicher Arbeit ganz gewiß auch die Frage nach dem Verhältnis von Wissenschaft und Weltanschauung noch einmal aufzunehmen sein. Einerseits wäre mit allem Ernst danach zu fragen, welcherlei ontologische, kosmologische und in diesem Sinne weltanschauliche Komponenten in den Voraussetzungen und im methodischen Vorgehen der Wissenschaften enthalten sind; andererseits könnte in einer intensiven und offenen Auseinandersetzung um ein Konzept von Wissenschaft gekämpft werden, in dem solche Entscheidungen nicht unterschwellig vorweg gefallen sind, sondern bewußt gemacht und wirklich (! – und öffentlich wirksam!) offengehalten werden. Daß dies alles sinnvoll nur geschehen kann in unmittelbarer Tüchtführung mit der Arbeit an konkreten und relevanten logischen und methodologischen Fragen der wissenschaftlichen Theoriebildung, braucht wohl nicht noch einmal extra hervorgehoben zu werden.

Auf theologischer Seite sind vor allem folgende Fragestellungen zu nennen, die einer intensiven Auseinandersetzung und neuen Klärung bedürfen: die Frage nach dem Verständnis und der rechten Auslegung der Bibel und die Frage nach ihrer Bedeutung für die Begründung des Glaubens; nicht weniger dringend ist die Frage einer wahrhaft dem biblischen Zeugnis angemessenen und gegenwärtig verantworteten Lehre von Gott sowie eine Klärung der semantischen Struktur des Redens von Gott und seinen Taten im Verhältnis zu unserem Reden von Weltwirklichkeit und welthaftem Geschehen – das betrifft unmittelbar auch das Verständnis dessen, was mit „Schöpfung“ gemeint ist; nicht zuletzt ist die ganz inhaltliche Frage von wesentlicher Bedeutung, wie das biblische Wissen um die Verborgenheit Gottes zu verstehen sei, wie sich dies von der säkularen Weltsicht „*etsi Deus non daretur*“ unterscheidet – aber eben auch von einer Weltsicht „*etsi Deus daretur*“ beziehungsweise einer solchen, in der Gott gegeben ist!

In einer theologischen und philosophischen Perspektive wäre über die Frage nachzudenken, wie das Spannungs- und Beziehungsverhältnis zwischen wissenschaftlichen Aussagen und Glaubensaussagen überhaupt zu verstehen und zu klären ist: Glaubenswahrheit ist strukturell dadurch geprägt, daß in ihr Objektives von Grund auf und unlösbar mit persönlicher Bezogenheit („Subjektivität“) verwoben ist (und beides läßt sich nicht in „objektiven Gehalt“ und „persönliche Aneignung“ auseinanderdividieren!), während Wissenschaft der Idee nach vom Ausschluß alles persönlich und subjektiv Bedingten lebt. Dadurch könnten sich beide eigentlich gar nicht berühren – sie tun es vermittels ihres beiderseitigen Inhalts und Gegenstandsbezuges aber doch! Und wiederum scheitert der Versuch, sie systematisch in Beziehung zueinander zu setzen, immer wieder an der strukturellen Differenz und Unverknüpfbarkeit, denn wenn man sie zusammenbringt (nicht bloß als einzelne Aussagen, sondern als jeweiligen Zusammenhang), muß man entweder von der wissenschaftsunverträglichen Verknüpfungsstruktur der Glaubensaussagen absehen oder die wissenschaftliche Ausschließung strukturell relevanter persönlicher Komponenten außer Kraft setzen! Läßt sich eine Struktur finden, in der dennoch beides angemessen (!) aufeinander bezogen werden kann?

In der Frage nach Schöpfung und Evolution kommen wir an der Einbeziehung aller dieser Aspekte nicht vorbei, wenn eine angemessene Antwort gefunden werden soll. Zugleich aber sind dies die Fragen, die im Verhältnis von Wissenschaft und Glaube überhaupt unerledigt sind. –

Die These, die dieser Beitrag begründen, vertreten und verdeutlichen sollte, ist die, daß hier im Spannungsfeld zwischen Glaube und Wissenschaft tatsächlich eine neue und eindringende Grundlagenbesinnung notwendig ist, bei der man sich nicht mit den vorliegenden Ansätzen zufriedengeben

kann, daß das dabei anstehende Problem sich aber keineswegs auf die Frage nach Schöpfung und Evolution oder auf die Rolle evolutionären Denkens in der Wissenschaft beschränkt, sondern die Frage nach den Grundlagen der neuzeitlichen Wissenschaftstradition im ganzen mit einschließt. An den historischen Linien, an der sachlichen Profilierung des Problemfeldes und an der Darstellung der einander gegenüberstehenden Positionen und ihrer Probleme sollten Ansatzpunkte gezeigt werden, von denen aus weitergearbeitet werden kann.

Ich habe dabei bewußt und konsequent die Spannungsmomente zwischen Wissenschaft und Glaube hervorgehoben, die Wissenschaft streng im Horizont des geistigen Einflusses und der geistigen Wirkung betrachtet, die von ihr ausgingen und noch ausgehen, und auch auf der Seite des Glaubens die Momente in den Vordergrund gestellt, die im Verhältnis zur Wissenschaft sperrig sind. Dies geschah nicht, um vor die Wahl zu stellen, damit man das eine oder das andere fahren lasse oder nach Maßgabe des anderen zurechttutze, sondern in der Meinung, daß man nur im Aufnehmen dieser Spannungen und Gegensätze über die billigen Ausgleichsversuche hinauskommen und an den Punkt gelangen kann, an dem beides in seiner wahren Eigenart und in seiner wahren Beziehung zum anderen deutlich wird. Ich erinnere in diesem Zusammenhang noch einmal an das anfangs Gesagte: Nicht die Frage der Vereinbarkeit, sondern die Frage nach der Wahrheit muß das Feld beherrschen, wenn etwas Tragfähiges herauskommen soll.

Wer hier ein Ergebnis oder eine abschließende Stellungnahme meinerseits vermißt, der nehme die abschließenden Thesen meines Beitrags über das biblische Schöpfungszeugnis (oben S. 357-361) als Zwischenbericht und Wegmarkierung.

Das Streitgespräch um Schöpfung und Evolution wird vorerst ein Streitgespräch bleiben müssen. Wenn es fruchtbar sein soll, dann sollte es sich zur kontroversen, aber gemeinsamen und im Hören aufeinander vollzogenen Arbeit an den aufgezeigten Grundlagenfragen gestalten.

3.4 Literaturverzeichnis zu Teil 3

Diese Literaturangaben sind hauptsächlich als Hinweis auf die wichtigste weiterführende Literatur zur Sache gedacht und enthalten eine ganze Reihe von Titeln, die ich nicht ausdrücklich zitiert habe.

Ich habe darum die Titel weder in der Reihenfolge ihrer Zitierung noch in alphabetischer Reihenfolge angeordnet, sondern nach sachlichen Gesichtspunkten. Dabei ist aber jeder ausdrücklich zitierte Titel im Rahmen des Beitrages, in dem er zitiert wurde, einmal aufgeführt, so daß sich die zur Identifizierung etwa nötige Sucharbeit in zumutbaren Grenzen hält.

Allgemein ist zu verweisen auf die Artikel „Schöpfung“ in den theologischen Nachschlagewerken (dort auch weitere Literaturhinweise): Biblisch-Historisches Handwörterbuch; Begriffslexikon zum Neuen Testament; Die Religion in Geschichte und Gegenwart (RGG); Lexikon für Theologie und Kirche (LThK); Evangelisches Kirchenlexikon (EKL); Evangelisches Gemeindelexikon; Handbuch theologischer Grundbegriffe; Herders Theologisches Taschenlexikon; Taschenlexikon Religion und Theologie.

Zu Beitrag 3.1 (Biblisches Schöpfungszeugnis), S. 313:

Allgemein:

1. GERHARD VON RAD: Theologie des Alten Testaments (2 Bde). Besonders Bd. I, 4. Aufl. München 1962, S. 149-178
2. CLAUS WESTERMANN: Theologie des Alten Testaments in Grundzügen. (Grundrisse zum Alten Testament. Das Alte Testament Deutsch, Ergänzungsreihe Bd. 6). Göttingen 1978, S. 72-101
3. GEORG FOHRER: Theologische Grundstrukturen des Alten Testaments. Berlin 1972, S. 185-200
4. ODIL HANNES STECK: Zwanzig Thesen als alttestamentlicher Beitrag zum Thema: "Die jüdisch-christliche Lehre von der Schöpfung in Beziehung zu Wissenschaft und Technik". In: Kerygma und Dogma, Jg. 23, 1977, S. 277-299
5. ODIL HANNES STECK: Welt und Umwelt. (Kohlhammer Taschenbücher. Biblische Konfrontationen, Bd. 1006). Stuttgart 1978
6. KARL HERMANN SCHELKLE: Theologie des Neuen Testaments. Bd. I: Schöpfung. Düsseldorf 1968
7. OSCAR CULLMANN: Die Schöpfung im Neuen Testament. In: Ex auditu verbi (Festschrift für G. C. BERKOUWER). Kampen 1965, S. 56-72

Zu Abschnitt 2.1:

8. CHRISTIAN LINK: Die Erfahrung der Welt als Schöpfung. In: MICHAEL VON RAD (Hrsg.): Anthropologie als Thema von psychosomatischer Medizin und Theologie (Urban-Taschenbücher T-Reihe Bd. 607). Stuttgart 1974, S. 73-121
9. GERHARD VON RAD: Weisheit in Israel. Neukirchen 1970

Zu Abschnitt 2.2:

10. WERNER H. SCHMIDT: Alttestamentlicher Glaube in seiner Geschichte. (Neukirchener Studienbücher, Bd. 6). Neukirchen, 3. Aufl. 1979, S. 166 bis 180
11. GEORG FOHRER: Geschichte der israelitischen Religion. Berlin 1969, S. 171-192

Zu Abschnitt 2.4:

12. Die Schöpfungsmythen. (Quellen des Alten Orients, Bd. I). Einsiedeln 1964. (Nachdruck Darmstadt 1977)
13. CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER: Die Tragweite der Wissenschaft. Erster Band: Schöpfung und Weltentstehung. Die Geschichte zweier Begriffe. Stuttgart, 4. Aufl. 1973
14. RICHARD HÖNIGSWALD: Vom erkenntnistheoretischen Gehalt alter Schöpfungserzählungen. (Schriften aus dem Nachlaß, Bd. I). Stuttgart 1957
15. RICHARD HÖNIGSWALD: Erkenntnistheoretisches zur Schöpfungsgeschichte der Genesis. (SGV 161). Tübingen 1932

Zu den Abschnitten 2.4 - 2.6:

16. GERHARD VON RAD: Das erste Buch Mose. Kap. 1 - 12,9. (Das Alte Testament Deutsch, Bd. 2). Göttingen, 7. Aufl. 1964
17. CLAUD WESTERMANN: Genesis. Kapitel 1 - 11. (Biblischer Kommentar/Altes Testament, Bd. I,1). Neukirchen, 2. Aufl. 1976
18. CLAUD WESTERMANN: Die theologische Bedeutung der Urgeschichte. In: Ders.: Forschung am Alten Testament. Gesammelte Studien Bd. II (Theologische Bücherei 55). München 1974, S. 96-114
19. WERNER H. SCHMIDT: Die Schöpfungsgeschichte der Priesterschrift. Zur Überlieferungsgeschichte von Genesis 1,1 - 2,4a und 2,4b - 3,24. (Wissenschaftliche Monographien zum Alten und Neuen Testament, Bd. 17). Neukirchen, 3. Aufl. 1973
20. ODIL HANNES STECK: Der Schöpfungsbericht der Priesterschrift. Studien zur literarkritischen und überlieferungsgeschichtlichen Problematik von Genesis 1,1 - 2,4a. Göttingen, 2. Aufl. 1981
21. CLAUD WESTERMANN: Schöpfung. (Themen der Theologie, Bd. 12). Stuttgart 1971

Zu Beitrag 3.2 (Geschichte christlicher Schöpfungslehre), S. 363:

22. LEO SCHEFFCZYK: Schöpfung und Vorsehung. (Handbuch der Dogmengeschichte, hrsg. von M. SCHMAUS UND A. GRILLMEIER SJ, Bd. II, 2a). Freiburg 1963
23. UDO KROLZIK: Ökologische Probleme und das Naturverständnis des christlichen Abendlandes. (Information Nr. 87 der Evangelischen Zentralstelle für Weltanschauungsfragen). Stuttgart 1983
24. OTTO ZÖCKLER: Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft, mit besonderer Rücksicht auf Schöpfungsgeschichte. 2 Bde., Gütersloh 1877/79
25. ALMA VON STOCKHAUSEN: Mythos – Logos – Evolution. Dialektische Verknüpfung von Geist und Materie. (Wort und Wissen, Bd. 10). Neuhäuser-Stuttgart 1981
26. CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER: Die Tragweite der Wissenschaft (siehe Nr. 13)
27. AUGUSTINUS: Bekenntnisse. Buch XI
28. AUGUSTINUS: Vom Gottesstaat. Buch XI
29. AUGUSTINUS: Handbüchlein
30. THOMAS VON AQUIN: Theologische Summe, 1. Teil, Frage 44-74, vor allem Frage 44-46 und 65-74
31. HANS BLUMENBERG: Art. „Naturalismus I: Naturalismus und Supranaturalismus“ in: Die Religion in Geschichte und Gegenwart, 3. Aufl., Bd. IV, Sp. 1332-1336
32. PAUL ALTHAUS: Die Theologie Martin Luthers. Gütersloh, 2. Aufl. 1963
33. JOHANNES CALVIN: Unterricht in der christlichen Religion. Nach der letzten Ausgabe übersetzt und bearbeitet von OTTO WEBER, Neukirchen 1963. (2. Aufl. der einbändigen Ausgabe). Erstes Buch, Kap. 5-6 und 14-17
34. WILFRIED JOEST: Fundamentaltheologie. (Theologische Wissenschaft, Bd. 11). Stuttgart 1974. S. 114-124 (Glaube und Vernunft in der Neuzeit)
35. HORST GEORG PÖHLMANN: Abriß der Dogmatik. Gütersloh, 3. Aufl. 1980, S. 129-135
36. HEINRICH SCHMID: Die Dogmatik der evangelisch-lutherischen Kirche. Dargestellt und aus den Quellen belegt. 9. Aufl., hrsg. von HORST GEORG PÖHLMANN, Gütersloh 1979, S. 114-120 (§ 20 De creatione)
37. CARL HEINZ RATSCHOW: Lutherische Dogmatik zwischen Reformation und Aufklärung. Teil II. Gütersloh 1966, S. 163-184
38. HEINRICH HEPPE: Die Dogmatik der evangelisch-reformierten Kirche. Dargestellt und aus den Quellen belegt. Neu durchgesehen und hrsg. von ERNST BIZER. Neukirchen, 2. Aufl. 1958, S. 150-159

39. HANS-MARTIN BARTH: Atheismus und Orthodoxie. Analysen und Modelle christlicher Apologetik im 17. Jahrhundert. (Forschungen zur systematischen und ökumenischen Theologie, Bd. 25). Göttingen 1971
40. WOLFGANG PHILIPP: Das Werden der Aufklärung in theologiegeschichtlicher Sicht. (Forschungen zur Systematischen Theologie und Religionsphilosophie, Bd. 3). Göttingen 1957
41. (GEBHARD ULRICH BRASTBERGER:) Erzählung und Beurtheilung der wichtigsten Veränderungen die vorzüglich in der zweyten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts in der gelehrten Darstellung des dogmatischen Lehrbegriffs der Protestanten in Deutschland gemacht worden sind. Nebst einem Anhang über das Recht der freyen Religionsprüfung. Halle 1790, S. 38-58 u. 76-85
42. WERNER ELERT: Der Kampf um das Christentum seit Schleiermacher und Hegel. München 1921
43. CHRISTOF GESTRICH: Neuzeitliches Denken und die Spaltung der dialektischen Theologie. Zur Frage der natürlichen Theologie. (Beiträge zur historischen Theologie, Bd. 52). Tübingen 1977, S. 186-200
44. FRIEDRICH SCHLEIERMACHER: Der christliche Glaube nach den Grundsätzen der evangelischen Kirche im Zusammenhange dargestellt. 7. Aufl., hrsg. von MARTIN REDEKER. Berlin 1960. Bd. 1, S. 185-204
45. JAMES R. MOORE: The Post-Darwinian Controversies. A Study of the Protestant Struggle to Come to Terms with Darwin in Great Britain and America, 1870-1900. London, New York, Melbourne 1979
46. RICHARD P. AULIE: The Post-Darwinian Controversies. In: Journal of the American Scientific Affiliation 34, 1982, S. 24-29, 90-95, 163-168, 219-224 (ein ausführlicher Buchbericht über Nr. 45)
47. GÜNTER ALTNER: Schöpfungsglaube und Entwicklungsgedanke in der protestantischen Theologie zwischen Ernst Haeckel und Teilhard de Chardin. Zürich 1965
48. JÜRGEN HÜBNER: Theologie und biologische Entwicklungslehre. Ein Beitrag zum Gespräch zwischen Theologie und Naturwissenschaft. München: 1966
49. OTTO PFLEIDERER: Grundriß der christlichen Glaubens- und Sittenlehre. Berlin (1880) 3. Aufl. 1886, S. 82-88
50. JOHANN TOBIAS BECK: Vorlesungen über christliche Glaubenslehre. Posthum hrsg. von J. LINDENMEYER. 2 Bde. Gütersloh 1887. Bd. II, S. 145-204
51. MARTIN KÄHLER: Die Wissenschaft der christlichen Lehre (1883); Nachdruck der 3. Aufl. (Leipzig 1905), Neukirchen 1966, S. 248-277
52. JULIUS KAFTAN: Dogmatik. (Grundriß der theologischen Wissenschaften V,1). Tübingen (1897), 7. u. 8. Aufl. 1920, S. 247-293
53. KARL HEIM: Leitfaden der Dogmatik. 2 Teile. Halle (1912), 3. Aufl. 1923/1925. Teil 2, S. 18-38

54. KARL HEIM: Weltschöpfung und Weltende. (Der evangelische Glaube und das Denken der Gegenwart. Grundzüge einer christlichen Lebensanschauung, Bd. 6). Hamburg 1952, 3. Aufl. Wuppertal o. J.
55. KARL BARTH: Die kirchliche Dogmatik. Bd. III/1, Zürich, 2. Aufl. 1945, Bd. III/2, Zürich 1948
56. OTTO WEBER: Karl Barths Kirchliche Dogmatik. Ein einführender Bericht. Neukirchen, 8. Aufl. 1977, S. 86-105
57. WILHELM LÜTGERT: Schöpfung und Offenbarung. Eine Theologie des ersten Artikels. (Beiträge zur Förderung christlicher Theologie, 2. Reihe, Bd. 34). Gütersloh 1934
58. HANFRIED MÜLLER: Evangelische Dogmatik im Überblick. Berlin (Ost) 1978
59. CARL HEINZ RATSCHOW: Das Heilshandeln und das Welthandeln Gottes. Gedanken zur Lehrgestaltung des Providentia-Glaubens in der evangelischen Dogmatik. In: Neue Zeitschrift für systematische Theologie, 1, 1959, S. 25-80

Zu Beitrag 3.3 (Schöpfung und Evolution), S. 391

Zu Abschnitt 1:

60. ADOLF SCHLATTER: Zum Nachdenken für christliche Herbartianer. In: Blätter für die christliche Schule (Bern) 21, 1886, Nr. 10, S. 89-91; abgedruckt in: Der Evangelische Erzieher 4, 1952, S. 251-254
61. HERMANN HAFNER: Christlich denken heißt wahr denken. Eine Lesehilfe zu Adolf Schlatter. In: PORTA (Studentenmission in Deutschland, Marburg) Nr. 30, Frühjahr 1982, S. 24-28

Zu Abschnitt 2.1:

62. OTTO ZÖCKLER: Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft mit besonderer Rücksicht auf Schöpfungsgeschichte. 2 Bde. Gütersloh 1877/79
63. ARTHUR TITIUS: Natur und Gott. Ein Versuch zur Verständigung zwischen Naturwissenschaft und Theologie. Göttingen, 2. Aufl. 1931
64. CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER: Die Tragweite der Wissenschaft. (siehe Nr. 13)
65. CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER: Gottesfrage und Naturwissenschaften. In: ders.: Deutlichkeit. Beiträge zu politischen und religiösen Gegenwartsfragen. München, 2. Aufl. 1979, S. 155-183
66. UDO KROLZIK: Ökologische Probleme und das Naturverständnis des christlichen Abendlandes. (siehe Nr. 23)
67. UDO KROLZIK: Umweltkrise – Folge des Christentums? Stuttgart, 2. Aufl. 1980

68. NORBERT M. WILDIERS: *Weltbild und Theologie. Von Thomas von Aquin bis in unsere Tage.* 1974
69. WILFRIED JOEST: *Fundamentaltheologie.* (siehe Nr. 34)
70. REIJER HOOYKAAS: *Religion and the Rise of Modern Science.* Edinburgh/London 1972
71. WOLFGANG TRILLHAAS: Art. „Natur und Christentum“ in: *Die Religion in Geschichte und Gegenwart*, 3. Auflage, Bd. IV, Sp. 1326-1329
72. WOLFGANG PHILIPP: Art. „Natur und Übernatur“ ebd. Sp. 1329-1332
73. HANS BLUMENBERG: Art. „Naturalismus: I. Naturalismus und Supranaturalismus“ ebd. Sp. 1332-1336
74. KURT HÜBNER: Art. „Naturphilosophie“ ebd. Sp. 1348-1353
75. HEINZ-HORST SCHREY: Art. „Weltbild: IV. Das neuzeitliche Weltbild.“ ebd. Bd. VI, Sp. 1621-1629
76. WOLFGANG PHILIPP: Art. „Naturphilosophie“ in: *Evangelisches Kirchenlexikon* Bd. II, Sp. 1516-1518
77. GÜNTER HOWE: Art. „Naturwissenschaft und Theologie“ ebd. Sp. 1527 bis 1534
78. WOLFGANG PHILIPP: Art. „Weltbild: V. Entwicklung seit dem Mittelalter“ ebd. Bd. III, Sp. 1767-1773
79. ERNST BENZ: *Schöpfungsglaube und Endzeiterwartung. Antwort auf Teilhard de Chardins Theologie der Evolution.* München 1965
80. LENN E. GOODMAN / MADELEINE J. GOODMAN: *Creation and Evolution: Another Round in an Ancient Struggle.* In: *Zygon* 18, 1983, S. 3-43
81. HARTMUT LEHMANN: *Das Zeitalter des Absolutismus. (Christentum und Gesellschaft, Bd. 9).* Stuttgart 1980
82. FRIEDRICH HUND: *Geschichte der physikalischen Begriffe.* 2 Bde. Mannheim, 2. Aufl. 1978
83. MICHAEL HEIDELBERGER / SIGRUN THIESSEN: *Natur und Erfahrung. Von der mittelalterlichen zur neuzeitlichen Naturwissenschaft.* Reinbek 1981
84. WERNER HEISENBERG: *Das Naturbild der heutigen Physik.* Hamburg 1955
85. GALILEO GALILEI: *Sidereus Nuncius. Nachricht von neuen Sternen (und andere Schriften).* Hrsg. u. eingeleitet von HANS BLUMENBERG. (suhkamp taschenbuch wissenschaft 337). Frankfurt/M 1980
86. JÜRGEN HÜBNER: *Die Theologie Johannes Keplers zwischen Orthodoxie und Naturwissenschaft. (Beiträge zur historischen Theologie, Bd. 50).* Tübingen 1975
87. HANS-MARTIN BARTH: *Atheismus und Orthodoxie.* (siehe Nr. 39)
88. JÜRGEN MITTELSTRASS: Art. „Grund, Satz vom“ in: *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie.* Bd. 1, S. 824f

89. WOLFGANG PHILIPP: Art. „Physikotheologie“ in: Evangelisches Kirchenlexikon Bd. III, Sp. 214f
90. WOLFGANG PHILIPP: Das Werden der Aufklärung (siehe Nr. 40)
91. WERNER ELERT: Der Kampf um das Christentum seit Schleiermacher und Hegel. (siehe Nr. 42)
92. THEOBALD ZIEGLER: Die geistigen und sozialen Strömungen Deutschlands im 19. und 20. Jahrhundert. 21.-23. Tsd. Berlin 1916
93. DIETRICH BONHOEFFER: Widerstand und Ergebung. Briefe und Aufzeichnungen aus der Haft, hrsg. von EBERHARD BETHGE. Neuausgabe München 1970
94. GÜNTER DUX: Die Logik der Weltbilder. Sinnstrukturen im Wandel der Geschichte. Frankfurt/M 1982

Zu Abschnitt 2.2:

95. WOLF LEPENIES: Das Ende der Naturgeschichte. Wandel kultureller Selbstverständlichkeiten in den Wissenschaften des 18. und 19. Jahrhunderts. (suhrkamp taschenbuch wissenschaft 227). Frankfurt 1978 (Originalausgabe: München 1976)
96. IMMANUEL KANT: Über den Gebrauch teleologischer Prinzipien in der Philosophie. 1788
97. IMMANUEL KANT: Kritik der Urteilskraft. 1790
98. G. BÖHME: Art. „Geschichte der Natur“ in: Historisches Wörterbuch der Philosophie, Bd. 3, Sp. 399-401
99. G. SCHOLTZ: Art. „Geschichte, Historie“ ebd. Sp. 344-398
100. U. DIERSE/G. SCHOLTZ: Art. „Geschichtsphilosophie“ ebd. Sp. 416-439
101. G. SCHOLTZ: Art. „Historismus“ ebd. Sp. 1141-1147
102. KARL LÖWITH: Weltgeschichte und Heilsgeschehen. Die theologischen Voraussetzungen der Geschichtsphilosophie. Stuttgart, 3. Aufl. 1953
103. HANS-GEORG GADAMER: Wahrheit und Methode. Grundzüge einer philosophischen Hermeneutik. Tübingen 1960
104. WALTER SCHULZ: Philosophie in der veränderten Welt. Pfullingen 1972, S. 470-627
105. HANS-GEORG GADAMER: Art. „Historismus“ in: Die Religion in Geschichte und Gegenwart, 3. Aufl. Bd. III, Sp. 369-371
106. FRIEDRICH MEINECKE: Die Entstehung des Historismus. 1936. 3. Aufl.: F. MEINECKE: Werke Bd. III, München 1959
107. PETER HÜNERMANN: Der Durchbruch geschichtlichen Denkens im 19. Jahrhundert. Johann Gustav Droysen, Wilhelm Dilthey, Graf Paul Yorck von Wartenburg – Ihr Weg und ihre Weisung für die Theologie. Freiburg/Br. 1967

Zum Abschnitt 2.3:

108. GERHARD EBELING: Art. „Hermeneutik“ in: Die Religion in Geschichte und Gegenwart, 3. Aufl. Bd. III, Sp. 242-262
 109. WOLFGANG TRILLHAAS: Art. „Geschichte und Geschichtsauffassung: II.B. Kirchengeschichtlich“ in: Die Religion in Geschichte und Gegenwart, 3. Aufl. Bd. II, Sp. 1482f
 110. KLAUS SCHOLDER: Ursprünge und Probleme der Bibelkritik im 17. Jahrhundert. Ein Beitrag zur Entstehung der historisch-kritischen Theologie. (Forschungen zur Geschichte und Lehre des Protestantismus, 10. Reihe, Bd. XXXIII). München 1966
 111. HEINRICH KARPP: Der Beitrag Keplers und Galileis zum neuzeitlichen Schriftverständnis. In: Zeitschrift für Theologie und Kirche 67, 1970, S. 40-55
 112. NORBERT A. LUYTEN OP: Naturwissenschaftliches Denken und Gotteserkenntnis. In: Die neue Ordnung 35, 1981, S. 335-351
 113. FRIEDRICH WILHELM KANTZENBACH: Evangelium und Dogma. Die Bewältigung des theologischen Problems der Dogmengeschichte im Protestantismus. Stuttgart 1959
 114. HANS-JOACHIM KRAUS: Geschichte der historisch-kritischen Erforschung des Alten Testaments. Neukirchen, 3. Aufl. 1982
 115. WERNER GEORG KÜMMEL: Das Neue Testament. Geschichte der Erforschung seiner Probleme. (Orbis Academicus Bd. III/3). Freiburg/ München, 2. Aufl. 1970
 116. MARTIN KÄHLER: Art. „Biblische Theologie“ in: Realencyklopädie für protestantische Theologie und Kirche, 3. Aufl., Bd. 3, S. 192-200
 117. GOTTFRIED HORNIC: Die Anfänge der historisch-kritischen Theologie. Johann Salomo Semlers Schriftverständnis und seine Stellung zu Luther. (Forschungen zur Systematischen Theologie und Religionsphilosophie, Bd. 8). Göttingen 1961
 118. FRIEDRICH MILDENBERGER: Geschichte der deutschen evangelischen Theologie im 19. und 20. Jahrhundert. (Theologische Wissenschaft Bd. 10). Stuttgart 1981
 119. HANS EMIL WEBER: Historisch-kritische Schriftforschung und Bibelglaube. Ein Versuch zur theologischen Wissenschaftslehre. Gütersloh, 2. Aufl. 1914
 120. KARL GIRGENSOHN: Die moderne historische Denkweise und die christliche Theologie. Leipzig 1904
 121. KARL GIRGENSOHN: Die geschichtliche Offenbarung. (Biblische Zeit- und Streitfragen, V. Serie, 12. Heft) Groß Lichterfelde-Berlin 1910
- Ferner: Nr. 83, S. 194-222; Nr. 86, S. 158-229

Zu Abschnitt 2.4:

122. PAUL JAEGER: Das „atheistische Denken“ der neueren Theologie. Zur Verständigung. In: Die christliche Welt 19, 1905, Sp. 577 - 582
123. ADOLF SCHLATTER: Atheistische Methoden in der Theologie. (Beiträge zur Förderung christlicher Theologie 9, 1905, Heft 5, S. 229-250). Abgedruckt in: ders.: Zur Theologie des Neuen Testaments und zur Dogmatik. Kleine Schriften, hrsg. von ULRICH LUCK. (Theologische Bücherei Bd. 41). München 1969, S. 134-150

Zu Abschnitt 3.3:

124. ALFRED LOCKER: Selbstorganisation – systemtheoretisch und metatheoretisch betrachtet. In: WERNER GITT (Hrsg.): Am Anfang war die Information. Forschungsergebnisse aus Naturwissenschaft und Technik, Gräfelfing 1982, S. 145-161

Zu Abschnitt 4, Anm. 47:

125. SIGURD MARTIN DAECKE: Gott als Faktor der Evolution? Zum Gespräch der Theologie mit den Naturwissenschaften. In: Evangelische Kommentare 14, 1981, S. 624-626
126. SIGURD MARTIN DAECKE: Wann hat Gott die Welt geschaffen? Was der Kreationismus gegen die Evolutionstheorie vorbringt. In: Evangelische Kommentare 15, 1982, S. 595-597
127. SIGURD MARTIN DAECKE: Gott – Opfer oder Schöpfer der Evolution? Christlicher Glaube und Entwicklungslehre. In: Kerygma und Dogma 28 1982, S. 230-247
128. GÜNTER ALTNER: Schöpfungstheologie gegen Darwin. Neue Angriffe gegen die Evolutionstheorie. In: Evangelische Kommentare 15, 1982, S. 415-418

Zu Abschnitt 4.1:

129. HEINZ-HORST SCHREY: Art. „Apologetik: III. Systematisch-theologisch“; CARL GUNTHER SCHWEITZER: Art. „Apologetik IV. Praktische Apologetik“ in: Die Religion in Geschichte und Gegenwart, 3. Aufl., Bd. I, Sp. 485-492
130. RUDOLF SCHMID: Die Darwinschen Theorien und ihre Stellung zur Philosophie, Religion und Moral. 1876
131. RUDOLF SCHMID: Das naturwissenschaftliche Glaubensbekenntnis eines Theologen. Ein Wort zur Verständigung zwischen Naturforschung und Christentum. Stuttgart 1905, 2. Aufl. 1906
132. KARL BETH: Der Entwicklungsgedanke und das Christentum. Groß Lichtenfelde-Berlin 1909
133. ARTHUR TITIUS: Natur und Gott. (siehe Nr. 63)

134. KARL HEIM, K.: Der evangelische Glaube und das Denken der Gegenwart. 6 Bde. Berlin/Hamburg
Bd. 1: Glaube und Denken. 1931. 5. Aufl. 1957.
Bd. 2: Jesus der Herr. 1935. 4. Aufl. 1955.
Bd. 3: Jesus der Weltvollender. 1937. 3. Aufl. 1952.
Bd. 4: Der christliche Gottesglaube und die Naturwissenschaft. 1949. 2. Aufl. 1953.
Bd. 5: Die Wandlung im naturwissenschaftlichen Weltbild. 1951. 3. Aufl. 1954.
Bd. 6: Weltschöpfung und Weltende. 1952. 2. Aufl. 1958.
Das Werk wurde 1974-1977 im Aussaat-Verlag Wuppertal neu aufgelegt.
135. EMIL BRUNNER: Der Schöpfungsglaube und das wissenschaftliche Weltbild. In: ders.: Das Wort Gottes und der moderne Mensch. Berlin 1937, S. 34 bis 58
136. EMIL BRUNNER: Der Mensch im Widerspruch. Die christliche Lehre vom wahren und vom wirklichen Menschen. Zürich 1937, 3. Aufl. 1941, S. 403-423
137. EMIL BRUNNER: Dogmatik. Bd.II: Die christliche Lehre von Schöpfung und Erlösung. Zürich 1950, 3. Aufl. 1972, S. 51-53
138. KARL BARTH: Kirchliche Dogmatik. (siehe Nr. 55). Bd. III/1. Vorwort. Bd. III/2, S. 92-113
139. REGIN PRENTER: Schöpfung und Erlösung. Dogmatik. Göttingen 1960, S. 224
140. WOLFGANG TRILLHAAS: Dogmatik. Berlin 1962, 4. Aufl. 1980, S. 160f.183
141. HANS-GEORG FRITZSCHE: Lehrbuch der Dogmatik.
Bd. I: Prinzipienlehre. Göttingen 1964, 2. Aufl. 1982;
Bd. II: Lehre von Gott und der Schöpfung. Göttingen 1967, S. 244-252;
Bd. III: Christologie. Göttingen 1976, S. 16f
142. FRITZ BURI, JAN M. LOCHMAN, HEINRICH OTT: Dogmatik im Dialog. Bd. 3: Schöpfung und Erlösung. Gütersloh 1976, S. 36-47.108-119
143. FRIEDRICH MILDENBERGER: Grundwissen der Dogmatik. Ein Arbeitsbuch. Stuttgart 1982, S. 104-111
144. HELMUT THIELICKE: Mensch sein – Mensch werden. Entwurf einer christlichen Anthropologie. München 1976, S. 394-431
145. FRIEDRICH KARL SCHUMANN: Vom Geheimnis der Schöpfung. Creator spiritus und imago Dei. Gütersloh 1937
146. OTTO A. DILSCHNEIDER: Das christliche Weltbild. Grundlagen und Wirklichkeit einer evangelischen Akademie. Gütersloh 1951
147. Schöpfungsglaube und Evolutionstheorie. Eine Vortragsreihe bekannter Theologen und Naturwissenschaftler. Stuttgart 1955

148. EDMUND SCHLINK: Zum Gespräch des christlichen Glaubens mit der Naturwissenschaft. In: *Medicus viator. Fragen und Gedanken am Wege Richard Siebecks. Eine Festgabe seiner Freunde und Schüler zum 75. Geburtstag.* Tübingen/Stuttgart 1959, S. 273-295
149. ADOLF KÖBERLE: Die religiösen und weltanschaulichen Auswirkungen des Darwinismus. In: *Wege zum Menschen 11, 1959.* Abgedruckt in: ders: *Heilung und Hilfe.* Darmstadt 1973, S. 1-11
150. HELMUT FISCHER: Grundlagenprobleme der Lehre von Urstand und Fall. Ein Beitrag zur Methodenfrage der Theologie. (Diss. Marburg 1958). Düsseldorf 1959
151. THEOPHIL FLÜGGE: *Affenmensch, Weltall, Bibel.* 1958
152. GÜNTER JACOB: *Himmel ohne Gott?* Stuttgart 1959
153. ERWIN REISNER: Gott oder das Tier. Die mythologischen Hintergründe der Deszendenztheorie. In: *Evangelische Theologie 19, 1959, S. 399-410*
154. MARTIN BUSSE: Mensch und Tier. Anmerkungen zu einer unfruchtbaren Auseinandersetzung. In: *Evangelische Theologie 20, 1960, S. 42-45*
155. WILHELM M. OESCH: Die Lehre von der Inspiration und ihre Anwendung auf die Urgeschichte. In: *Fuldaer Hefte Heft 13, 1960, S. 9-75*
156. PETER BRUNNER: Gott, das Nichts und die Kreatur. Eine dogmatische Erwägung zum christlichen Schöpfungsglauben (1960). In: ders: *Pro Ecclesia. Gesammelte Aufsätze zur dogmatischen Theologie.* Bd. 2. Berlin 1966, S. 31-49
157. HANS JOACHIM IWAND: *Glauben und Wissen.* (Nachgelassene Werke Bd. 1) München 1962
158. GERHARD GLOEGE: Schöpfungsglaube und Weltbild. In: *Vom Herrengeheimnis der Wahrheit. Festschrift für Heinrich Vogel.* Berlin 1962, S. 158-178. Abgedruckt in: ders.: *Heilsgeschehen und Welt. Theologische Traktate.* Bd. 1. Göttingen 1965, S. 268-285
159. WILFRIED JOEST: Raum, Zeit und Kausalität. Über den Glauben an Gott den Schöpfer und das naturwissenschaftliche Weltbild. In: *Zeitwende 35, 1964, S. 522-536* = ders.: *Gott der Schöpfer und der Kosmos. Zum Verhältnis von Theologie und Naturwissenschaft.* In: ders: *Gott will zum Menschen kommen. Gesammelte Aufsätze.* Göttingen 1977, S. 108-123
160. PETER BRUNNER: Adam, wer bist du? Methodische Erwägungen zur Lehre von dem im Ursprung erschaffenen Menschen. In: *Kerygma und Dogma 12, 1966, S. 267-291*
161. WILFRIED JOEST: Adam und wir. Gedanken zum Verständnis der biblischen Urgeschichte. In: *Humanitas – Christianitas.* Walther von Loewenich zum 65. Geburtstag. 1968, S. 302-315. = ders.: *Gott will zum Menschen kommen.* (siehe Nr. 159), S. 124-139
162. ERNST BENZ: Schöpfungsglaube und Endzeiterwartung. (siehe Nr. 79)

163. SIGRUD MARTIN DAECKE: Teilhard de Chardin und die evangelische Theologie. Die Weltlichkeit Gottes und die Weltlichkeit der Welt. Göttingen 1967
164. GÜNTER ALTNER: Schöpfungsglaube und Entwicklungsgedanke. (siehe Nr. 47)
165. JÜRGEN HÜBNER: Theologie und biologische Entwicklungslehre. (siehe Nr. 48)
166. JÜRGEN HÜBNER: Biologie und christlicher Glaube. Konfrontation und Dialog. (Bücherei für Erwachsenenbildung Bd. 2). Gütersloh 1973
167. A. M. KLAUS MÜLLER / WOLFHART PANNENBERG: Erwägungen zu einer Theologie der Natur. Gütersloh 1970
168. HORST W. BECK: Weltformel contra Schöpfungsglaube. Theologie und empirische Wissenschaft vor einer neuen Wirklichkeitsdeutung. Zürich 1972
169. HORST W. BECK: Die Welt als Modell. Gegen den Mythos vom geschlossenen Weltbild. Wuppertal 1973
170. HORST W. BECK: Götzendämmerung in den Wissenschaften. Karl Heim – Prophet und Pionier. Wuppertal 1974
171. HORST W. BECK: Biblischer Schöpfungsglaube im Zeichen moderner Anfechtungen. In: Das Fundament (Deutscher christlicher Technikerbund e.V). 74, 1977, Aprilheft S. 5-36
172. GÜNTER ALTNER: Art. „Schöpfung“ in: Taschenlexikon Religion und Theologie. 1. Aufl. 1971, Bd. 4, S. 19-22 / 4. Aufl. 1983, Bd. 5, S. 15-18
173. JÜRGEN HÜBNER: Schöpfung und Ursächlichkeit. Hinweise für eine evangelische Theologie der Welt. In: Zeitwende 44, 1973, S. 98-110
174. WENZEL LOHFF: Glaubenslehre und Erziehung. Göttingen 1974, S. 38-49
175. JOACHIM TRACK: Naturwissenschaften und Theologie. Erwägungen zu einem interdisziplinären Dialog. In: Kerygma und Dogma 21, 1975, S. 99-119
176. GÜNTER ALTNER: Zwischen Natur und Menschengeschichte. Perspektiven für eine neue Schöpfungstheologie. München 1975
177. ULRICH HEDINGER: Erschaffen und schon gefallen? Kritik des Mythos vom guten Ursprung und bösen Fall. (Europäische Hochschulschriften Reihe XX, Bd. 21). Frankfurt am Main/Bern 1976
178. CHRISTIAN LINK: Die Erfahrung der Schöpfung. Zum Gespräch zwischen Theologie und Naturwissenschaft. In: Evangelische Kommentare 8, 1975, S. 593-596
179. CHRISTIAN LINK: Die Welt als Gleichnis. Studien zum Problem der natürlichen Theologie. München 1976; 2. Aufl. 1982

180. CHRISTIAN LINK: Ein biblischer Weltentwurf. Möglichkeiten einer theologischen Antwort auf ökologische Fragen. In: CONSTANZE EISENBART (Hrsg.): Humanökologie und Frieden. Stuttgart 1979, S. 373-417
181. Naturwissenschaft und christlicher Glaube. Ein Dialog am Beispiel der Evolution. Dokumentation eines Arbeitskreises. Wuppertal 1978
182. OSWALD BAYER: Schöpfung als "Rede an die Kreatur durch die Kreatur". Die Frage nach dem Schlüssel zum Buch der Natur und der Geschichte. In: Evangelische Theologie 40, 1980, S. 316-333
183. EBERHARD WÖLFEL: Welt als Schöpfung. Zu den Fundamentalsätzen der christlichen Schöpfungslehre heute. München 1981
184. Zufall und Gesetz in der Evolution des Lebens. (Herrenalber Texte 9). Karlsruhe 1978
185. Wie entsteht der Geist? (Herrenalber Texte 23). Karlsruhe 1980
186. Mensch und Kosmos. (Herrenalber Texte 33). Karlsruhe 1981
187. Das Übel in der Evolution und die Güte Gottes. (Herrenalber Texte 44). Karlsruhe 1983
188. GÜNTER ALTNER: Darwin – Evolutionstheorie und Theologie. In: Anstöße (Ev. Akademie Hofgeismar) 29, 1982, S. 72-77
189. JÜRGEN HÜBNER: Die Welt als Gottes Schöpfung ehren. Zum Verhältnis von Theologie und Naturwissenschaft heute. München 1982
190. HANS RUDOLF BRUGGER: Die Geschichte der Schöpfung. Ist die Erde ein junger Planet? In: Reformatio (Bern) 31, 1982, S. 160-175
191. JOHANNES FLURY: Naturwissenschaft und Glaube. Der Konflikt um die Schöpfungsgeschichte als fruchtbare Kontroverse? In: Reformatio 31, 1982, S. 175-179
192. ALFRED JAEGER: Theologie der Erde. Zur theologischen Funktion einer Schöpfungslehre. In: Theologische Zeitschrift 39, 1983, S. 166-177
193. WALTHER BINDEMANN: Die Hoffnung der Schöpfung. Römer 8,18-27 und die Frage einer Theologie der Befreiung von Mensch und Natur. Neukirchen 1983
194. RUPERT J. RIEDL / FRANZ KREUZER (Hrsg.): Evolution und Menschenbild. Hamburg 1983, S. 243-336: Evolution und Schöpfung
195. JAMES C. LIVINGSTON: Darwin, Darwinism and Theology: Recent Studies. In: Religious Studies Review 8, 1982, S. 105-116

Außertheologische Beiträge:

196. BERNHARD BAVINK: Die Naturwissenschaft auf dem Wege zur Religion. 1933. 6. Aufl. 1947
197. BERNHARD BAVINK: Das Weltbild der heutigen Naturwissenschaften und seine Beziehungen zu Philosophie und Religion. 1947. 2. Aufl. 1952

198. BERNHARD BAVINK: *Weltschöpfung in Mythos und Religion, Philosophie und Naturwissenschaft*. 1950. 2. Aufl. 1951
199. OTTO SCHÜEPP: *Schöpfungsbericht und Naturwissenschaft*. Basel: o. J. (ca. 1945)
200. VIKTOR VON WEIZSÄCKER: *Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde. Grundfragen der Naturphilosophie*. Göttingen 1954
201. *Glaube und Forschung. Vorträge und Abhandlungen der Evangelischen Akademie Christophorus-Stift*, hrsg. von G. HOWE. 2. Folge, Gütersloh 1950
202. PAUL MÜLLER: *Bibel und Naturwissenschaft im Widerspruch oder in der Harmonie?* Metzingen 1953, 2. Aufl. 1954
203. PAUL MÜLLER: *Schöpfung, Wunder, unsichtbare Welt. Bibel und Naturwissenschaft im Widerspruch oder in der Harmonie?* 3., neubearb. Aufl. von Nr. 202. Metzingen 1958, 4. Aufl. 1959
204. PAUL MÜLLER: *Schöpfung und Wunder – Zufall oder Gottes Werk?* (weitere Neubearbeitung von Nr. 202 und 203). Metzingen 1969, 2. Aufl. 1976
205. HANS ROHRBACH: *Naturwissenschaft und Gotteserkenntnis. Fünf Vorträge zum Thema Naturwissenschaft und christlicher Glaube*. Evangelische Akademie Mannheim. 1960
206. HANS ROHRBACH: *Naturwissenschaft, Weltbild, Glaube*. Wuppertal 1966, 10. Aufl. 1978
207. HANS ROHRBACH: *Mit dem Unsichtbaren leben. Unsichtbare Mächte und die Macht Jesu*. Wuppertal 1976, 2. Aufl. 1978
208. HANS ROHRBACH: *Ein neuer Zugang zum Schöpfungsbericht*. In: *Schritte. Magazin für Christen*. Heft 2/1979, S. 5-9, und Heft 7/1979, S. 6-10. – In etwas erweiterter Form auch in: *Rhönbrief (Rundbrief der Christlichen Tagungsstätte „Hohe Rhön“ in Bischofsheim/Rhön)* Nr.3/1982, S.14-17; Nr.4/1982, S.12-16; Nr.1/1983, S.16-18; Nr.2/1983, S.14-17; Nr.3/1983, S.18-21
209. ERICH HITZBLECK: *Wunder im Naturgeschehen. Nicht Zufallsprodukt, sondern Schöpfung*. Wuppertal 1962
210. GÜNTER HOWE: *Die Christenheit im Atomzeitalter. Vorträge und Studien*, hrsg. von HERMANN TIMM (*Forschungen und Berichte der Evangelischen Studiengemeinschaft* 26). Stuttgart 1970
211. GÜNTER HOWE: *Gott und die Technik. Die Verantwortung der Christenheit für die technisch-wissenschaftliche Welt*, hrsg. von HERMANN TIMM. Hamburg/Zürich 1971
212. HERBERT MESCHKOWSKI: *Das Christentum im Jahrhundert der Naturwissenschaften*. München 1961

213. GERHARD HENNEMANN: Naturwissenschaft und Religion. (Erfahrung und Denken Bd. 11). Berlin 1963
214. GÜNTER EWALD: Wirklichkeit, Wissenschaft, Glaube. Die Frage der Wirklichkeit in exakter Wissenschaft und im christlichen Glauben. (Neue Studienreihe 1). Wuppertal 1963
215. GÜNTER EWALD: Naturgesetz und Schöpfung. Zum Verhältnis von Naturwissenschaft und Theologie. (Neue Studienreihe 8). Wuppertal 1966
216. GÜNTER EWALD: Der Mensch als Geschöpf und kybernetische Maschine. Wuppertal 1971
217. PASCUAL JORDAN: Der Naturwissenschaftler vor der religiösen Frage. Abbruch einer Mauer. Oldenburg 1963; 5. neubearb. Aufl. 1968
218. PASCUAL JORDAN: Schöpfung und Geheimnis. Antworten aus naturwissenschaftlicher Sicht. Oldenburg 1970, 2. Aufl. 1971
219. CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER: Die Tragweite der Wissenschaft. (siehe Nr. 13)
220. CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER: Kirchenlehre und Weltverständnis. In: ders.: Deutlichkeit (siehe Nr. 65). S. 137-153
221. CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER: Gottesfrage und Naturwissenschaften. In: ders.: Deutlichkeit (siehe Nr. 65). S. 155-183
222. GEORG PICHT: Der Gott der Philosophen und die Wissenschaft der Neuzeit. Stuttgart 1966
223. WERNER SCHAAFFS: Christus und die physikalische Forschung. Berghausen 1966, 2. Aufl. 1967; 3. Aufl. o. J.
224. WERNER SCHAAFFS: Jesus, Meister der Natur. Wuppertal 1970, 2. Aufl. 1971
225. BERNHARD PHILBERTH: Der Dreieine. Anfang und Sein. Die Struktur der Schöpfung. Stein am Rhein 1970, 4. Aufl. 1976
226. BERNHARD UND KARL PHILBERTH: Das All. Physik des Kosmos. Stein am Rhein 1982
227. GÜNTER LUDWIG: Das naturwissenschaftliche Weltbild des Christen. 1962
228. SIEGFRIED MÜLLER-MARKUS: Wo die Welt nochmal beginnt. Moderne Physik und die Möglichkeit des Glaubens. Olten 1970
229. SIEGFRIED MÜLLER-MARKUS: Physik, Glaube, Gott. Einsiedeln
230. SIEGFRIED MÜLLER-MARKUS: Gott kehrt wieder. Stein am Rhein 1972
231. WALTER HEITLER: Die Natur und das Göttliche. 4. Aufl. 1977
232. WALTER HEITLER: Schöpfung als Gottesbeweis. Die Öffnung der Naturwissenschaft zum Göttlichen. 1979
233. A.M. KLAUS MÜLLER: Die präparierte Zeit. Der Mensch in der Krise seiner eigenen Zielsetzungen. Stuttgart 1972. 2. Aufl. o. J.

234. A.M. KLAUS MÜLLER: Wende der Wahrnehmung. Erwägungen zur Grundlagenkrise in Physik, Medizin, Pädagogik und Theologie. München 1978
235. A. M. KLAUS MÜLLER: Geschöpflichkeit als Herausforderung an Naturwissenschaft und Theologie. In: Scheidewege 8, 1978, S.336-361. = Offene Systeme II (siehe Nr. 237), S. 299 - 326. = ders: Leid – Glaube – Vernunft. Signale der Geschöpflichkeit. Stuttgart 1982, S. 59-91
236. ERNST VON WEIZSÄCKER (Hrsg.): Offene Systeme I. Beiträge zur Zeitstruktur von Information, Entropie und Evolution. (Forschungen und Berichte der Evangelischen Studiengemeinschaft Bd. 30). Stuttgart 1974
237. KRZYSZTOF MAURIN, KRZYSZTOF MICHALSKI, ENNO RUDOLPH (Hrsg.): Offene Systeme II. Logik und Zeit. (Forschungen und Berichte der Evangelischen Studiengemeinschaft Bd. 35). Stuttgart 1981
238. HERBERT PRECHT: Der handelnde Gott und die Wege der Wissenschaft. Betrachtungen eines Biologen. (Studien und Dokumente Bd. 25/26). Bad Rappenau-Obergimpfern 1977
239. JOACHIM ILLIES: Der Mensch in der Schöpfung. Ein Naturwissenschaftler liest die Bibel. (Texte und Thesen 88). Zürich:1977
240. JOACHIM ILLIES: Schöpfung oder Evolution. Ein Naturwissenschaftler zur Menschwerdung. (Texte und Thesen 121). Zürich 1979
241. JOACHIM ILLIES: Die Welt ist Gottes Schöpfung. (Herderbücherei 889). Freiburg 1981
242. JOACHIM ILLIES: Der Jahrhundert-Irrtum. Würdigung und Kritik des Darwinismus. Frankfurt/M. 1983
243. HERMANN DIETZFELBINGER / LUTZ MOHAUPT (Hrsg.): Gott – Geist – Materie. Theologie und Naturwissenschaft im Gespräch. (Zur Sache 21). Hamburg 1980
244. UDO KÖHLER: Allein im All – doch seine Mitte. Moderne Naturwissenschaft und christlicher Glaube. Einladung und Beitrag zum Dialog. Stuttgart 1982
245. UDO KÖHLER: Sündenfall und Urknall. Biblischer Schöpfungsbericht und moderne Kosmologie. Stuttgart 1983
246. KAREL CLAEYS: Die Bibel bestätigt das Weltbild der Naturwissenschaft. Neues Beweisverfahren aus Etymologie, Kontext, Konkordanz und Naturwissenschaft. Stein am Rhein 1979

Beiträge aus dem Bereich katholischer Philosophie und Theologie:

247. HANS-EDUARD HENGSTENBERG: Evolution und Schöpfung. Eine Antwort auf den Evolutionismus Teilhard de Chardins. (Salzburger Studien zur Philosophie Bd. 3). München 1963
248. M. GRISON: Geheimnis der Schöpfung. Was sagen Naturwissenschaft, Philosophie und Theologie vom Ursprung der Welt, der Lebewesen

- und des Menschen? München, 3. Aufl. 1960. (frz. Original 2. Aufl. 1959)
249. Tragweite und Grenzen der wissenschaftlichen Methoden. Vorträge und Diskussionen gehalten anlässlich der 4. Arbeitstagung des Institutes der Görres-Gesellschaft für die Begegnung von Naturwissenschaft und Theologie. (Naturwissenschaft und Theologie 5). Freiburg/München 1962
250. Die biologische Evolution. (Naturwissenschaft und Theologie 2)
251. Die evolutive Deutung der menschlichen Leiblichkeit. (Naturwissenschaft und Theologie 3)
252. JOHANNES HÜTTENBÜGEL (Hrsg.): Gott – Mensch – Universum. Der Christ vor den Fragen der Zeit. Graz 1974, S. 295-471. (Fünf Beiträge unter der Rubrik "Naturwissenschaft und Theologie")
253. HANS HUBER / OSKAR SCHATZ (Hrsg.): Glaube und Wissen. Symposion des römischen Sekretariats für den Dialog unter der Patronanz der Bayerischen Akademie der Wissenschaften vom 24. - 26. April 1978 in München. Wien 1980
254. OTTO SPÜLBECK: Der Christ und das Weltbild der modernen Naturwissenschaft. Sieben Vorträge über Grenzfragen aus Physik und Biologie. Berlin 1948; 4., völlig neu bearbeitete u. erweiterte Aufl. 1957
255. PAUL OVERHAGE / KARL RAHNER: Das Problem der Hominisation. Über den biologischen Ursprung des Menschen. (Quaestiones Disputatae 12/13). Freiburg 1961
256. OTTO SEMMELROTH SJ: Die Welt als Schöpfung. Zwischen Glauben und Naturwissenschaft. Frankfurt/M. 1962
257. H. MUSCHALEK: Urmensch – Adam. Die Herkunft des menschlichen Leibes in naturwissenschaftlicher und theologischer Sicht. Berlin 1963
258. A. HULSBOSCH: Die Schöpfung Gottes. Schöpfung, Sünde und Erlösung im evolutiven Weltbild. Wien 1965
259. OSWALD LORETZ: Galilei und der Irrtum der Inquisition. Naturwissenschaft – Wahrheit der Bibel – Kirche. Kevelaer 1966
260. FRITZ RAUH: Theologische Grenzprobleme der Evolutionstheorie. In: CHARLOTTE HÖRGL / FRITZ RAUH (Hrsg.): Grenzfragen des Glaubens. Theologische Grundfragen als Grenzprobleme. Einsiedeln 1967, S. 53 bis 77
261. WERNER BRÖKER: Der Sinn von Evolution. Düsseldorf 1967
262. LEO SCHEFFCZYK: Die Welt als Schöpfung Gottes. Aschaffenburg 1968
263. NORBERT SCHIFFERS: Fragen der Physik an die Theologie. Die Säkularisierung der Wissenschaft und das Heilsverlangen nach Freiheit. Düsseldorf 1968
264. RUPERT LAY: Der neue Glaube an die Schöpfung. Olten 1971

265. RUPERT LAY: Schöpfung ohne Zeit. Randnotizen zur Schöpfungstheologie. In: *Zeitwende* 44, 1973, S.73-82
266. LEO SCHEFFCZYK: Einführung in die Schöpfungslehre. Darmstadt 1975
267. PETER HÜNERMANN: Im Anfang schuf Gott ... Die kritische Wahrheit des Schöpfungsglaubens. In: *Entstehung des Lebens. Studium generale WS 1979/80.* (Schriftenreihe der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Heft 2) Münster 1980, S. 71-82
268. NORBERT A. LUYTEN: Schöpfung und Evolution. Eine philosophische Besinnung. In: *Freiburger Zeitschrift für Philosophie und Theologie* 27, 1980, S. 437-456
269. NORBERT A. LUYTEN (Hrsg.): *Naturwissenschaft und Theologie* (Schriften der katholischen Akademie in Bayern Bd. 100). Düsseldorf 1981
270. JOSEPH DE FINANCE SJ: *Vision du monde et Métaphysique. Une philosophie qui se veut thomiste peut-elle accueillir l'évolution?* In: *Gregorianum* 63, 1982, S. 419-451
271. WOLFGANG BEINERT: Ein Defizit wird behoben. Neues Interesse an der Theologie der Schöpfung. In: *Theologie und Glaube* 72, 1982, S. 402 bis 414
272. MARIUS JEUKEN SJ: *Evolution – Wissenschaft und Weltanschauung.* In: *Stimmen der Zeit* 201, 1983, S. 477-484
273. *Theologie und Kosmologie.* (Themaheft). *Concilium* 19, 1983, Nr. 6-7

Zum Abschnitt 4.2:

274. ARTHUR ERNEST WILDER SMITH: *Herkunft und Zukunft des Menschen. Ein kritischer Überblick über die dem Darwinismus und Christentum zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen und geistlichen Prinzipien.* Neuhausen-Stuttgart 2. Aufl. 1975
275. A. E. WILDER SMITH: *Die Erschaffung des Lebens. Evolution aus kybernetischer Sicht.* Neuhausen-Stuttgart, 2. Aufl. 1972
276. A. E. WILDER SMITH: *Grundlage zu einer neuen Biologie. Umbruch in der biologischen Erkenntnis.* Neuhausen-Stuttgart 1974
277. A. E. WILDER SMITH: *Gott: Sein oder Nichtsein? Eine kritische Stellungnahme zu Monods naturwissenschaftlichem Materialismus.* Neuhausen-Stuttgart, 2. Aufl. 1973
278. A. E. WILDER SMITH: *Die Demission des wissenschaftlichen Materialismus.* Neuhausen-Stuttgart 1976, 3. Aufl. 1979
279. A. E. WILDER SMITH: *Die Naturwissenschaften kennen keine Evolution. Experimentelle und theoretische Einwände gegen die Evolutionstheorie.* Basel/Stuttgart 1978
280. A. E. WILDER SMITH: *Planender Geist gegen planlose Entwicklung. Genetische Programmierung als Alternative zu Darwins Evolutionslehre.* Basel/Stuttgart 1983

281. A. E. WILDER SMITH: Evolution im Kreuzverhör. Neuhausen-Stuttgart 1983
282. Interview mit A. E. WILDER SMITH in: factum 10/1981, S. 31-34
283. A. E. WILDER SMITH: Aufmarsch gegen die Schöpfung. In: factum 9/1982, S. 3-12
284. A. E. WILDER SMITH: Ein vergessener Aspekt des Neo-Darwinismus. In: factum 5/1983, S. 3-7
285. A. E. WILDER SMITH: Darwin neu vor Gericht gestellt. Die gegenwärtige Lage in der Evolution/Kreation-Debatte. In: factum 7-8/1983, S. 12-15
286. CARSTEN BRESCH / A. E. WILDER SMITH: Der Disput. In: factum 4/1983, S. 3-7; 5/1983, S. 29-34; 9/1983, S. 6-9; 10/1983, S. 12-15. (wird fortgesetzt)
287. FRANCIS A. SCHAEFFER: Genesis in Space and Time. Downers Grove/Ill. 1972.
Dt.: Genesis in Raum und Zeit. Der Anfang der biblischen Geschichte und seine Bedeutung für unser Welt- und Menschenbild. Wuppertal 1976
288. FRANCIS A. SCHAEFFER: No Final Conflict. Downers Grove/Ill. 1975.
Dt.: Der Schöpfungsbericht. Was die Bibel über Kosmos und Geschichte wirklich aussagt. Wuppertal 1976
289. Henry M. Morris und Gary E. Parker: What is Creation Science?
290. HENRY M. MORRIS (Ed.): Scientific Creationism.
– General Edition (includes Biblical documentation).
– Public School Edition (non-religious text)
291. HENRY M. MORRIS: The Scientific Case for Creation
292. HENRY M. MORRIS: The Twilight of Evolution. 1963.
Dt.: Evolution im Zwielficht. Augsburg 1966, 2. Aufl. 1974
293. HENRY M. MORRIS: The Troubled Waters of Evolution
294. HENRY M. MORRIS: Studies in the Bible and Science
295. HENRY M. MORRIS: The Bible and Modern Science
296. HENRY M. MORRIS: Biblical Cosmology and Modern Science
297. HENRY M. MORRIS: The Beginning of the World
298. HENRY M. MORRIS: The Remarkable Birth of Planet Earth.
Dt.: Erde woher? Die einzigartige Entstehungsgeschichte des Planeten Erde. Wuppertal-Elberfeld o.J
299. HENRY M. MORRIS / JOHN C. WHITCOMB: The Genesis Flood. 1961.
Dt.: Die Sintflut. Der Bericht der Bibel und seine wissenschaftlichen Folgen. Neuhausen-Stuttgart o.J
300. JOHN C. WHITCOMB: The World That Perished. 1973.
Dt.: Die Welt, die unterging. Neuhausen-Stuttgart 1980
301. JOHN C. WHITCOMB: The Early Earth

302. JOHN C. WHITCOMB / DONALD B. DE YOUNG: The Moon: Its Creation, Form, and Significance. 1978.
Dt.: Der Mond. Seine Erschaffung, Gestalt und Bedeutung. (Wissen und Leben 2). Neuhausen-Stuttgart 1982
303. HAROLD SLUSHER: Critique of Radiometric Dating
304. HAROLD SLUSHER: The Age of the Earth
305. HAROLD SLUSHER: The Age of the Solar System
306. HAROLD SLUSHER: Age of the Cosmos
307. HAROLD SLUSHER: The Origin of the Universe
308. DUANE T. GISH: Speculations and Experiments Related to the Origin of Life (A Critique)
309. DUANE T. GISH: Evolution? The Fossils Say No!
– Revised General Edition (includes Biblical documentation).
– Public School Edition (non-religious text).
Dt.: Fossilien und Evolution. Fakten hundert Jahre nach Darwin. (Wort und Wissen Bd. 13). Neuhausen-Stuttgart 1982
310. GARY E. PARKER: From Evolution to Creation.
Dt.: Wissenschaftliches Umdenken. Bericht eines Biologieprofessors. Berneck 1980
311. HENRY M. MORRIS: The New Meaning of Science. In: Acts & Facts (monatlicher Rundbrief des Instituts for Creation Research) 12, 1983, Nr. 6, S. 3
312. HENRY M. MORRIS / DONALD H. ROHRER (Ed.): The Decade of Creation. Articles on Creationism From ICR Acts & Facts 1978-1979
313. HENRY M. MORRIS / DONALD H. ROHRER (Ed.): Creation – The Cutting Edge. Articles on Creationism From ICR Acts & Facts 1980-1981
314. W. A. CRISWELL: Did Man Just Happen? Grand Rapids 1972.
Dt.: Stammt der Mensch vom Affen ab? Wetzlar 1972. TB 1974, 2. Aufl. 1976
315. THOMAS F. HEINZE: Creation Versus Evolution. Grand Rapids 1973.
Dt.: Schöpfung contra Evolution. Berlin/Augsburg 1974
316. DAVID C. C. WATSON: The Great Brain Robbery. Worthing 1975.
Dt.: Die große Gehirnwäsche. Schöpfung oder Evolution? Wetzlar 1977
317. DAVID C. C. WATSON: Myths and Miracles. Worthing 1976.
Dt.: Welterschöpfung und Urgeschichte aus wissenschaftlicher Sicht. Aßlar 1980
318. EDGAR HAROLD ANDREWS: God, Science, and Evolution. Welwyn 1980
319. PATTLE P. T. PUN: Evolution: Nature and Scripture in Conflict? Grand Rapids 1982
320. LAURIE R. GODFREY: Scientists Confront Creationism. New York 1983

321. Creation/Evolution. Zeitschrift. San Diego. Seit 1980. ("A new journal dealing specifically with the creation / evolution controversy, [...] is the only journal that answers the arguments raised by creationists.")
322. LENN E. GOODMAN / MADELEINE J. GOODMAN: Creation and Evolution. (siehe Nr. 80)
323. WILLEM J. OUWENEEL: Hat die Evolutionslehre einen wissenschaftlichen Charakter? Schwelm 1977
324. WILLEM J. OUWENEEL: Gedanken zum Schöpfungsbericht in 1. Mose 1. Neustadt an der Weinstraße, 2. Aufl. 1975
325. WILLEM J. OUWENEEL: Schöpfung oder Evolution? Neustadt an der Weinstraße 1976, 8. Aufl. 1982
326. WILLEM J. J. GLASHOUWER: So entstand die Welt. Neuhausen-Stuttgart 1980
327. HORST W. BECK: Biologie und Weltanschauung. Gott der Schöpfer und Vollender und die Evolutionskonzepte des Menschen. (Wort und Wissen Bd. 1). Neuhausen-Stuttgart 1979
328. JOACHIM SCHEVEN: Daten zur Evolutionslehre im Biologieunterricht. Kritische Bilddokumentation. (Wort und Wissen Bd. 2). Neuhausen-Stuttgart 1979
329. WERNER GITT: Logos oder Chaos. Aussagen und Einwände zur Evolutionslehre sowie eine tragfähige Alternative. (Wort und Wissen Bd. 5). Neuhausen-Stuttgart 1980
330. HORST W. BECK: Schritte über Grenzen zwischen Technik und Theologie. Teil 2: Schöpfung und Vollendung. Perspektiven einer Theologie der Natur. (Wort und Wissen Bd. 6,2). Neuhausen-Stuttgart 1979
331. HERMANN SCHNEIDER: Der Urknall und die absoluten Datierungen. (Wort und Wissen Bd. 7). Neuhausen-Stuttgart 1982
332. HORST W. BECK / HEIKO HÖRNICKE / HERMANN SCHNEIDER: Die Debatte um Bibel und Wissenschaft in Amerika. Begegnungen und Eindrücke von San Diego bis Vancouver. (Wort und Wissen Bd. 8). Neuhausen-Stuttgart 1980
333. ALMA VON STOCKHAUSEN: Mythos – Logos – Evolution. Dialektische Verknüpfung von Geist und Materie. (Wort und Wissen Bd. 10). Neuhausen-Stuttgart 1981
334. HORST W. BECK: Genesis – Aktuelles Dokument vom Beginn der Menschheit. (Wort und Wissen Bd. 15). Neuhausen-Stuttgart 1983
335. ERICH HITZBLECK: Die Schöpfung als Gottesoffenbarung. Fakten und Vernunftschlüsse zum christlichen Schöpfungs- und Erlösungsglauben. (Wissen und Leben Bd. 1). Neuhausen-Stuttgart 1982
336. WERNER GITT: Das biblische Zeugnis der Schöpfung. (Wissen und Leben Bd. 4). Neuhausen-Stuttgart 1983

337. IMMANUEL SÜCKER: Der Mensch. Ursprung, Fall und Vollendung. Moers 1981
338. EDUARD OSTERMANN: Unsere Erde – ein junger Planet. Neuhausen-Stuttgart 1978, 3. Aufl. 1982
339. EDUARD OSTERMANN: Das Glaubensbekenntnis der Evolution. Neuhausen-Stuttgart 1979
340. WERNER GITT / MANFRED WERMKE: Schöpfung oder Evolution. Erweiterte Ausgabe. Seewis 1979, 2. Aufl. 1981
341. WERNER GITT: Die theistische Evolution. In: factum 9/1982, S. 14-22
342. WERNER GITT: Die „theistische Evolution“ – Eine Irrlehre aus der Sicht von Naturwissenschaft und Bibel. In: Informationsbrief der Bekenntnisbewegung „Kein anderes Evangelium“ Nr. 92, 1982, S. 12-15 (kürzere Fassung von Nr. 341)
343. PETER RÜST: Darwinsche Evolution und biblische Schöpfung. In: factum 2/1980, S. 12-19
344. JOACHIM SCHEVEN: Karbonstudien 1-6. In: factum 1/1979, S. 15-18; 11-12/1979, S. 9-11; 1/1980, S. 30-33; 2/1980, S. 20-23; 3-4/1980, S. 24-27; 6/1980, S. 10-16
345. HARALD HEINZE: Die Datierungsfragen der Geologie unter der Lupe. In: factum 9/1980, S. 12-14; 10/1980, S. 26-33; 11-12/1980, S. 24-26; 1-2/1981, S. 23-27; 3/1981, S. 9-13
Dazu Diskussionsforum in factum 11-12/1980, S. 27-30
346. HERMANN SCHNEIDER: Der Urknall. In: factum 3/1981, S. 26-33
347. HERMANN SCHNEIDER: Eine Antwort auf die „Glasperlenspiele mit dem Zufall“. In: factum 1-2/1983, S. 20-23
348. HERMANN SCHNEIDER: Biologische Systeme und Strukturen. Wieweit erklärt die Evolutions-Theorie die Entstehung biologischer Systeme und Strukturen? In: factum 10/1983, S. 20-27
349. HERMANN SCHNEIDER: Die Angst vor der wissenschaftlichen Redlichkeit. Eine Reaktion auf den Kreationismus evolviert. (Ein Science-Artikel von ROGER LEVIN mit Randglossen von HERMANN SCHNEIDER). In: factum 3/1982, S. 17-21
350. HORST W. BECK: Dialogsituation zwischen Theologie und Naturwissenschaft. Die Diskussionslage durch den neu entflammten Disput um die Evolutionslehre. In: factum 3/1982, S. 24-31
351. WALTER NITSCHKE U.A.: Auf den Spuren der imaginären Urmenschen. In: factum 8/1982, S. 4-16
352. RICHARD NIESSEN: Studium der Gegensätze (zwischen „theistischer Evolution“ und biblischem Wortlaut). In: factum 9/1982, S. 23-25
353. RICHARD NIESSEN: Theistische Evolution und Day-Age-Theorie. In: factum 4/1983, S. 31-35

354. JOACHIM COCHLOVIUS: Der biblische Schöpfungsbericht. In: factum 6/1983, S. 8-19
355. Interview mit JOHN C. WHITCOMB. In: factum 6/1983, S. 25-27
356. SABINE BOCKEL / PATRICIA RENNER: Evolution oder Schöpfung. Veranstaltungsreihe in Göttingen. (Bericht und die einleitenden Statements der Abschlußdebatte von H.W. BECK, M. EIGEN, W. GITT, D. LANGE). In: factum 7-8/1983, S. 24-33
357. WERNER GITT (Hrsg.): Am Anfang war die Information. Forschungsergebnisse aus Naturwissenschaft und Technik. Gräfelfing/München 1982
358. HENNING KAHLE: Evolution. Irrweg moderner Naturwissenschaft? Bielefeld 1980
359. JAMES BARR: Fundamentalism. London 1977
Dt.: Fundamentalismus. München 1981
360. HELMUT FRIK: Was bewegt der Fundamentalismus? Zu James Barr, Fundamentalismus. In: Evangelische Theologie 43, 1983, S. 484-486
361. KORNELIS H. MISKOTTE: Wenn die Götter schweigen. Vom Sinn des Alten Testaments. München 1963
362. OTTO RODENBERG: Das unvergleichliche Wort. Bad Salzuffen 1964

Teil 4

Wissenschafts-

theoretische

Aspekte

4.1 Zur theoretischen Struktur der Evolutionstheorie

Peter Busch

Theoretische Grundlagen der Evolutionstheorie und ihr Verhältnis zum christlichen Schöpfungsglauben

1. Umfang der Evolutionstheorie	485
2. Theoriebildung in den „abiotischen“ Naturwissenschaften	486
2.1 Beobachtung und Experiment	486
2.2 Hypothesenbildung	487
2.3 Randbedingungen, Modell	487
2.4 Gesetz, Theorie	488
2.5 Die Fragehaltung der „abiotischen“ Naturwissenschaften	488
3. Theoriebildung in der Biologie	489
3.1 Vergleich der Erkenntnisschritte in den abiotischen und biologischen Naturwissenschaften	489
3.2 Teleonomische und historische Aspekte	489
3.3 Selbstorganisation, Entstehung neuer Systemebenen	490
4. Folgerungen	491
4.1 Unmöglichkeit eines Reduktionismus	491
4.2 Veränderung unseres Weltbildes	491
4.3 Aussage zum Menschen	492
4.4 Evolutionstheorie und biblischer Schöpfungsglaube	492
Literatur	493

1. Umfang der Evolutionstheorie

Evolution bedeutet Veränderung, Entwicklung entlang der Zeitachse. Von der Wissenschaftsgeschichte her betrachtet ist der Begriff „Evolution“ in starkem Maß biologisch gefüllt. Nachdem in der wissenschaftlichen Behandlung des Lebendigen lange Zeit das Deskriptive vorherrschte, veränderte sich die „Biologie“ mit Beginn des 19. Jahrhunderts in eine theoretisch begründete Naturwissenschaft. Wichtige Marksteine sind die *Philosophie Zoologique*, in der 1809 LAMARCK die Evolution der Organismen vertritt, ein Gedanke, dem 1859 DARWIN in seinem Werk *The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life* end-

gültig zum Durchbruch verhalf; die 1848 von SCHLEIDEN und SCHWANN begründete *Zelltheorie*, die die Zelle als *das* Element aller Organismen erkennt, sowie die *Vererbungstheorie* nach MENDEL (1859), die jedoch erst um 1900 wiederentdeckt wurde.

Gemeinsam ist all diesen Theorien das Bestreben, die Einheit des Lebendigen zur Darstellung zu bringen, das heißt, Elemente aufzuzeigen, die allem Lebendigen gemeinsam sind.

Der Gedanke der Evolution ist nicht auf das Lebendige beschränkt. Man spricht von einer Entwicklung der chemischen Elemente, der Sterne, soziokultureller Systeme. Die *evolutionäre Erkenntnislehre* geht von der Annahme aus, daß die Spezies Mensch deshalb so tüchtig im Überlebenskampf war, weil sie in der Lage war, sich ein stetig zutreffendes Bild von der sie umgebenden realen Welt zu machen. Aus dieser zunehmenden Erkenntnis resultiert die Evolution der Technik.

Die Gültigkeit der Evolution ist also ubiquitär. Das ist wissenschaftstheoretisch von Belang. Unter Wissenschaftstheorie soll dabei das Reflexionsergebnis über die Grundlagen der Wissenschaften und ihre Zusammenhänge miteinander verstanden werden. Auch hier gilt: Das über Erkenntnis zustandekommende Wissen und damit zusammenhängend die Wissenschaftstheorie ist durch Evolution gekennzeichnet.

2. Theoriebildung in den „abiotischen“ Naturwissenschaften

Als Weltbewältigung *par excellence* wird das Einfangen der realen Welt in den Theoriegebilden der Physik und Chemie verstanden. Viele auch sehr weit entfernte Wissenschaften (z. B. die Psychologie) messen ihre Theoriequalität an den Vorbildern der beiden abiotischen Naturwissenschaften. Wissenschaftstheoretisch gesehen ist die Theoriebildung in Chemie und Physik nur ein Spezialfall unter anderen Beschreibungen der realen Welt, die sich aus der speziellen Art ihrer Untersuchungsobjekte ergibt. Wegen ihrer Wichtigkeit sei das Zustandekommen von Theorien in Physik und Chemie etwas genauer besprochen.

2.1 Beobachtung und Experiment

Seit je her steht am Beginn eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses die Beobachtung von Naturphänomenen mittels unserer Sinnesorgane oder dazwischen geschalteter künstlicher Apparate. Von der Beobachtung vorgegebener Naturphänomene unterschieden ist das bewußte Herbeiführen von Vorgängen im Experiment.

Wichtig beim Experiment ist, daß man genau weiß, womit man es zu tun hat – möglichst nicht mit hochvariablen Individuen, die zudem noch geschichtsabhängig

sind. Die stets gleichbleibenden, „typischen“ Untersuchungsobjekte in Chemie und Physik eignen sich für das Experimentieren hervorragend.

Auf die Beobachtung der Naturphänomene folgt die Beschreibung, Aufzeichnung, die „Protokollierung“. Die Protokollaussage soll so richtig und genau als möglich erfolgen.

Richtig und genau bedeutet: gemessen an dem jeweiligen Kenntnisstand. Mit wachsender Erkenntnis erweitert sich auch das Vehikel *Sprache* und ermöglicht damit die Beschreibung und Beobachtung komplizierterer Strukturen. Sprache und Erkenntnis stehen somit stets in einem Abhängigkeitsverhältnis.

2.2 Hypothesenbildung

Auf den Vorgang der reinen Deskription folgt der Prozeß des Erklärens: Wir versuchen, das beobachtete Phänomen in ein kausales System von Ursache und Wirkung einzuordnen. Ein erster Erklärungsversuch für das Zustandekommen eines Phänomens ist die (Arbeits-)Hypothese. Als noch sehr vage Vermutung ist sie sich ihrer Vorläufigkeit durchaus bewußt.

Naturphänomene können auf vielerlei Weise erklärt und einsichtig gemacht werden, zum Beispiel unter ästhetischen oder ethisch/normativen Aspekten, religiösen Vorgaben. Physik und Chemie beschränken sich auf reproduzierbare und intersubjektive Erklärungen, die jederzeit überprüfbar sind und zweifelsfrei zwischen einzelnen Individuen vermittelt werden können. Ethische, ästhetische, ideologische und andere subjektbezogene Aspekte werden ausgeklammert. Bezüglich religiöser Vorgaben gilt seit HUGO GROTIUS „*etsi deus non daretur*“ (als ob es Gott nicht gäbe). Die Einbeziehung sehr langer Zeiträume erschwert bzw. verunmöglicht die zweifelsfreie Überprüfung von erklärenden Hypothesen.

Die Hypothesenbildung kommt induktiv zustande, d. h. es wird vom Besonderen auf das Allgemeine geschlossen. Das beim Zustandekommen der Hypothese durch gedankliche Eingabe erzeugte „Mehr“ erlaubt Schlußfolgerungen deduktiver Art auf besondere Phänomene, die beim ursprünglichen Beobachtungsvorgang noch nicht in den Gesichtskreis getreten waren. Die Überprüfung dieser Schlußfolgerungen (z. B. im Experiment) führt entweder zu einer Verfeinerung der ursprünglichen Hypothese – die sich dann als grundsätzlich richtig (Verifizierung) erwiesen hat – oder zu ihrer Ablehnung (Falsifizierung). Im letzteren Fall muß durch erneute Hypothesenbildung der erwünschte Erklärungsversuch geliefert werden. Die Verfeinerung der Hypothesen ist beliebig oft wiederholbar.

2.3 Randbedingungen, Modell

Jedes Experiment kommt unter bestimmten, „individuellen“ Bedingungen zustande. Jede erklärende Aussage aus diesem Experiment muß auf diese individuellen Anfangsbedingungen Rücksicht nehmen. Die Anfangs- oder Randbedingungen stellen selbst ein System aufgliederbarer Einflußgrößen

dar und sind daher stets noch schärfer zu präzisieren. Daraus resultiert die schon oben erwähnte Tatsache der unendlichen Verfeinerbarkeit von Hypothesen.

Im engen Zusammenhang mit der Wahl von Randbedingungen steht auch die Beschreibung oder Abbildung der Wirklichkeit durch ein Modell. Wirklichkeit ist immer durch ein unendlich verwobenes Netz von Interdependenzen ausgezeichnet. Ihre experimentelle oder simulierende Nachzeichnung gelingt demnach nie vollkommen. Eine Approximation an die Wirklichkeit will das Modell sein. Es wählt – subjektbezogen – die Randbedingungen, die als besonders maßgebend für den wirklichen Verlauf angesehen werden.

Ein einmal erstelltes Modell wird „Wirklichkeit“ und steht in unendlich vielen Abhängigkeiten. Jedes modellhafte Nachzeichnen ursprünglicher Wirklichkeit schafft also neue Wirklichkeit.

2.4 Gesetz, Theorie

Hat sich eine Hypothese (im Rahmen der gewählten Bedingungen) bestätigt, insbesondere haben sich daraus abgeleitete Prognosen stets bewahrheitet, sprechen wir vom Zugrundeliegen eines Gesetzes. Im normalen Sprachgebrauch wird im Sinne eines „hierarchischen Darüber“ die Theorie vom Gesetz unterschieden. Die Theorie wäre demnach eine Zusammenfassung mehrerer Gesetze, eine Art Obergesetz.

2.5 Die Fragehaltung der abiotischen Naturwissenschaft

Jeder Erkenntnis, jeder „Wissen“-schaft geht die Frage voraus. Die beiden fundamentalen Fragen in Physik und Chemie sind „Was?“ und „Wie?“.

Die Was-Frage versucht Auskunft über die Art und Beschaffenheit der Untersuchungsobjekte sowie ihre systematische Anordnungsfähigkeit (z. B. Elemente im Periodensystem) zu erlangen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Komponenten, mit denen der Physiker und Chemiker operiert, soweit sie zu ein und derselben Klasse gehören, miteinander absolut identisch sind. Die Untersuchungsobjekte sind also typologisch zu beschreiben: Ist es gelungen, ein Wasserstoffatom genau zu beschreiben, so gilt diese Beschreibung ohne Abstriche für alle anderen.

Die Wie-Frage zielt auf das Verstehen von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen. Sie ist durch die Kausalanalyse gekennzeichnet und versucht, Auskunft durch Simulation von Naturvorgängen im Experiment zu erlangen. Solange sich Physik und Chemie nur dieser beiden Fragen bedienen und solange Randbedingungen gewählt werden, die die Überprüfung reproduzierbar und intersubjektiv gestalten, gilt der aufgezeichnete Erkenntnis-

prozeß; seine Erfolge in der Beschreibung und damit Beherrschung der realen Welt waren überwältigend.

3. Theoriebildung in der Biologie

Mit der Fragehaltung und dem Erkenntnis-Procedere der (ahistorischen) Physik und Chemie kommt die moderne theoretische Biologie nicht aus. Die Eigenschaften ihrer Untersuchungsobjekte zwingen sie an vielen Stellen zu einem veränderten Vorgehen.

3.1 Vergleich der Erkenntnisschritte in den abiotischen und biologischen Naturwissenschaften

Die biologische Evolutionstheorie basiert auf einer großen Anzahl von Einzelgesetzen, von denen viele in Erkenntnisprozessen gewonnen wurden, wie sie für Physik und Chemie typisch sind (z. B. zellphysiologische Vorgänge, Stoffwechselfvorgänge). Viele der evolutionsspezifischen Abläufe jedoch, die sich über Jahrtausende erstrecken, lassen sich im Experiment nicht simulieren. „Die Evolution ist es selbst, die experimentiert; der Mensch kann lediglich den Ausgang des Experiments beobachten, das Experiment selbst aber nur rekonstruieren“ (WUKETITS 1978). Insofern unterscheidet sich die Aussagequalität der biologischen Evolutionstheorie von (ahistorischen) Theorien der Chemie und Physik. Ihre Aussage ist nicht mit derselben Stringenz vermittelbar, sie ist bestenfalls aufgrund eines überwältigenden Tatsachen- und Dokumentationsmaterials einsichtig zu machen.

Das in Klammer gesetzte „ahistorisch“ soll andeuten, daß es im Bereich der Physik und Chemie durchaus auch Fragestellungen gibt, die auf Erkenntnisgewinn ohne die Möglichkeit absichernder Experimente aus sind (Entstehung der Erde, abiotische Bildung bestimmter organischer Verbindungen). „Experimente“ zu diesen Fragestellungen (z. B. Erzeugung einer „Ursuppe“) operieren immer mit Modellen, bei denen die wichtigste Randbedingung – ungeheure Zeiträume – nicht berücksichtigt werden kann.

3.2 Telenomische und historische Aspekte

Die Untersuchungsobjekte der Biologie stehen immer auch unter der Frage „Wozu?“. Jeder Organismus weist Strukturen mit einem bestimmten Funktionsgehalt auf. Die Funktion besteht zumindest darin, „das Lebewesen solange am Leben zu erhalten, bis es sich fortgepflanzt hat und damit auch die Generationsfolge erhält.“ (OSCHE 1975). Die Frage „Wozu?“, die Frage nach der Funktion, ist in der Biologie identisch mit der Frage nach dem

„Selektionsdruck“, der eine bestimmte Struktur im Laufe der Evolution hervorgebracht hat und „erhält“.

Der Fragehaltung „Wozu?“ geht die Teleonomie (Lehre von der Zweckmäßigkeit) nach. Obwohl die Teleonomie eine „Leistung nach Plan“ beschreibt, bedarf sie keines final entelechischen (zielgerichteten) Erklärungssystems. Ein derartiger „teleologischer“ Inhalt kann naturwissenschaftlich nicht definiert werden. Man operiert daher mit der Annahme, das zielgerichtete Evolutionsgeschehen läuft auch ohne Kenntnis des Ziels ab, allein durch zufällige Mutation und Selektion.

Jedes Lebewesen hat seine Geschichte, d. h. hängt von seinen Vorfahren ab, stellt sich in seinen einzelnen Altersstufen unterschiedlich dar. Die gründliche Beschreibung von Organismen muß demnach auch immer den historischen Aspekt, die Frage nach ihrem „Woher?“ mit einbeziehen.

3.3 Selbstorganisation, Entstehung neuer Systemebenen

Organismen sind mehr als die Summe von Einzelbestandteilen – Molekül-aggregaten, Zellelementen und so weiter –, sie stellen *Systeme* dar. In Systemen entstehen *neue* Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten, die den Systemelementen fehlen und selbst im Ansatz nicht erkennbar sind: Daß Moleküle bestimmter Größe und Zusammensetzung sich auf einmal reproduzieren können, ist physikalisch oder chemisch a priori nicht voraussehbar, es ist nur a posteriori feststellbar. Die in den einfachen Ursache-Wirkungskorrelationen der ahistorischen Wissenschaft begründeten Gesetze müssen durch *systemtheoretische* Gesetzmäßigkeiten ersetzt werden, das heißt, es muß auf die Tatsache Rücksicht genommen werden, daß Ursache und Wirkung nicht mehr klar von einander unterschieden werden können, sondern über Rückkopplungsmechanismen unauflöslich miteinander verbunden sind.

Auch Mutation und Selektion als Mechanismen der Evolution werden daher im Rahmen solcher übergreifenden Rückkopplungszusammenhänge gesehen. M. EIGEN und R. WINKLER haben diesen Ansatz breit verankert und damit zu Hypothesen gefunden, die den üblichen Rahmen von Physik und Chemie weit übersteigen. Sie schreiben der Materie das Vermögen zur Selbstorganisation zu. „Selbstorganisation ist die aus definierten Wechselwirkungen und Verknüpfungen bei strikter Einhaltung gegebener Randbedingungen resultierende Fähigkeit spezieller Materieformen, selbstreproduktive Strukturen hervorzubringen.“

Diese Selbstorganisation wird als ein universales Evolutionsprinzip verstanden, das *cum grano salis* nicht nur für die Entwicklung und Stabilisierung organischer Moleküle gilt, sondern auch für die Entwicklung immer komplizierter werdender Organismen bis hin zur Etablierung soziokultureller Systeme. Dabei gibt natürlich nicht mehr die Systemeigenschaft „Selbst-

reproduktion“ das Neue an, sondern Eigenschaften, die das jeweilige System von den konstituierenden Elementen unterscheiden.

Das Vermögen zur Selbstorganisation kann als „teleonomischer Motor“ verstanden werden. Da diese Eigenschaft auch schon der unbelebten Materie eignet, können die ausschließlichen Fragehaltungen der Chemie und Physik „Wie?“ und „Was?“ bestenfalls als sich freiwillig beschränkende Versuche angesehen werden, sich im Erkenntnisprozeß der realen Welt zu nähern. Schon in der makromolekularen Chemie, noch deutlicher in der Biochemie gewinnt die teleonomische Frage zunehmend an Bedeutung.

4. Folgerungen

Aus den wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Überlegungen zum „Phänomen Evolution“ ergeben sich mannigfaltige Konsequenzen, die auf unser Weltbild, das Verhältnis der Wissenschaften zueinander, das Verständnis des Menschen, die Aussagen des biblischen Schöpfungsglauben zielen.

4.1 Unmöglichkeit eines Reduktionismus

Das Weltbild des modernen Menschen ist bestimmt durch die Wie-Frage. Die in den ahistorischen Wissenschaften der Natur und Technik aufgefundenen Gesetze werden als *die* Möglichkeiten angesehen, die reale Welt zu verstehen. Dementsprechend wird auch immer wieder versucht, die viel komplexeren und qualitativ andersartigen Systeme der Biologie auf Chemie und Physik zu reduzieren (vgl. z. B. J. MONOD: *Zufall und Notwendigkeit*). Für Einzelbereiche der Biologie, zum Beispiel bestimmte physiologische Vorgänge, ist eine solche Reduktion zwar durchaus möglich, kann aber der Erklärung des umfassenden Phänomens „Evolution der Organismen“ nicht gerecht werden.

4.2 Veränderung unseres Weltbildes

Ein Weltbild, das sich auf die eklektischen (Bruchstücke aus verschiedenen Konzepten auswählenden) Beiträge der ahistorischen Wissenschaften der Natur und Technik gründet, ist zu einseitig. Es bekommt die auf Veränderung ausgerichteten selbstregulierenden Prinzipien der Materie und der Organismen nicht in den Blick. Es ist in einem linearen Ursache-Wirkungs-Denken befangen und extrapoliert nur im Rahmen *einer* Systemebene. Damit verstellt es sich den Weg zum Begreifen des grundsätzlich Neuen. Die Evolutionstheorie zeigt, daß neben der Ausweitung der Möglichkeiten innerhalb eines Systems der Sprung in das neue System von Belang ist. Die Eigenschaften dieses neuen Systems sind aus den Informationen der begründenden Elemente weder voraussagbar noch erklärbar. Ein wissen-

schaftlich begründetes modernes Weltbild kann also nicht mehr mit dem Schlagwort „physikalisch“ erfaßt werden, sondern müßte die Bestimmung „evolutionär“ tragen.

4.3 Aussage zum Menschen

Das weitaus komplizierteste System der realen Welt ist der Mensch. Als neue „Systemebene“ läßt er sich nicht reduktionistisch, das heißt durch Zurückführung auf Erklärungsversuche innerhalb niedrigerer Systemebenen verstehbar machen. Weder im Zusammenhang physikalischer oder chemischer Ursache-Wirkungs-Beziehungen, noch unter Verwendung systemtheoretischer Ansätze der Biologie ist das Neue des Menschen auszusagen.

4.4 Evolutionstheorie und biblischer Schöpfungsglaube

Der Evolutionstheorie wurde im christlichen Lager vielfach mit großer Skepsis begegnet. Man vermutete, sie würde einen simplen „Wie-Zusammenhang“ von einfachsten Bausteinen der unbelebten Materie bis hin zum Menschen herbeiführen. Dieser Verdacht erweist sich als unbegründet. Die biologische Evolutionstheorie ist ihrer eigenen Struktur nach offen für die Relevanz der Wozu- und Woher-Fragen, Fragen, die in letzter Radikalität den biblischen Schöpfungsaussagen vorausgehen. Das bedeutet nicht, daß die teleonomische und historische Fragestellung der Biologie mit der Frage nach dem Woher und Wozu beziehungsweise Wohin der Welt und des Menschen, wie sie in der Bibel anklingt, unmittelbar zu vergleichen wäre. Es ist aber doch von hohem Interesse, daß derartige Fragen in den Naturwissenschaften ohne Zutun der Theologie überhaupt aufbrachen. Sie ermöglichen neue Arten der Begegnung zwischen Naturwissenschaft und Bibel. KARL BARTH sagt, die empirischen Wissenschaften könnten nur Phänomene des Menschen feststellen, nicht aber seine Wirklichkeit. Bezogen auf das evolutionäre Systemdenken könnte dieser Satz in folgender Weise interpretiert werden: Die empirischen Wissenschaften erklären eine oder mehrere Ebenen zu tief. Sie liefern zwar richtige „systemimmanente“ Erklärungen, können jedoch nicht das *Neue* des Menschen erklären. Jede „wissenschaftliche“ Erklärung wäre reduktionistischer Art. Das *Neue*, völlig Andersartige des Menschen gegenüber allem, das ihn umgibt, besteht darin, daß er ein von Gott Angesprochener ist. Das ist allerdings nicht mehr Aussage einer „Wissen“-schaft – auch keiner theologischen Wissenschaft – sondern Inhalt biblischen Glaubens.

Literatur

- ULRICH KULL: Evolution. Stuttgart 1977/78
- ROLF SIEWING (Hrsg.): Evolution. Stuttgart 1978.
- FRANZ M. WUKETITS: Wissenschaftstheoretische Probleme der modernen Biologie. Berlin 1978
- Information durch Selektion – Manfred Eigens Evolutionstheorie. In: Nachr. Chem. Techn. 18 (1970), S. 439-440
- G. OSCHKE: Die vergleichende Biologie und die Beherrschung ihrer Mannigfaltigkeit. In: Biologie in unserer Zeit 5 (1975), S.139-146
- E. MAYR: Grundgedanken der Evolutionsbiologie. In: Naturwissenschaften 1969, S.392-397
- H. MOHR: Die modernen Naturwissenschaften und das Menschenbild der Wissenschaft. In: Umschau 66 (1966), S. 273-279
- H. W. SAUER: Biologische Entwicklung – eine grandiose „Flickschusterei“ der Natur. In: Umschau 78 (1978), S.459-467
- D. E. ZIMMER: Ich bin, also denke ich. Die biologischen Wissenschaften haben sich in die Philosophie eingemischt. In: Die Zeit Nr.24 (6. Juni 1980), S.35
- G. VOLLMER: Evolutionäre Erkenntnistheorie. Stuttgart 1975
- H. SEIFFERT: Einführung in die Wissenschaftstheorie. München, 9. Aufl. 1980
- K. BARTH: Kirchliche Dogmatik. Bd. III 2. Zürich 1974. S. 27f.

4.2 Zur Frage nach der Tragfähigkeit der Grundlagen

Hermann Hafner

Wissenschaftstheoretische Überlegungen und Fragen zur Grundannahme der Evolutionstheorie

1. Die Grundannahme der Evolutionstheorie	496
2. Wozu dient die Grundannahme der Evolutionstheorie?	497
3. Worauf bezieht sich die Grundannahme der Evolutionstheorie?	498
4. Was leistet die Grundannahme der Evolutionstheorie?	499
5. Wie ist die Grundannahme der Evolutionstheorie zu kontrollieren?	499
6. Die Evolutionstheorie als Bestandteil neuzeitlicher Naturwissenschaft	503
7. Konzept und Wirklichkeit	505
8. Woher kommt der Evolutionsgedanke in der Evolutionstheorie?	507
9. In welchem Bezugsrahmen ist die Evolutionsfrage angemessen zu diskutieren?	510

PETER BUSCH hat im vorstehenden Beitrag (oben S. 485ff.) den Aufbau naturwissenschaftlicher Theoriebildung dargestellt und gezeigt, wie sie im Evolutionsgedanken zusammengefaßt wird. Dabei macht er deutlich, daß es in der inneren Struktur dieses Aufbaus begründet ist, daß die Evolutionstheorie dabei keineswegs von unten nach oben zwingend durchkonstruiert, also nicht aus den Elementen der darunterliegenden Schichten von Theoriebildungen abgeleitet werden kann. Vielmehr bildet jede neue Schicht der Theoriebildung wieder einen neuen Ansatz, der die darunterliegenden Schichten in sich aufnimmt, aber nicht aus ihnen abgeleitet werden kann.

Die eigene Struktur der Evolutionstheorie selbst steht also gegen eine reduktionistische Deutung, in der – grob gesprochen – der Mensch als die bloße Funktion der Elementarteilchen oder der zoologischen Erbanlagen gedacht wäre, aus denen er besteht. Die aus dieser Struktur zwangsläufig folgende Offenheit der Evolutionstheorie für Fragen, die über den physikalischen und den zoologischen Horizont hinausgehen, ist zugleich der Punkt, an dem die biblischen Schöpfungsaussagen in das Gespräch mit der naturwissenschaftlichen Beschreibung der Wirklichkeit eingebracht werden können. Gerade die Evolutionstheorie als solche bietet also nach BUSCH durch ihren strukturellen Aufbau die Gewähr dafür, daß ein aufgeschlossenes Gespräch ohne gegenseitige Abschirmung zwischen biblischem Glauben und Naturwissenschaft geführt werden kann.

Eben dieser schichtweise Aufbau naturwissenschaftlicher Theoriebildung, bei dem das Grundkonzept jeder neuen Schicht nicht „von unten“, also von den Fakten her, abgeleitet werden kann, reizt freilich zu einigen weiteren wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Fragen und Überlegungen, wenn man gewissermaßen aus dem eigenen Duktus dieses Aufbaus austritt und ihn von außen unter veränderter Perspektive betrachtet. Angesichts der „Zufälligkeit“, „Willkürlichkeit“ oder „Grundlosigkeit“, mit der der theoretische Ansatz jeder Schicht den Fakten sozusagen frei gegenübertritt und nicht aus ihnen hergeleitet werden kann, drängt sich eine doppelte Frage auf:

1. Worauf gründet sich die Aufstellung des betreffenden Theorieansatzes? Woher ist dieser genommen?
2. Was bedeutet das für den Charakter seiner Gültigkeit, für seine Angemessenheit im Verhältnis zur Wirklichkeit? Was ergibt sich daraus für seine Tragweite und Erklärungskraft?

Auf der Linie dieser Doppelfrage möchte ich einige Überlegungen hinsichtlich des Charakters der Grundannahme der Evolutionstheorie als Anstoß zu weiterer Klärung zur Diskussion stellen.

1. Die Grundannahme der Evolutionstheorie

Zunächst gilt es, die Grundannahme der Evolutionstheorie einmal als solche herauszuheben und sich bewußt zu machen, als einen Grundgedanken, der selbst noch keine ausgeführte Theorie darstellt, sondern lediglich als Vorgabe und Leitfaden für die Ausarbeitung einer Theorie dient.

Diese Grundannahme und Leitidee der Evolutionstheorie läßt sich auf den einfachen Nenner bringen: Alle existierenden Arten von Lebewesen sind durch Generationenfolge in einem langen Prozeß des Werdens und der Veränderung aus gemeinsamen Vorfahren und schließlich aus einer gemeinsamen Urform des Lebens hervorgegangen und zu ihrer jetzigen Gestalt gekommen (und dieser Prozeß ist keineswegs als abgeschlossen zu betrachten). Oder, wenn man den spezifisch biologischen Rahmen zugunsten einer umfassenden Einheitsschau der Wirklichkeit sprengen und überschreiten will: Alle Zustände im Universum (einschließlich der Gegebenheiten im Reich des Lebendigen) sind durch natürliche Prozesse aus zeitlich früheren elementareren und einfacheren Zuständen hervorgegangen; oder – wenn man dies vorzieht – in Form einer methodologischen Anweisung statt in Form einer realistischen Behauptung formuliert: Alle Zustände in der Wirklichkeit sind als durch natürliche Prozesse aus zeitlich früheren elementareren Zuständen hervorgegangen zu denken.

Dieser Grundgedanke ist, wie gesagt, als solcher von jeder ausgeführten Theorie zu unterscheiden. Er steht darum auch jeder ausgeführten Theorie mit einer gewissen Freiheit und Selbständigkeit gegenüber und kann in verschiedenen, miteinander konkurrierenden Theorien durchgeführt werden und konkrete Gestalt annehmen. Aus diesem Grunde ist ihm auch keineswegs schon das Lebenslicht ausgeblasen, wenn die Theoriegestalt, in die er bislang gekleidet war, als unhaltbar erwiesen wird: Er kann zum Ansatzpunkt und Motor neuer Versuche der Ausarbeitung einer Theorie werden.

Als wissenschaftliches Konzept ist ein solcher Gedanke freilich nur dann akzeptabel, wenn er mit Hilfe konkret ausgeführter Theorien die meßbaren Fakten unter sich zu begreifen und zu ordnen vermag oder wenn zumindest die begründete Hoffnung besteht, daß die Ausarbeitung entsprechender Theorien unter dieser Leitidee gelingen wird.

2. Wozu dient die Grundannahme der Evolutionstheorie?

Den Ausgangspunkt für die Beantwortung dieser Frage muß wohl das Selbstverständliche und auf alle Theorien Zutreffende bilden: Sie eröffnet den Ansatz für Theorien, durch die eine Reihe verschiedener Beobachtungen und Tatsachen (hier: die Vielfalt, die Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Reich des Lebendigen) in einen einheitlichen und geordneten Zusammenhang eingefügt werden. Aber man muß das weiter präzisieren: Die Grundannahme der Evolutionstheorie dient dazu, die Vielfalt lebender Arten mit ihren Unterschieden und Gemeinsamkeiten und mit der Unterschiedlichkeit ihres Bestandes zu verschiedenen Zeiten in einen solchen Zusammenhang einzuordnen, der ihr Zustandekommen erklärt; genauer noch: in einen „natürlichen“ Zusammenhang, der ihr Zustandekommen auf „natürliche“ Prozesse zurückführt. Es geht also darum, die Vielfalt des Lebendigen und den zeitlich unterschiedlichen Bestand an Arten in natürlichem Rahmen verständlich zu machen.

Die Stichworte „natürlich“ und „erklären/verständlich machen“ signalisieren dabei ein Problem, das hier nur kurz angezeigt sein soll: Wann gilt uns ein Versuch, etwas verständlich zu machen oder zu erklären, als gelungen, so daß wir uns mit ihm zufrieden geben? Welche Kriterien haben wir dafür? Und woher haben wir sie? Und meldet sich in dem Wörtchen „natürlich“ etwa gar ein ganzer Vorentwurf der Weltwirklichkeit, der unser Fragen leitet und die Entscheidung darüber, ob wir eine Antwort als zufriedenstellend, plausibel und gültig anerkennen, danach bemißt, wie diese Antwort zu ihm paßt?

Wohlgedenkt: Es geht hier nicht darum, Versuche „natürlicher Erklärung“ madig zu machen – an prinzipiell angestrebte „übernatürliche Erklärungen“ sind grundsätzlich die gleichen Fragen zu stellen! Sondern es geht

darum, uns die Zusammenhänge deutlich zu machen, in denen unsere wissenschaftlichen Denkprozesse stattfinden.

3. Worauf bezieht sich die Grundannahme der Evolutionstheorie?

Damit stellen wir die Frage nach dem „Material“, das durch diese Grundannahme zur Evolutionstheorie gestaltet und zusammengefaßt wird, die Frage nach den der Evolutionstheorie vorgegebenen Fakten und deren theoretischer Verarbeitung auf niedrigerer Ebene.

Vielleicht kann man hier vier Komplexe von Fakten und zugehörigen Theorien sinnvoll unterscheiden:

- a) den diachronischen Zusammenhang zeitlicher Veränderung des Artenbestandes, wie er durch die Paläontologie erforscht wird aufgrund fossiler Überreste in Verbindung mit geologischen Theorien über die Entstehung der Schichtungen, aus denen die fossilen Funde stammen;
- b) den synchronischen Zusammenhang der Systematik und Morphologie im Reich des Lebendigen, der sich anhand von Ähnlichkeiten und Unterschieden der Baupläne als eine Ordnung nach näherer und fernerer Zusammengehörigkeit darstellen läßt;
- c) den Komplex ökologischer Tatbestände und Zusammenhänge, also all die Prozesse, die sich im Verhältnis zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt abspielen und so als Lebensbedingungen und gestaltende Faktoren wirksam werden; und schließlich
- d) den biochemisch-genetischen Zusammenhang der Prozesse und Faktoren, die sich beim Übergang von einer Generation zur nächsten beobachten lassen, mit den dabei sich abspielenden Veränderungen der neuen Generation gegenüber der Erzeugergeneration bis hin zu langfristigen Züchtungseffekten.

Man kann diese vier Komplexe durchaus getrennt betrachten, jeden für sich und in sich abgeschlossen: eine zeitlich abfolgende Geschichte des Lebendigen; eine systematische Ordnung im Reich des Lebendigen; die allgemeinen Lebensbedingungen und wechselseitigen Abhängigkeiten der Lebensprozesse; und schließlich das Geschehen der Fortpflanzung und Individualisierung des Lebens einschließlich etwaiger Merkmalsänderungen, die sich dabei bis zu einem gewissen Grad ergeben. Nichts an diesen Zusammenhängen selbst zwingt unausweichlich dazu, sie als Teilzusammenhänge eines einzigen, umfassenden Zusammenhanges zu sehen, in dem sie sich gegenseitig durchdringen und komplettieren. Allenfalls entstehen einzelne Fragen, die – recht sanft – in diese Richtung weisen: Warum enthalten ältere geologische Schichten nicht alle Arten von Fossilien, sondern nur solche einfacheren Baues? Kann man etwa diesen Sachverhalt als Entwicklung

verstehen und dazu verwenden, die Systematik zu erklären? Und wenn es genetische Veränderungen gibt, kann man diese nicht vielleicht auf lange Zeit hin auch in größerem Umfang annehmen und zur Erklärung einer angenommenen Entwicklung des Lebens heranziehen?

4. Was leistet die Grundannahme der Evolutionstheorie?

Hat man den Entwicklungsgedanken erst einmal gefaßt, dann freilich wird etwas Faszinierendes möglich: Die zuvor getrennt nebeneinanderstehenden Komplexe verwachsen zu einer festgefügteten Einheit, in der sie sich gegenseitig durchdringen und ergänzen – sie erklären sich gegenseitig, und das – aufs Grobe und Ganze gesehen! – so unmittelbar und plausibel, daß ein Verlust oder eine Preisgabe dieser neu gewonnenen Einheit kaum denkbar erscheint.

Damit ist zugleich die Einheit der Biologie als eines einheitlichen wissenschaftlichen Problem- und Funktionszusammenhanges allererst konstituiert. Ohne den Evolutionsgedanken würde sie in mehrere getrennte Forschungsfelder auseinanderfallen, die lediglich durch den gemeinsamen Gegenstandsbereich „Lebendiges“ miteinander verbunden wären – nun aber kann sie ihr ganzes Gebiet von einem einheitlichen Grundgedanken aus durchdringen.

Und schließlich ist damit die Masse dessen, was als kontingent gegeben hingenommen werden muß, enorm geschrumpft: nicht mehr der ganze Artenreichtum steht unerklärt und unverstanden vor dem Auge, sondern – im Prinzip! – nur noch die Anfangsbedingungen des Lebens oder gar die Anfangsbedingungen des Universums! Sind diese gegeben, dann läßt sich alles Weitere anhand naturgesetzlich verständlicher Prozesse verfolgen. Für die theoretische Einlösung des Zieles, die Vielfalt des Lebens in natürlichem Rahmen verständlich zu machen, ist damit im Grundsätzlichen eine frapierend weit tragende Basis gelegt.

Dies alles leistet der Evolutionsgedanke auf der ganz einfachen Grundlage, daß man durchgängig hinsichtlich aller Phänomene des Lebendigen die Kausalitätsfrage stellt und eine einheitliche Antwort auf sie findet, indem man diese Phänomene insgesamt als das Ergebnis einer genetischen Entwicklungsreihe betrachtet.

5. Wie ist die Grundannahme der Evolutionstheorie zu kontrollieren?

Nun, auf diese Frage wird man gewiß zunächst die gleiche Antwort geben, mit der man das Kontrollkriterium auch für jede andere Theorie anzugeben

pflegt: Ihre Brauchbarkeit und Wahrheit wird daran gemessen, wie sie sich am einschlägigen Tatsachenmaterial bewährt.

Um diese Kontrolle durchzuführen, müßte man also letztlich die ganze Evolutionstheorie mit ihrem gesamten Stoff und Faktenmaterial prüfend durcharbeiten, was hier aus verständlichen Gründen nicht geschehen kann; in einigen Punkten und Aspekten versuchen dies die naturwissenschaftlichen Beiträge dieses Sammelbandes. Man kann jedoch auf einer etwas abstrakteren und grundsätzlicheren Ebene die Frage stellen, wie die Kontrollfrage nach der Bewährung im Falle der Evolutionstheorie und angesichts von deren gegebener Struktur „funktionieren“ kann. Einige Überlegungen in dieser Richtung erscheinen angebracht und können dazu dienen, das wissenschaftstheoretische Profil der Problematik deutlicher herauszuheben.

Zunächst ist davon auszugehen, daß die Bewährungsfrage entsprechend der sachlichen Struktur der Evolutionstheorie in zwei Richtungen gegliedert werden muß: in eine „*historische*“, die sich auf den diachronisch-paläontologischen Begründungszweig der Theorie bezieht, und in eine *funktionale*, die deren eigentlich naturwissenschaftlichen Begründungszweig betrifft, der sich mit den funktionalen Mechanismen beschäftigt, durch die eine Evolution zustande kommen kann und vorangetrieben wird.

Zum *historischen* Zweig ist darauf hinzuweisen, daß es sich hier aus prinzipiellen Gründen sozusagen um einen reinen Indizienprozeß handelt: alle paläontologischen Funde sind als solche reine „Momentaufnahmen“; allenfalls können wir sie, soweit wir unseren Datierungsmethoden trauen, in eine zeitliche Reihenfolge ordnen. Ob aber die Funde in einer realen Beziehung zueinander stehen, dergestalt, daß sie Bestandteil verschiedener Stadien eines Evolutionsprozesses sind, in dem die späteren Erscheinungsformen aus den früheren genetisch hervorgegangen sind –, das kann in strengem Sinn nicht aus den Fakten abgeleitet werden, sondern bleibt untergelegte Interpretation; denn selbst eine „lückenlose“ Reihe von „Zwischengliedern“ bestünde lediglich aus lauter Momentaufnahmen, die nur durch unsere entsprechende Verknüpfung und Interpretation zum bewegten Bild eines realen Entwicklungsprozesses zusammenfließen. Und wir haben natürlich keine sprachlichen Zeugnisse und Beschreibungen aus „zeitgenössischer“ Feder, die uns das Geschehen als Geschehen vor Augen stellen und es uns so ermöglichen würden, unsere Interpretation der unbewegten Fakten zu kontrollieren.

Auch die Arbeit des Naturhistorikers hat also vollen Anteil an den Strukturen und Problemen „normaler“ geschichtswissenschaftlicher Arbeit. Und hier wie dort ist man immer wieder – beziehungsweise der Naturhistoriker grundsätzlich! – gezwungen, tote Zeugnisse und Zeugen durch entsprechende Interpretationsversuche als Zeugen eines einstigen Lebensprozesses

zu „vernehmen“ und zu verstehen. Das ist nichts Schlimmes oder Unwissenschaftliches, sondern gehört zur Struktur und Organisationsform unseres menschlichen Erkennens. Aber es ist wichtig, sich gerade an solchen Stellen klare Rechenschaft darüber abzulegen, was man tut, von welchen Voraussetzungen her man solche Interpretationen und Interpolationen vornimmt und welche Unsicherheiten und Fehlerquellen dabei gegeben sind.

Und in diesem Sinne wird man hinsichtlich des historischen Zweiges der Evolutionstheorie also sagen müssen: Einer eigentlichen Kontrolle an den Fakten können wir das „Wie“ unserer Rekonstruktionen aussetzen, etwa die angesetzte zeitliche Ordnung oder Ähnliches – die eigentliche „Substanz“ des Evolutionsgedankens aber ist aus prinzipiellen Gründen so sehr Interpretation und nur indirekt mit den Fakten verknüpft, daß sie von den Fakten aus grundsätzlich fast nicht erreichbar und angreifbar ist. Lediglich eine sehr vage Möglichkeit bleibt offen: Wenn wir gezwungen wären, die zeitlichen Ansetzungen der Fossilgruppen so umzustrukturieren, daß dabei eine zeitliche Reihe entstünde, deren Verknüpfung mit einem genetischen Evolutionsgedanken absolut unsinnig erschiene, dann würde die Evolutionstheorie vermutlich als widerlegt gelten. Freilich: auch dieses Argument träge letztlich nicht die Realität eines etwaigen Evolutionsvorganges, sondern nur unsere Möglichkeiten, uns einen solchen in seinem Ablauf und in seinen Mechanismen vorzustellen! Und: damit ein solches Argument im Ernstfall tatsächlich wirksam werden könnte, müßte die Evolutionstheorie in ihren Elementen wohl sehr viel fester gefügt sein, als sie es gegenwärtig faktisch ist; die lose Verbindung zwischen den Elementen läßt reichliche Möglichkeiten, widrige Fakten und Argumente flexibel zu verdauen – jedes konkrete Problem trifft so ja nur einen einzigen Teilzusammenhang, neben dem stets so viele andere Teilzusammenhänge stehen, auf die es nicht durchschlägt und die daher die Theorie nach wie vor „sicher“ tragen und sie nach wie vor unangefochten über dem „vereinzelt“ Querschläger-Argument stehen lassen.

Diese Problematik zeigt sich auch im *funktionalen* Zweig der Evolutionstheorie. Natürlich konnten produktive Evolutionsvorgänge (d. h. solche, die zu neuen Gestaltungen führen) nur in äußerst engen Grenzen beobachtet beziehungsweise durch Züchtung herbeigeführt werden; aber auch der grundsätzliche Einblick in solche biologische Mechanismen, die produktive Bauplanänderungen herbeiführen und den heute gegebenen Bestand lebender Arten und ihrer Baupläne und Organe hätten hervorbringen können, ist äußerst begrenzt auf mehr oder weniger geringfügige Veränderungen am Organismus, und entscheidende Probleme sind völlig ungeklärt (ich erinnere nur an die Frage, wie ein Organ wie das Linsenauge evolutiv entstehen kann, das doch erst als Ganzes funktioniert und einen Überlebensvorteil bringt). Die Zuversicht zur Wahrheit und Erklärungskraft der Evolutions-

theorie lebt hier von der optimistischen Extrapolation, daß Mechanismen von der Art, wie man sie im Zusammenhang mit kleineren Veränderungen beobachtet, letztlich auch hinter den großen Veränderungen in der Geschichte des Lebens stehen müssen – wenn man sie nur erst noch vollends entdeckt und entschlüsselt. Und auch hier wird diese Zuversicht dadurch genährt, daß die Evolution als solche als von anderer Seite her (z. B. von der Paläontologie her oder von der als Verwandtschaft gedeuteten Gleichartigkeit der Lebensvorgänge her) gesichert gilt. Auch im funktionalen Zweig der Evolutionstheorie wird also die Realität des Evolutionsgeschehens letztlich vorausgesetzt, (noch) nicht seine naturwissenschaftliche Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit wirklich begründet. Kompetente und durchschlagende Kontrollfragen, die das Ganze der Evolutionstheorie, auch ihren Grundgedanken als solchen, trafen, sind hier beim gegenwärtigen Stand der Erkenntnisse offenbar auch nicht zu erwarten.

Auch hier gibt es eine prinzipielle Grenze: die funktionale naturwissenschaftliche Untersuchung kann – da bei diesen komplexen Vorgängen nicht einfach „zurückgerechnet“ werden kann – bestenfalls zur Erkenntnis der Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit eines Evolutionsprozesses führen, nicht zur Sicherung von dessen („historischer“) Wirklichkeit.

Wir bleiben also sowohl von der „historischen“ wie von der funktionalen Fragerichtung her letztlich in Wahrscheinlichkeitsurteilen und Plausibilitäten stecken, ohne die Grundannahme der Evolutionstheorie einer durchschlagenden und zur Entscheidung führenden Kontrolle unterziehen zu können. Was jeweils direkt kontrolliert werden kann, ist lediglich das „Wie“ der konkreten theoretischen Durchführung des Evolutionsgedankens.

Dieses Ergebnis ist noch keineswegs ein Vernichtungsurteil über die Evolutionstheorie (wir werden auf die herausgefundene Doppelstruktur von kontrollierbarem und nicht kontrollierbarem Anteil unten in Abschnitt 7 noch näher eingehen), sondern stellt die Antwort auf die klar umgrenzte Frage nach einer strengen und zwingenden Kontrollierbarkeit von deren Grundansatz dar. Indem diese Antwort negativ ausfällt, hilft sie präzisieren, worauf die Anerkennung der evolutionstheoretischen Grundannahme tatsächlich beruht: auf Eindrücken, die beim Umgang mit dem „Material“ der Evolutionstheorie entstehen und die den Gedanken an eine Entwicklungsreihe nahelegen und plausibel machen. Daß beim Entlanggehen an solchem Material, wie es in Lehrbüchern vor uns ausgebreitet wird, der Evolutionsgedanke sich nahelegt und sehr viel plausibler erscheint als in der obigen wissenschaftstheoretischen Befragung, das sei offen und gerne zugegeben – und keineswegs in der Meinung, das sei eine Schwäche und bloß schlechte Verdeckung der Unhaltbarkeit: denn woran soll wahre Erkenntnis entstehen, wenn nicht an der direkten Beschäftigung mit den realen Gegeben-

heiten?! Alle wissenschaftliche Erkenntnis entsteht primär an der Auseinandersetzung mit ihrem „Material“ und liegt ihrer wissenschaftstheoretischen Untersuchung, Durchdringung und Kritik voraus, nicht umgekehrt. Allerdings: die wissenschaftstheoretische Ungesicherheit und Unkontrollierbarkeit des Grundansatzes als solchen sollte uns wach machen für kritische Fragen sowohl im Grundsätzlichen wie im Konkreten (hier z. B., ob die gewohnte, den „Evolutions-Eindruck“ unterstützende zeitliche und sonstige Anordnung des Materials auch wirklich im einzelnen begründet und haltbar ist).

6. Die Evolutionstheorie als Bestandteil neuzeitlicher Naturwissenschaft

Neben dem „Eindruck“, den das Faktenmaterial hervorruft – und unmittelbar mit ihm verbunden und in ihm wirksam! –, ist ein weiterer grundlegender Zusammenhang namhaft zu machen, in dem die Grundannahme der Evolutionstheorie wurzelt und aus dem sie ihre Kraft zieht: Die Evolutionstheorie bedeutet die Anwendung des Ansatzes neuzeitlicher Naturwissenschaft und Naturerklärung auf den Bereich des Lebendigen, und sie bedeutet darüber hinaus die universale Zusammenfassung und einheitliche Durchführung dieses Ansatzes über alle Bereiche der Wirklichkeit hin.

Mit diesem Ansatz meine ich jene methodische Entscheidung, die – zusammen mit dem aus ihr resultierenden technischen Erfolg – den wissenschaftlichen, geistesgeschichtlichen und sozialen Siegeszug der Naturwissenschaft getragen und das neuzeitliche Wirklichkeitsverständnis durchschlagend und nachhaltig geprägt hat: jene Entscheidung, empirisch gegebene Phänomene nicht mehr metaphysisch durch Rückfrage nach einem dahinterliegenden überempirischen „Wesen“ der Dinge und nicht mehr übernatürlich durch Zurückführung auf das Wirken Gottes (oder anderer geistig-übernatürlicher Mächte) zu erklären, sondern nur noch durch Zurückführung auf andere empirische Gegebenheiten im Rahmen kausaler Beziehungen, die streng logisch und möglichst mathematisch-quantifizierend formulierbar sein müssen. Eine gewisse Symbolfigur für das in dieser Entscheidung wirksam werdende Wirklichkeitsverständnis ist der *LAPLACESche Dämon*: wer Kenntnis von allen Zustandsgrößen des Weltalls zu einem bestimmten Zeitpunkt hätte, könnte durch Vor- und Zurückrechnen das Geschehen und die Zustände im ganzen Weltall für jeden beliebigen Zeit- und Raumpunkt überblicken – weil alles Geschehen durch innerweltliche Faktoren determiniert ist.

Auch wenn dieser Determinismus inzwischen durch die Umbrüche der Physik in unserem Jahrhundert zerbrochen und überwunden wurde, auch

wenn in komplexen Zusammenhängen einlinig-kausale durch systemtheoretische Beschreibungen abgelöst werden – die erfolgreiche naturwissenschaftliche Grundentscheidung, Empirisches nur mit Empirischem in Beziehung zu setzen und nur auf Empirisches zurückzuführen, bleibt bei alledem ungeschmälert in Kraft. Und sie bestimmt – als der Rahmen, innerhalb dessen allein wir allem Anschein nach Sichereres wissen können – nach wie vor das Wirklichkeitsbewußtsein unserer Zeit (trotz und z. T. auch noch mitten in der neu aufgebrochenen Sehnsucht nach einer religiösen Erfassung der Wirklichkeit; und im profanen Bereich ja ohnehin).

Das Evolutionskonzept stellt das Mittel dar, durch das dieser Denkansatz und diese methodische Entscheidung im Bereich der Biologie überhaupt erst geschlossen und durchgängig durchführbar wird. Es macht also sozusagen die Biologie zur „echten“ und „vollwertigen“ Wissenschaft im Sinne dieses neuzeitlichen Denkansatzes – und es schließt sie, wie wir gesehen haben, zugleich auf dieser Basis zur Einheit zusammen. Und es kann zugleich dazu dienen, eindrucksvoll die Geschlossenheit und umfassende Geltung dieses Denkansatzes darzustellen, indem es alle empirischen Wissenschaften durchdringt, ihnen eine gemeinsame Ausrichtung gibt und sie zur Einheit zusammenschließt.

Darin, daß die Evolutionstheorie das Reich des Lebendigen mit diesem Ansatz durchdringt und es diesem erschließt, liegt offenbar ein wesentlicher Teil ihrer Durchsetzungskraft begründet. Und es liegt dabei mehr oder weniger in der Logik der Sache, daß der Evolutionsgedanke gegen empirische Infragestellung so resistent ist: Wenn eine theoretisch ausgearbeitete Sicht des Evolutionsprozesses sich als empirisch haltlos oder unhaltbar erweist, dann ist die Wissenschaft zwar gezwungen, ein neues Konzept der Vorgänge zu erarbeiten – aber auch dieses wird mit Selbstverständlichkeit wieder ein Evolutionskonzept sein, denn es muß ja dem Ansatz nach Empirisches auf Empirisches zurückführen. Grundsätzlich andere Möglichkeiten sind gar nicht im wissenschaftlichen Blickfeld, und auch ein grundsätzlicher Verzicht auf einen durchgehenden empirisch-wissenschaftlich erfaßbaren Zusammenhang erschiene wohl als Verrat an der Wissenschaft.

Fassen wir die bisher erörterten Aspekte zusammen:

Ein Erklärungsprinzip, das so viel leistet und sich dabei so gründlich der direkten empirischen Kontrolle entzieht wie die Grundannahme der Evolutionstheorie, steht – bei aller Anerkennung auch gegebener empirischer Grundlagen und Plausibilität – in einer akuten Problematik: Es besticht durch seine Einheitlichkeit und zusammenfassende Kraft, trägt sich dadurch gewissermaßen selbst, bestätigt sich selbst und leitet das Wasser aller denkbaren Argumentationen auf die eigenen Mühlen. Es steht also in der

akuten Gefahr, sich selbst gegenüber aller Kritik zu immunisieren – damit aber hätte es seinen empirischen Gehalt preisgegeben und verwirkt.

Andererseits: Der Grundgedanke der Evolutionstheorie ist so eng mit dem Grundgedanken aller neuzeitlichen Naturwissenschaft verwachsen, daß beides nicht voneinander zu trennen ist. Wer den Evolutionsgedanken zurückweisen will, muß sich zwangsläufig mit dem im wissenschaftlichen Verfahren selbst wirksamen (oder im Gesamtprozeß der Wissenschaft dem Verfahren unterlegten) Grundgedanken des nachaufklärerischen neuzeitlichen Wissenschafts- und Wirklichkeitsbewußtseins auseinandersetzen: mit dem Grundgedanken nämlich, das System der wissenschaftlich-empirisch erfaßbaren und erfaßten Gegebenheiten und Beziehungen sei – wenn nicht überhaupt das einzig Wirkliche, so doch: – in sich autonom und autark, also gegenüber anderweitigen realen Einflüssen und kausalen Eingriffen gänzlich abgeschirmt. Diese Auseinandersetzung ist dann nicht nur im Bereich der Biologie und nicht nur durch Aufweis vorhandener Lücken in der Theorie zu führen, sondern grundsätzlich.

7. Konzept und Wirklichkeit

Wir hatten gesehen, daß zwar einzelne Ausformungen und Teiltheorien der Evolutionstheorie empirisch kontrollierbar sind, nicht aber deren Grundannahme, der Evolutionsgedanke als solcher (zumal, sofern er eine spezifische Ausformung der methodischen Grundentscheidung neuzeitlicher Wissenschaft darstellt). Es ist aufschlußreich, diesem Neben- und Ineinander von empirisch kontrollierbarer Konkretion und empirisch nicht kontrollierbarem Grundgedanken noch ein wenig nachzugehen.

Diese Doppelstruktur ist eine Eigenschaft, die die Evolutionstheorie mit allen naturwissenschaftlichen (oder analog dazu gebauten) Theorien teilt. Es handelt sich darum, daß kein solches Theoriekonzept in seiner „Substanz“, in seinem Grundgedanken, aus Fakten abgeleitet werden kann; sondern jeder solche theoriebildende Grundgedanke tritt den Fakten als etwas Neues und „Fremdes“ gegenüber. Er stellt eine Ordnungsgrundlage und -struktur bereit, die es ermöglichen soll, die Fakten in konstante bzw. reproduzierbare Beziehungen zueinander zu setzen.

Dies geschieht dadurch, daß die Elemente der Theorie (bestimmte Begriffe oder Symbole) eineindeutig auf die Elemente eines bestimmten Gegenstandsbereiches („Fakten“) bezogen werden; Ziel ist dabei, durch die logisch verfügbare Ordnungsstruktur der Theorie die erfaßbaren Zusammenhänge zwischen den Elementen des Gegenstandsbereichs zu simulieren. Gelingt dies, d. h. trifft man eine bestimmte Meßgröße im Gegenstandsbereich stets und nur unter den Bedingungen auch wirklich an, unter deren Voraus-

setzung sich innerhalb des theoretischen Kalküls das ihr entsprechende Element ergibt, so gilt die betreffende Theorie als brauchbar oder zutreffend.

Es stehen sich hier also eine in sich geschlossene gedankliche Ordnungsstruktur und ein in seinen wahren Zusammenhängen undurchschautes Gegenstandsfeld gegenüber, aus dem lediglich bestimmte faßbare Meßgrößen herausgegriffen und auf die Ordnungsstruktur der Theorie bezogen werden unter der Frage, ob diese Ordnungsstruktur auf die tatsächlich in einem reproduzierbaren Zusammenhang auftretenden unterschiedlichen Meßgrößen „paßt“.

Die diesem Sachverhalt entsprechende kritisch-empirische Kontrollfrage lautet darum sachgemäß: Vermag das Theoriekonzept (nach der entsprechend präzisierten und quantifizierenden Ausarbeitung des Grundgedankens) die Fakten zutreffend zu ordnen – oder enthält es unzutreffende Ordnungselemente und -strukturen? D. h. die Kontrollfrage bezieht sich stets auf die Konkretion der Theorie.

Eine andere Frage wird dagegen gar nicht gestellt: die Frage nach der wesenhaften Angemessenheit des letzten Grundkonzeptes der Theorie, die Frage danach, ob der „Stoff“, aus dem die Theorie gemacht ist, der Realität auch wirklich angemessen ist, die hier erfaßt und dargestellt werden soll. Diese Frage steht im wissenschaftlichen Zusammenhang nicht zur Debatte, und sie kann auch nicht mit naturwissenschaftlichen Mitteln entschieden werden. Ob es der Realität angemessen ist, sie in mathematischen Strukturen darzustellen, ob es angemessen ist, die grundlegenden Elemente der physischen Welt im Bild von Elementarteilchen, Wellenvorgängen oder Quanten zu beschreiben, das alles bleibt jenseits des begründenden und kontrollierenden Zugriffs. Kontrolliert wird nur, ob die Formeln und ihre Ergebnisse nach definierten Regeln den Ergebnissen von Experimenten entsprechen. In dieser Hinsicht, das heißt, wenn man die Frage nach der wesensmäßigen Angemessenheit stellen will, müßte man die naturwissenschaftlichen Theorien als auf einem hypothetischen Unterbau stehend denken: *Wenn* und soweit es angemessen ist, das Geschehen in der Wirklichkeit mathematisch zu beschreiben usw., *dann* muß dies in der Gestalt dieser oder jener Theorie oder mit dieser oder jener Formel geschehen, *weil* ... An diese umfassende Grundvoraussetzung der Naturwissenschaft wird im naturwissenschaftlichen Rahmen keine empirische Kontrollfrage gestellt und kann hier auch nicht gestellt werden.

So weit also ist das angesprochene Problem der empirischen Unkontrollierbarkeit des Grundansatzes bei der Evolutionstheorie kein anderes als bei aller Naturwissenschaft. Aber nun ist doch zugleich noch eine Besonderheit festzustellen: Auf der oben angesprochenen allgemein-naturwissenschaftlichen Ebene handelt es sich um die unkontrollierbare Vorgabe abstrakt-

methodischer Entscheidungen und Grundlagen, die in sich selbst – jedenfalls nach den modernen Entwicklungen seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert – keine Realitätsbehauptungen mehr geltend machen (sondern allenfalls unbewußt oder arbeitshypothetisch voraussetzen und dahingestellt sein lassen ... !). Beim Evolutionsgedanken aber handelt es sich um höchst realistische Behauptungen über bestimmte Geschehensstrukturen in der Wirklichkeit und über einen ganz konkreten, speziellen und einmaligen und zugleich umfassenden „historischen“ Geschehensablauf, der aus jenen Strukturen hervorgegangen sei und weiter hervorgehe. Die Grundannahme der Evolutionstheorie ist nicht nur eine gedankliche Ordnungsstruktur, sondern nimmt die Funktion des Ordnen und In-Beziehung-Setzens durch ihren Charakter als realistische Behauptung eines empirischen Geschehensablaufes wahr: Als evolutionär entstandene und miteinander verbundene sind die Phänomene des Lebendigen miteinander in Beziehung zu setzen und nach ihren theoretisch erfaßbaren Relationen zu befragen.

Dieser Unterschied freilich ist gravierend und hat es in sich. Lohnte sich schon die Mühe, gründlich darüber nachzudenken, wieweit die mathematisch-naturwissenschaftliche Erfassung der Wirklichkeit, in der wir leben, zu entsprechen vermag, so sollten wir erst recht sehr ernsthaft darüber nachdenken, wie die in der Grundannahme der Evolutionstheorie gesetzte Behauptung empirischer Realität auch einer ernsthaften empirischen Kontrolle zugeführt werden kann (auch wenn wir dabei an eine Grenze stoßen und diese Kontrolle, wie oben erörtert, nicht von letzter Stringenz sein kann). Empirische Behauptungen ohne empirische Kontrolle, und das noch als programmatische Grundannahme – das sollten wir uns in der Wissenschaft nicht leisten!

8. Woher kommt der Evolutionsgedanke in der Evolutionstheorie?

Wir sahen: Der Evolutionsgedanke kann nicht strikt aus Fakten abgeleitet werden. Und auch der festgestellte enge Zusammenhang mit der methodischen Grundentscheidung neuzeitlicher Naturwissenschaft gibt uns in sich selbst noch keine ausreichende und voll befriedigende Antwort auf die Frage, woher der Evolutionsgedanke komme und worauf er begründet sei; denn als bloße methodische Entscheidung könnte sie ja auch fragmentarisch angewendet werden, das heißt so, daß man gegebenenfalls Gebiete offenläßt, auf denen die Rückführung empirischer Fakten auf andere solche nicht gelingt.

Woher also kommt nun der Evolutionsgedanke? Und woher kommt jene Totalitätstendenz einer methodischen Grundentscheidung, die ihn unentbehrlich macht und uns die Phänomene des Lebendigen so sehen läßt, daß sie ihn uns nahelegen oder gar aufdrängen?

Es wäre wohl etwas zu billig, wenn wir uns auf die Feststellung zurückziehen wollten, dieser Gedanke sei nun einmal als wissenschaftlicher Deutungsversuch in Gebrauch, wissenschaftlich unbegründbar und unableitbar zwar, aber eben faktisch, und wir könnten das nicht weiter hinterfragen, sondern nur zusehen, wie er sich im Gebrauch bewähre. Ich denke, wir sollten durchaus weiterfragen.

Dabei stoßen wir zunächst auf die Tatsache, daß der naturwissenschaftliche methodische Ansatz keineswegs nur als methodischer Versuch („soweit wir eben kommen“) vollzogen wurde, sondern im Lauf der neuzeitlichen Wissenschafts- und Geistesgeschichte stets mit philosophischen Wirklichkeitsentwürfen verknüpft war, zunächst mit mehr religiös geprägten, dann zunehmend mehr mit deistischen, atheistischen oder religiös agnostischen, denen allen aber das grundlegende Interesse an der wissenschaftlich-rationalen Durchdringbarkeit des Universums oder die Beschränkung gültiger Realitätsbehauptungen auf das empirisch Erfäßbare und rational Verarbeitbare gemeinsam war. D. h. hier bestehen Zusammenhänge, von denen her jene Totalitätstendenz des methodischen Ansatzes bei der rationalen Zurückführung empirischer Gegebenheiten auf (ausschließlich wieder) andere empirische Gegebenheiten verständlich wird: es geht dabei um die umfassende Durchführbarkeit und Legitimation bestimmter Wirklichkeitsbilder und Wirklichkeitsverständnisse.

Damit aber sind wir aus dem fest umgrenzten naturwissenschaftlichen Rahmen herausgetreten in jenen alle menschliche Wissenschaft umflutenden Bereich der allgemeinen Begegnung des Menschen mit der ihn umgebenden Wirklichkeit, in jenen weiten allgemeinmenschlichen Rahmen, in dem sich unsere realitätsbezogenen Grundüberzeugungen und unsere („metaphysischen“) Wirklichkeitsbilder und -verständnisse aufbauen und miteinander in Kollision geraten und in dem darum auch die Grundlagen gelegt werden für die (wechselseitig in Anspruch genommene) Plausibilität und Stichhaltigkeit unserer diesbezüglichen Argumente; aus dem sich letztlich mittelbar oder unmittelbar auch alle unsere theoretischen Konzepte nähren und legitimieren.

Der Mensch versucht, sich ein Bild zu machen von der Wirklichkeit, in der er lebt, Zusammenhänge zu sehen und diese „berechenbar“ zu machen auch da, wo sich zunächst nur unverstandene Einzelphänomene zeigen oder „Teilzusammenhänge“, die ihn nicht befriedigen und die er in noch umfassendere Zusammenhänge eingliedern möchte. Er sucht im weiten Bereich seiner Erfahrungen und Einfälle nach Vorstellungen und Denkkrastern, mit denen ihm das gelingt.

Dieses Einheitsstreben des menschlichen Denkens, das mit möglichst wenigen „Prinzipien“ eine möglichst große Anzahl von Phänomenen zu „erklä-

ren“ versucht (im Grenzfall: mit einem Prinzip alle Phänomene – vgl. die griechische Frage nach der αρχη, dem Anfang, die Suche nach einer „Weltformel“ oder eben auch den umfassend ausgeweiteten Evolutionsgedanken), wird man, wie hinter allen unseren theoretischen Konzepten, so auch hinter dem Evolutionsgedanken sehen müssen. Von da her ist wohl auch zu verstehen, daß Evolutionstheoretiker sich keineswegs immer an die von BUSCH (S. 491f.) gezeigten strukturellen Grenzen der Evolutionstheorie halten, sondern sie immer wieder auch unmittelbar in Weltanschauung umsetzen.

In diesem Zusammenhang zeigt sich auch, daß die Stabilisierung einzelner theoretischer Konzepte immer wieder durch ihren Einklang mit Gesamtentwürfen der Wirklichkeitssicht zustande kommt, die der Gemeinschaft der Forscher entweder als Vorgabe vorschweben oder – dann in mehr zirkulärer wechselseitiger Begründung – zusammen mit den einzelnen Konzepten aufkommen und sozusagen wechselseitig mit diesen „einrasten“ und sich durchsetzen. So hatte die *Präformationstheorie* des 17. und 18. Jahrhunderts (die Lehre, daß bei der Ontogenese nur zur Entfaltung – im wörtlichen Sinn! – komme, was in der Samen- oder Eizelle schon – *en miniature* – vorgegeben ist, so daß letztlich in Adam und Eva schon alle künftigen Menschengenerationen als Individuen vorgebildet gewesen seien und daß anzunehmen sei, daß am Anfang von jeder Art Lebewesen genau ein Paar geschaffen worden sei, in dem alle künftigen Individuen dieser Art vorgebildet waren) ihre Durchsetzungs- und Beharrungskraft offenbar in dem Tatbestand, daß sie die Entstehung der Individuen unmittelbar in ein einheitliches Schöpfungskonzept einzufügen vermochte, während die später sich durchsetzende *Epigenesistheorie* (die die Ontogenese als Zuwachs und Aufbau von vorher im Keimling nicht unmittelbar vorgegebenen Eigenschaften verstand und damit eine notwendige Voraussetzung der späteren Evolutionstheorie war) mehr mit den naturwissenschaftlichen Forschungssattitüden und dem darin vorausgesetzten oder mitschwingenden Weltentwurf kohärent war.

So hängt also die Anerkennung und Geltung wissenschaftlicher Theorien stets mit von der Anerkennung und Geltung der Ganzheitsvorstellungen ab, auf die hin sie entworfen wurden (vgl. TH. S. KUHN'S Analysen zum „Paradigmenwechsel“: TH. S. KUHN: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen) – wie umgekehrt in einer wissenschaftlich bestimmten Welt die Anerkennung eines bestimmten Weltentwurfs davon abhängt, daß es Theorien gibt, die mit ihm kohärent sind und ihn so „stützen“.

Aus der Zirkularität dieses wechselseitigen Begründungsverhältnisses gibt es für unsere menschliche Wissenschaft wohl kein Entweichen – vielleicht ist dies eine moderne Form der Bindung unserer Wissenschaft an ein „Abso-

lutes“, d. h. nicht noch einmal Begründbares: Früher bildete es dogmatisch den Ausgangspunkt aller Wissenschaft, jetzt tritt es als ein letztes Begründungsdefizit auf. Hier zeigt sich, daß wir auch als Wissenschaftler nur Menschen sind, die nicht aus ihrer menschlichen Haut herauskönnen, sondern an ihren eigenen relativen Standort gebunden sind und nur auf den Grundlagen weiterdenken können, die auf ihrem bisherigen Lebensweg definiert wurden oder durch neue Begegnungen und Erfahrungen neu definiert werden.

9. In welchem Bezugsrahmen ist die Evolutionsfrage angemessen zu diskutieren?

Wenn unsere bisherigen Analysen zutreffen, so wird man antworten müssen: auf jeden Fall in einem mehrschichtigen Bezugsrahmen!

Wie wir gesehen haben, reicht die wissenschaftlich-empirische Ebene für sich genommen nicht aus, und die wissenschaftstheoretische Ebene verweist auf die Verflechtung der wissenschaftlichen Grundüberzeugungen mit dem umfassenden Zusammenhang menschlichen Lebens in der Wirklichkeit und menschlicher Wirklichkeitserfahrung schlechthin, auf die Bildung unserer Grundüberzeugungen im biographischen und geschichtlichen Prozeß.

Wir dürfen uns also nicht vor der Mühe und den Schwierigkeiten einer Diskussion und Klärungsarbeit auf dieser Ebene scheuen noch vor der angeblichen Schwammigkeit, Unklarheit und Unbestimmbarkeit von Aussagen in diesem Zusammenhang. Unsere im Leben zustande gekommenen Grundüberzeugungen, Erfahrungen und Erkenntnisse sind gefragt und müssen mit hinein in das Gespräch und in die Prüfung und Klärung der Frage, wie wir die Grundzusammenhänge der uns umgebenden Wirklichkeit zutreffend sehen. Dabei sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse und Argumentationen nicht beurlaubt, aber sie können unter dieser Fragestellung nicht in der Isolation ihrer reinen (Natur-)Wissenschaftlichkeit bleiben, sondern werden zwangsläufig in umfassendere Argumentationszusammenhänge eingewoben und damit in weitergreifende Beziehungen hineingestellt.

Die Grenze zwischen den Erkenntnissen und Gedanken, die uns im Leben zuwachsen, und unseren wissenschaftlichen Erkenntnissen und Gedanken ist keineswegs undurchlässig; darum sind auch wissenschaftliche Grundkonzepte wie der Evolutionsgedanke nicht in einem Elfenbeinturm abzuschirmen, sondern im weiteren Zusammenhang unserer lebensmäßigen Erkenntnisse zu diskutieren und auf ihre Grundlagen zu befragen.

Dabei sollte deutlich vor Augen stehen, daß die letzten Grundlagen wissenschaftlicher Erkenntnis durch Leben und Geschichte gesetzt sind (und nicht

umgekehrt). Das führt zum (auch wissenschaftlichen) Ernstnehmen der im Leben begründeten Überzeugungen und Erkenntnisse (meiner eigenen und derer von anderen). Andererseits wissen wir, daß auch die in unserem Leben gewachsenen Erkenntnisse nicht die letzte Wahrheit sind und der Korrektur und Ergänzung durch andere Erkenntnisse, wissenschaftliche und außerwissenschaftliche, bedürfen.

Zugleich hat unsere Untersuchung aber auch gezeigt, daß es unverzichtbar und wesentlich ist, die wissenschaftstheoretischen und die empirischen Fragen je in ihrem eigenen Zusammenhang und auf ihrer begrenzten Ebene ganz ernst zu nehmen und auch an problematischen und kritischen Stellen über Einwände und Ungereimtheiten nicht leichterdings hinwegzugehen.

Der angemessene Bezugsrahmen einer weiterführenden prüfenden Diskussion der Evolutionstheorie und ihrer Grundannahme in *pro* und *contra* und in Prüfung des tatsächlichen Erkenntnisstandes müßte also alle drei Ebenen erfassen und sie sinnvoll miteinander verknüpfen und aufeinander beziehen, ohne sie in unqualifizierter Weise durcheinanderzubringen und miteinander zu vermischen.

4.3 Zur Herausforderung durch das kybernetische Denken

Günter Ewald

Der Mensch als Geschöpf und kybernetische Maschine

1. Tragweite kybernetischen Denkens 515
2. Biblischer Schöpfungsglaube 517

„... der Mensch denkt nicht, es treibe ihn denn die Not. Erst wenn das Haus seines Väterglaubens in Brand steht und die Flammen alle Ausgänge versperren, wagt er jenen äußersten Sprung, jenen Sprung über alles Heiligste und Gewisseste hinaus und stürzt schaudernd ins Leere, taucht in die letzten Gründe und Abgründe hinab, um das Unergründliche nach einem Ruheort und Meeresgrund zu durchsuchen.“¹

Diese Sätze schrieb KARL HEIM im Jahre 1904, zu Beginn eines Jahrhunderts, dessen wissenschaftliche Entwicklung damals niemand vorhersehen konnte. Das physikalische Weltbild war ungehindert am Vorrücken: Der Darwinismus hatte im Bündnis mit dem Atheismus zum Angriff gegen ein biblisches Menschenverständnis geblasen. Nur zögernd fanden sich gläubige Christen bereit, die Herausforderung wissenschaftlichen Denkens wirklich anzunehmen und nicht mit einem Sich-Verstecken in jene Kellerräume zu beantworten, wo man von den Flammen nichts merkt, wo die Welt noch heil ist.

Was heißt das aber, die Herausforderung wissenschaftlichen Denkens wirklich anzunehmen? Für die einen ist es der Versuch, herkömmliche, etwa aus dem Wortlaut biblischer Texte abgeleitete Ansichten mit wissenschaftlichen Argumenten gegen die an Hochschulen gelehrte Wissenschaft zu verteidigen. Für die anderen – zu ihnen gehört auch KARL HEIM – ist es der Sprung in eine veränderte Welt hinein, getragen von der Gewißheit, daß ich dort von meinem Schöpfer selbst gehalten bin. Daß unsere Welt durch Wissenschaft, insbesondere durch Naturwissenschaft verändert wird, ist Versuchung und Chance zugleich: Versuchung, sich an einem dogmatisch erstarrten Wissenschaftsgerüst als letzter Weltweisheit festzuhalten; Chance, die Schöpfung tiefer zu durchdringen und neu zu erleben. Hinzu kommt in

¹ KARL HEIM: Das Weltbild der Zukunft. (1904), ND Wuppertal 1980

neuerer Zeit die Versuchung, mit naturwissenschaftlich gewonnenen Waffen die Welt zu vernichten, aber auch die Chance, technokratische Irrwege besser zu erkennen und umzukehren.

Wie Naturwissenschaft, wenn man sie konsequent kritisch betreibt, an ihre eigenen Grenzen führt, erfuhr HEIM ein Jahr nach Erscheinen seines Buches, als EINSTEIN die spezielle Relativitätstheorie herausbrachte. In den folgenden Jahrzehnten erlebte die Physik zugleich ungeahnte Höhepunkte und Krisen: Durch die HEISENBERGSche Quantentheorie und die SCHRÖDINGERSche Wellengleichung schien sich einerseits das Gesicht der Materie zu enthüllen, andererseits verbarg es sich noch mehr als zuvor, indem Materie die zuvor angenommenen Konturen verlor, sich in eine teilweise nur noch abstrakt mathematisch beschreibbare Struktur auflöste.

War die erste Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts die große Zeit der Physik, so ist das zweite Halbjahrhundert das der Biologie. Konnte man sich gegen einen aufkommenden Physikalismus noch damit wehren, daß man vom Bereich alles Lebendigen sagte „Dies ist nicht Sache der Physik“, so ist nun auch das Lebendige Gegenstand einer auf Physik und Chemie gegründeten Biologie geworden. Als WATSON und CRICK 1953 den Nobelpreis für ihre Entdeckung der DNS-Spirale erhielten, war ein neues Tor aufgestoßen, durch das Wissenschaftler in geradezu märchenhaftes Neuland vordringen konnten. Es folgten die großen Entdeckungen der Neurophysiologie: Das Gehirn schien mit Computern nicht nur in seiner Tätigkeit, sondern auch in seinem Bau vergleichbar zu sein.

Eine besondere geistesgeschichtliche Phase waren die sechziger Jahre: In merkwürdiger innerer Kultureinheit erlebten wir in der westlichen Industrielwelt den Aufstieg einer gigantischen Betonarchitektur, der Weltraumfahrt und der Spekulation auf Manipulierbarkeit des Menschen zwecks besserer Anpassung an die Erfordernisse der „modernen“ Welt. Aber das Jahrzehnt endete mit einem weltweiten Aufstand gegen Wohlstandsideologie, gegen Übertechnisierung und gegen Naturverseuchung ebenso wie mit einem großen Fragezeichen hinter einem Menschenbild, das allzu schnell sich vom Fortschritt der Kybernetik blenden ließ. Die siebziger Jahre erlebten Rückschlag, Resignation, aber auch langsames Vortasten in alternatives Lebens- und Weltverständnis. Vielleicht bringen die achtziger Jahre dieses zu einem echten Durchbruch. Vielleicht erleben wir auch Katastrophen ...

In dieser spannungsgeladenen Zeit taucht auch die alte Problematik „Evolution – Schöpfung“ wieder auf, nicht von der zentralen Stelle des Ringens um die Tragweite der Naturwissenschaft in die Diskussion geworfen, sondern vom althergebrachten amerikanischen Fundamentalismus: „Entweder du bist Evolutionist, oder du bist Kreationist.“ *Tertium non datur.*

Entweder man glaubt an DARWIN oder an Gott. So geht es seit einiger Zeit durch verschiedene christliche Presseorgane und Bücher.

In diesem Beitrag soll es freilich nicht um diese allgemeine Frage nach Schöpfung und Evolution gehen, vielmehr soll uns hier die weitergehende Frage des Verhältnisses von kybernetischem Menschenverständnis und biblischem Schöpfungsglauben beschäftigen.

1. Tragweite kybernetischen Denkens

Was ist das belebende Element der Natur? Ist es eine verborgene Kraft, die die Pflanzen im Frühjahr sprießen, aus Samen Keime treiben läßt? Sind Empfindung, Denken und Bewußtsein verstehbar mit den Mitteln naturgesetzlicher Beschreibung? Noch lange folgte man dem Biologen und Naturphilosophen DRIESCH, der 1909 als naturwissenschaftliche Hypothese eine „Lebenskraft“ annahm, die, nicht näher fixierbar, den Bau lebendiger Organismen ermöglicht. Aus den Hälften eines auseinandergeschnittenen Seeigelkeims macht sie jeweils einen ganzen Seeigel, sie ist „ganzmachend“, steuernd, ordnend, sozusagen der geistige Untergrund des Biologisch-Lebendigen. DRIESCH nannte sie in Anlehnung an ARISTOTELES „Entelechie“.

Heute weiß man, daß aus den Hälften des Seeigelkeims aufgrund des genetischen Codes im Desoxyribonukleinsäuremolekül (DNS) das Wachstum des ganzen Seeigels gesteuert wird. Jede Zelle trägt in ihrem Kern den vollen Bauplan und Fertigungsplan mit sich, nicht nur beim Seeigel, vielmehr in jeder Pflanze, in jedem Tier, auch im Menschen. Die „Bauanleitung“ ist nach dem Buchstabenprinzip aufgeschrieben, in einem Vier-Buchstaben-Alphabet. Würde man sie aus der menschlichen Zelle in Druckbuchstaben übersetzen, sie füllte eine Regalwand voller Bücher.

Man kennt schon teilweise den „Fertigungsprozeß“, in dem der aufgezeichnete Bauplan in das richtige Zusammenfügen von Aminosäuren übersetzt wird und damit zum Entstehen von Eiweiß und anderen organischen Stoffen führt. Eine grundlegende Hypothese bei der Erforschung des Organischen ist die einer möglichen Selbstorganisation, Selbststeuerung des lebendigen Wachstums von Organismen. Der „Steuermann“ (griech: *kybernetes*) steht nicht daneben, er ist an Bord, ein Roboter, „Lochstreifen“, die Software spiralförmig gewundener Riesenmoleküle. Die Biokybernetik ist der Frage gewidmet, inwiefern diese Hypothese belegt werden kann.

In extremer Zuspitzung drückt sich die Hypothese so aus: Setzt man Materieteilchen durch chemische Synthese richtig zusammen, dann läuft der Selbststeuerungsprozeß ab, die Pflanze wächst, das Lebewesen aus der Reorte entsteht.

Auf diese Weise ist das herkömmliche christliche Menschenverständnis weit stärker herausgefordert als durch DARWINS Entwicklungslehre. Ob Gott sich Milliarden Jahre Zeit zur Schöpfung ließ oder nicht, ob er dem Menschen die Peinlichkeit einer genealogischen Verwandtschaft mit Affen ersparen wollte oder nicht, diese Fragen erscheinen zweitrangig gegenüber dem Problem, was den Menschen zu einer „lebendigen Seele“ macht: ob er seine Gesetze in sich trägt, ob er ein biologischer Prometheus ist oder ob er in unmittelbarer Abhängigkeit von übernatürlichen Mächten lebt.

JAQUES MONOD, Nobelpreisträger auf dem Gebiet der Biokybernetik, vertritt in seinem Buch *Zufall und Notwendigkeit* die Ansicht, es bedürfe keinerlei über die Natur hinausgehender Erklärungen, um Natur zu verstehen. Den „Fetischismus“ religiöser Erklärungsversuche lehnt er ab – nicht in seiner Eigenschaft als Naturwissenschaftler, sondern weil er nichts von solchen Erklärungsversuchen hält (als kritischer Wissenschaftler weiß er dies zu unterscheiden).

Noch unmittelbarer betrifft den Menschen als geistiges Wesen die Entwicklung der Neurophysiologie, insbesondere der Gehirphysiologie. Zehn Milliarden Nervenzellen sind im menschlichen Gehirn zu einem Geflecht zusammengewoben; sie senden und verarbeiten Milliarden von Signalen. Wie die binären Signale im Computer folgen auch die Neurosignale dem „Alles-oder-nichts“-Gesetz, sie sind also wie Ziffern aufgeschlüsselt, wenn auch komplizierter und physikalisch anders ausgestaltet als in der datenverarbeitenden Maschine.

In beachtenswertem Kontrast zu MONOD beurteilt JOHN ECCLES, Nobelpreisträger auf dem Gebiet der Gehirphysiologie, die Tragweite der physiologischen Erforschbarkeit des Gehirns kritisch. Er sieht die Forschung auf eine Grenze stoßen, die in ihrer Bedeutung über die Unschärferelation in der Quantenphysik hinausgeht: Nach ECCLES kann man die Gesamtwirkungsweise des menschlichen Gehirns nicht ohne einen unmateriellen Faktor verstehen. Seine Hypothese eines materie-unabhängigen Bewußtseins ist eine naturwissenschaftliche, sie ist durch Beobachtungsergebnisse erhärtet. Dabei werden natürlich die bisherigen wissenschaftlichen Ergebnisse über das Gehirn nicht in Frage gestellt. Vielmehr sieht ECCLES die Notwendigkeit, die Fülle der Beobachtungen in einem nicht nur immanenten Deutungsmodell unterzubringen.

Aber auch ohne die ECCLESsche Hypothese stellt sich die Frage, wie weit Mensch und Lebewesen kybernetisch erforschbar sind. Man kann nicht deutlich genug darauf hinweisen, daß jede naturwissenschaftliche Beschreibung von Naturvorgängen diese immer aus einem Zusammenhang herausreißt. Schon die Formulierung von Begriffen hat den Charakter einer Isolierung, einer Negation oder, wenn man will, einer Zerstörung. Kybernetische

Modelle von Lebensvorgängen rücken diese Vorgänge in die Nähe technischer Objekte oder elektronischer Schaltprinzipien, pressen sie in Ursache-Wirkung-Schemata der Regelung und Organisation. Das Woher und Wohin des Lebens auf der Erde aufzuhellen und das menschliche Suchen nach dem Ganzen zu beantworten, vermag naturwissenschaftlich-kausale Beschreibung ebensowenig, wie die Schwingungsgleichungen von Saiten die Musik erklären können.

Dies darf nicht in falscher Weise umgekehrt werden: Wenn wir der biokybernetischen Betrachtung absprechen, ein adäquates Bild vom Menschen zu liefern, dann ist damit nichts gegen Biokybernetik gesagt. Man mag – in Zusammenfassung naturwissenschaftlicher Arbeitsweise – den Menschen als „kybernetische Maschine“ betrachten, wenn man einen modernen Begriff von datenverarbeitenden Maschinen anwendet. Dies sagt nichts Negatives über sein Geschöpfsein aus.

Eine Beziehung zwischen Biokybernetik und Evolutionstheorie besteht insofern, als man fragen kann: Wie sind die großartigen Regelungsmöglichkeiten und Schaltkreise zustande gekommen, wer hat das Vier-Buchstaben-Alphabet der DNS-Sprache erfunden? Dies sucht man mit einer Verfeinerung der DARWINSchen Lehre zu beschreiben: Durch äußere Einwirkung (z. B. Höhenstrahlung) kommt es dazu, daß einzelne Buchstaben aus dem „Text“ herausgeschlagen werden, also Mutationen stattfinden. Diese sind oft belanglos, manchmal jedoch führen sie zu neuen Möglichkeiten (Auslese). Auszuprobieren, gute Möglichkeiten auszusortieren, gehört zu den kybernetischen Prinzipien. Insofern wird Evolution selbst als kybernetischer Prozeß angesehen – mit allen Grenzen, die einer solchen Beschreibung gesetzt sind.

2. Biblischer Schöpfungsglaube

Man muß sich entscheiden, ob man biblische Texte, insbesondere 1.Mose 1 und 2, auf Biegen und Brechen als naturwissenschaftliche Lehre ansieht und, wie das der amerikanische Fundamentalismus tut, als der Evolutionslehre widersprechend erklärt, oder ob man Naturwissenschaft insgesamt kritisch bejaht und biblische Schöpfungslehre stets neu zu begreifen sucht. Im ersteren Fall erscheint mir konsequenter, was ich einmal im Gespräch mit Mitgliedern einer Sekte erfuhr. Als ich von der Vereinbarkeit von wissenschaftlicher Evolutionstheorie und Schöpfungsglauben sprach, meinten sie: Sie betrachten die Angelegenheit von der Wissenschaft her, wir halten uns nur an die biblischen Texte. Sie lächelten freundlich, keiner verteufelte den anderen. Anders ist es, wenn Nichtbiologen oder Biologen der zweiten Garnitur meinen, die Evolutionslehre mit „wissenschaftlichen“ Argumenten

vom Tisch fegen zu können, dabei aber ihrem Selbstanspruch nicht gewachsen sind.

Für einen Naturwissenschaftler in seiner Eigenschaft als Wissenschaftler ist die Evolutionstheorie genauso wie die Kybernetik und die Quantenphysik eine wissenschaftliche Hypothese. Diejenige gilt als „richtig“, die die meisten Meß- und Beobachtungsergebnisse sinnvoll einzubeziehen vermag. Kausalabläufe in der Natur in Widerspruch zur Gottesschöpfung zu setzen, ist nicht Angelegenheit naturwissenschaftlichen Denkens, vielmehr eine fragwürdige naturphilosophische Unternehmung. Dabei würde dem Naturgesetz eine Stellung eingeräumt, die nicht naturwissenschaftlich begründet ist: eine unabänderliche, innere „Seinsgegebenheit“ zu sein, die kein Schöpfer durchbrechen könnte.

Die Universalität biblischer Schöpfungslehre zeichnet sich aber gerade dadurch aus, daß sie natürliche, technische Vorgänge selbst in die Schöpfung einbezieht. Der biblische Schöpfergott richtet sich nicht gegen die Natur, etwa zugunsten eines geistigen Daseins. Vielmehr setzt er selbst die Natur, einschließlich ihrer Gesetze. Sonne und Mond sind Laternen, nicht Götter; Adam braucht einen menschlichen Partner. Daß in 1.Mose 1 die Aufeinanderfolge, in der die Lebewesen entstehen, sogar eine Ähnlichkeit mit der in der Evolution angenommenen Genealogie hat, ist eine schöne Entsprechung zwischen der auf die Natur hin gerichteten biblischen Schöpfungslehre und dem naturwissenschaftlichen Denken.

Daß durch die Biokybernetik der Begriff des Lebens neu verstanden wird, muß in dem allgemeinen Rahmen des Verhältnisses von Naturgesetz und Schöpfung gesehen werden: Alle Naturwissenschaften beruhen letztlich auf Physik. So ist es nur konsequent, wenn biologische Lebensvorgänge kybernetisch-kausal beschrieben werden. Damit ist so wenig über die Bedeutung biologischen Lebens ausgesagt, wie ein Erdbeben, das ein Zugunglück hervorruft, eine generelle Erklärung für Leben oder Tod von Zuginsassen ist. Es ist legitim, daß wir möglichst viele Kausalfaktoren erkennen, Zusammenhänge in Naturvorgänge hineinbringen. Aber das Geheimnis dessen, was sich in der Natur abspielt, ist damit nicht gelüftet. Der biologische Begriff „Leben“ betrifft nur einen, eben den biologischen Aspekt dessen, was wir umfassend als „lebendig“ bezeichnen. Wenn ich aufgrund von unverarbeitung seelischen Erlebnissen organische Beschwerden bekomme, dann sagen mir die entsprechenden biochemischen Vorgänge im Körper nichts über die Gründe und Lösungsmöglichkeiten der psychischen Konflikte. So deutet der naturwissenschaftlich-kybernetische Begriff von Leben nicht Leben oder gar Geschichte schlechthin.

Das interessanteste Geheimnis bleibt dabei das menschliche Bewußtsein. Sprach man in den sechziger Jahren schon vom „Bewußtsein der Maschi-

nen“, so ist man heutzutage vorsichtiger mit der Übertragung von Eigenschaften des Menschen auf Geräte. Zwar mag man auch hier die extreme These aufstellen: Angenommen, es gelänge, die „kybernetische Maschine Mensch“ Zelle für Zelle so zusammensetzen, daß sie sich physikalisch-chemisch von einem herkömmlichen Menschen in nichts unterscheidet, dann wäre dies ein vollwertiger, als Geschöpf und Gegenüber Gottes anzusehender Mensch, ausgestattet mit Bewußtsein und Willen wie jeder andere Mensch auch. Warum sollte man dem Retortenmenschen sein Menschsein eher absprechen als dem unter menschenunwürdigen Umständen geborenen und aufgewachsenen Menschen? Eine andere Frage ist, ob man die Herstellung von Retortenmenschen, wenn sie möglich wäre, zulassen sollte – wie man auch menschenunwürdige Lebensbedingungen abschaffen sollte. Aber grundsätzlich würde die synthetische Herstellung eines Menschen nichts darüber aussagen, was sich zwischen ihm und dem Schöpfer abspielt. Folgt man der ECCLESschen Hypothese, dann ist das biblische „im Geiste sein“ des Menschen weit umfassender zu verstehen, als unsere aufgeklärte naturwissenschaftliche Vernunft anzunehmen geneigt ist. Wie sich die Zuwendung Gottes zum Menschen und die Gotteserkenntnis des Menschen vollziehen, wissen wir nicht. Wir wissen nur, daß wir den Schleier über dem Schöpfungsgeheimnis wissenschaftlich auch nicht ansatzweise gelüftet haben.

So mag es ein schwindelndes Abenteuer sein, vom Menschen modellhaft als einer kybernetischen Maschine zu reden, ein „äußerster Sprung“, um noch einmal mit KARL HEIM zu sprechen. Aber es ist kein Sprung in einen bodenlosen Abgrund, sondern Beiwerk eines biblischen Schöpfungsglaubens, der die Herausforderung der Naturwissenschaft annimmt und zu einem vertieften Verständnis von Schöpfung gelangt.

4.4 Zur Frage nach einem ganzheitlichen Zeit- und Wirklichkeitsverständnis

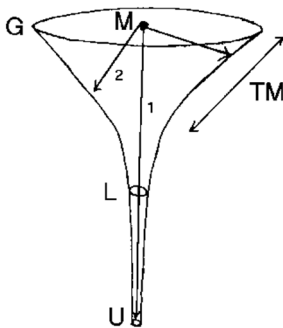
A. M. Klaus Müller

Schöpfung auf dem Weg durch die Zeit*

1. Das Trichtermodell	521
2. Ewige Naturgesetze?	522
3. Probleme naturwissenschaftlicher Zeitbegriffe	523
4. Beschreibung eines Zeitgefüges	524
4.1 Die Zeiten der objektivierbaren Erfahrung	524
4.2 Die übrigen Aspekte des Zeitgefüges	525
5. Anwendung der Zeitmatrix im Trichtermodell	527

1. Das Trichtermodell

Die Evolution des Kosmos läßt sich in der Form eines Trichters darstellen. Er symbolisiert die Möglichkeiten im Kosmos, die Menge der Erscheinungen auf dem Wege der Evolution. Mit dem Beginn des Lebens (L) hat die Anzahl der Erscheinungen, die jeweils zur Gegenwart (G) gehören, erheblich zugenommen.



G	Gegenwart
M	Mensch, der in der Gegenwart lebt
TM	Tier-Mensch-Übergangsfeld
L	Beginn des Lebens
U	Urknall
→	Blickrichtungen des gegenwärtig lebenden Menschen in die Vergangenheit (1, 2 ...)

Abb. 1: Trichtermodell der Evolution

* Tonbandnachschrift (von EDITH GUTSCHE) eines Referates, gehalten bei der Fachtagung der SMD-Fachgruppe Naturwissenschaftler am 25.11.1977.

Vgl. auch A. M. K. Müller: Wende der Wahrnehmung. München 1978, S. 100ff; 176ff.

Wir stehen im oberen, erweiterten Teil des Trichters und machen uns Weltbilder, versuchen die Vergangenheit zu verstehen. Von M aus kann man in unterschiedliche Richtungen zurückschauen. Es gibt eine Richtung, bei der man bis zum etwa zehn bis zwanzig Milliarden Jahre zurückliegenden Anfang (Urknall) zurücksehen kann (Richtung 1). Dies ist die durch das Begriffssystem der Physik (hier: Astrophysik) ermöglichte Projektion in die Vergangenheit. Durch die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit erreicht uns noch heute eine Reststrahlung aus den ersten physikalischen Minuten nach dem Urknall.

Verläßt man bei der Rückschau das Begriffssystem der Physik, macht man zum Beispiel eine Projektion in Richtung 2, so gelangt man nicht mehr bis in den unteren Teil des Trichters. Eine Theorie beispielsweise, die mit dem Begriff *Gesellschaft* arbeitet, enthält andere Aspekte als die Physik, sie kann aber nicht so weit zurückgreifen wie die Physik, weil die zugehörige Projektion den Rand des Trichters schon im Tier-Mensch-Übergangsfeld trifft. Der Begriff *Gesellschaft* setzt die Existenz des Menschen voraus. Im erweiterten Teil des Trichters sind noch viele weitere Projektionen möglich, zum Beispiel mit Hilfe von Begriffssystemen aus der Kunst oder Politik. Auch wenn diese Projektionen nicht so weit zurückgreifen wie die Physik, sind sie zum Erfassen der ganzen Palette von Wirklichkeit notwendig, da die Physik nicht alle Aspekte erfaßt.

Der Kegel symbolisiert die Möglichkeiten auf dem Wege der Evolution. Oben ist er stark erweitert, ein Zeichen für das Anwachsen der Möglichkeiten, deren ganze Fülle wahrgenommen werden muß. Die Projektion der Physik (Richtung 1) besticht durch ihre innere Konsistenz und Logik, ihre Möglichkeiten, bis zur fernsten Vergangenheit gleichsam auf einem Faden die Entwicklungsstufen aufzureihen. Mag hierdurch im unteren Teil des Trichters der Kosmos noch befriedigend dargestellt sein, so ist damit im oberen Teil des Trichters die Bewegungsfreiheit erheblich eingeschränkt, man hat die Freiheit eingebüßt, „quer“ zu denken.

Nur in einer Richtung zu denken, die Orientierung in andere Richtungen nicht zuzulassen, beispielsweise die gesellschaftlichen Aspekte nicht mit in die Naturwissenschaften einzubinden, das ist heute Entfremdung.

2. Ewige Naturgesetze?

Wir behaupten die Ewigkeit der Naturgesetze. Naturgesetze sind uns nur zugänglich in der Form einer Stenographie des Menschen von seinem Wissen über Natur. Damit stellt sich die Frage, ob die Physik nicht neben der physikalischen Zeit auch die Perspektive von heute lebenden Menschen enthält, ob nicht der Bewußtseinsraum und die Materiestruktur, in der Physik möglich wurde, mit der Evolution erst entfaltet wurde, so daß die

Physik in jedem Schnitt durch den Trichter anders ausgesehen haben müßte und unten immer mehr zusammenschrumpft. Eine in jeder Epoche anders aussehende Physik haben wir nicht. Die Frage bleibt offen, ob es sie geben könnte.

3. Probleme naturwissenschaftlicher Zeitbegriffe

Eine Aussage A hängt im allgemeinen von zwei Zeiten ab, der physikalischen Zeit t , die mit physikalischen Methoden, zum Beispiel einer Uhr, meßbar ist, und der jeweiligen geschichtlichen Situation, in der die Aussage gemacht wird, t_G . Man schreibt etwa $A = A(t, t_G)$. Berücksichtigt man t_G , so muß beispielsweise die physikalische Aussage „Vor 20 Milliarden Jahren war der Urknall“ durch die folgende Aussage nachträglich relativiert werden: „Wir messen im Begriffssystem der heutigen Physik.“ Damit ist die Vergangenheit nicht mehr nur an einem Zeitfaden aufgefädelt, die Unabhängigkeit der Beschreibung vom Beobachter gerät ins Wanken.

Soll der Prozeß *Schöpfung* beschrieben werden, so ist ein Zeitverständnis nötig, das weit über die Physik hinausgeht. Die ökologischen Probleme unserer Zeit zeigen, daß Natur im Begriffssystem der GALILEISCHEN Physik nicht ausreichend wahrgenommen wird.

Zeit können wir nicht anhalten, sie ist gekennzeichnet durch die Dynamik von drei Zeitmodi, dem Hintereinanderspiel von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Unsere heutige Gegenwart ist morgen Vergangenheit, und unsere heutige Zukunft ist morgen Gegenwart. In diesem Sinne ändert sich alles, da es morgen älter geworden ist.

Die galileischen Begriffe dürfen jedoch heute wie gestern benutzt werden, sie müssen morgen nicht neu interpretiert werden. Soll Wahrnehmung aber zureichend beschrieben werden, so muß die Dynamik der Zeit auch im physikalischen Begriffssystem, das zur Beschreibung von Wahrnehmung benutzt wird, enthalten sein. Das ist bisher nicht erreicht. Die Stärke der Mathematik besteht gerade in ihrer Zeitunabhängigkeit. Aber erst eine Physik, die nicht mehr in erster Linie durch zeitunabhängige Begriffe dargestellt wird, würde eine Physik auf der Basis des Lebens sein. Wieviel mehr gilt das für die Biologie!

Die GALILEISCHE Physik reduziert die drei Zeitmodi Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft durch einen „Trick“ auf eine einzige Zeitkoordinate. Zeitliche Vorgänge – in mathematischen Zuordnungen abgebildet – werden durch auf Papier gezeichnete Kurven eingefangen. Das zeitliche Nacheinander wird in ein örtliches Nebeneinander transformiert. Dort ist es heute wie morgen unverändert einzusehen. Im Papier der Bahnkurven ist die Zeit der Physik eingefroren; Vergangenheit (V), Gegenwart (G) und

Zukunft (Z) sind hierdurch ihrem Wesen nach gleich geworden: $V = G = Z$. Zur Beschreibung reicht ein Zeitmodus, die Gegenwart.

In der statistischen Physik kommt die Zeit weniger verkürzt ins Spiel. Im allgemeinen lassen sich dort Kurven in der oben beschriebenen Art nicht mehr zeichnen. Die Anschaulichkeit ist zerstört. Vorhersagen sind mit Wahrscheinlichkeiten versehen, die Zeit bekommt eine Richtung. Auch dieser Zeitbegriff erweist sich noch als verkürzt.

4. Beschreibung eines Zeitgefüges

Wir erleben die Zeit als etwas, von dem wir unentrinnbar ergriffen sind, das uns auf einen Lauf nach vorn mitnimmt, ob wir wollen oder nicht; wie HENRI BERGSON sagt: als „ein[en] Strom, den man nicht zurückschwimmen kann“. Im Raum können wir innehalten, in der Zeit nicht. Die Gegenwart ist die Dauer der sich bewegenden Zeit selbst; die Zukunft das, wohin die Zeit drängt, das, was einmal Gegenwart werden wird; die Vergangenheit ist das, wohin wir nicht zurückschwimmen können, was einmal Gegenwart gewesen ist. In dieser Dreiheit nehmen wir das Gefüge der lebendig wirkenden Zeit wahr. Alles in der Zeit lebt von dieser Dreiheit und also auch die Zeit selbst, sofern wir sie der Betrachtung unterwerfen.

Soll Wirklichkeit zureichend beschrieben werden, so müssen die Zeitmodi Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft ebenfalls der Zeit unterworfen werden. Man erhält eine Zeitmatrix:

WV	VG	VZ
GV	GG	GZ
ZV	ZG	ZZ

Abb. 2:
Zeitmatrix / Zeitgefüge

Es ist nachzuprüfen, ob sich die Fülle der Erfahrungen in einem solchen Zeitgefüge besser unterbringen läßt als in den drei Zeitmodi der objektivierbaren Erfahrung (Physik).

4.1 Die Zeiten der objektivierbaren Erfahrung

Wie wir gesehen haben, benötigt die klassische Physik nur die Gegenwart. Der LAPLACESche Dämon kann aus einem einzigen Gegenwartsmoment die ganze Welt nach rückwärts und vorwärts berechnen. In der modernen Physik ist über die Wahrscheinlichkeitsaussagen das Moment der Offenheit enthalten, in ihrem Begriffssystem erscheint daher eine echte Vergangenheit

und eine echte Zukunft. Die zugehörigen drei Zeitmodi sind in der Matrix unter den Bezeichnungen *Gegenwart der Vergangenheit* (GV), *Gegenwart der Gegenwart* (GG) und *Gegenwart der Zukunft* (GZ) zu finden (2. Zeile).

Alle physikalischen Aussagen sind an die jeweilige Gegenwart eines Experiments geknüpft. Das Experiment benutzt Wissen und Material aus der Vergangenheit, die in der Gegenwart vorhanden sind. Das ist die Gegenwart der Vergangenheit (GV). Aufgrund des Experiments sind Wahrscheinlichkeitsaussagen über die Zukunft möglich. Diese Aussagen sind dasjenige an der Zukunft, was in der Gegenwart mit Hilfe des Experiments vorhanden ist. Jedoch ist damit nicht die ganze Zukunft vorausgesagt. Sage ich beispielsweise aufgrund der herrschenden Wetterlage „Wahrscheinlich wird es morgen regnen“, so ist immer noch offen, was morgen wirklich eintritt. *Wahrscheinlichkeit* ist dasjenige von der Zukunft, was in der Gegenwart kraft der experimentellen Anordnung meiner Wahrnehmung, kraft der Gegenwart schon festliegt, also die Gegenwart der Zukunft (GZ). Die experimentelle Anordnung selber ist in der Gegenwart gegenwärtig (GG).

4.2 Die übrigen Aspekte des Zeitgefüges

Menschliches Leben verwirklicht sich in der Polarität von Handeln und Betroffensein. Reflexion und Handeln – den Zeitmodi GV, GG und GZ zugeordnet – ist durch Objektivierung abgeblendete Erfahrung der vollen Wirklichkeit. Betroffenheit bezieht sich auf die Aspekte der vollen Wirklichkeit, die „objektiv“ nicht auszumachen sind, nicht den Charakter einer objektivierbaren Struktur haben, nicht verfügbar sind wie beispielsweise ein schöpferischer „Einfall“ oder das Widerfahrnis von Vertrauen.

VV Die Vergangenheit der Vergangenheit (VV) ist dasjenige an der Vergangenheit, was zwar als Gegenwart einmal erschienen war, dann aber so vergangen ist, daß es in der Gegenwart nicht mehr aufzufinden ist. So etwas kommt in den Begriffen der Physik nicht vor, da die Physik davon ausgeht, daß alle Phänomene, die sie kennt, in ihren Begriffen auffindbar, in dem durch die Mathematik strukturierten Begriffsgebäude dauernd gegenwärtig sind. Was aus der Vergangenheit nicht in die Gegenwart kommt, ist für unser Denken strenggenommen nicht erreichbar. Es muß aber einen Sinn haben, von der Vergangenheit der Vergangenheit zu reden, denn was als Gegenwart einmal erschienen war, läßt sich bekanntlich nicht mehr voll in die spätere Gegenwart zurückholen (vgl. ZV).

ZZ Entsprechend ist die Zukunft der Zukunft (ZZ) dasjenige an der Zukunft, was erst in der Zukunft eintreten wird, etwas, was zu dem, was wir über die Zukunft wissen, noch hinzukommt, was wir nicht wissen können. In ihr wird das erscheinen, was über alle aus der Vergangenheit

und Gegenwart vorfindlichen Randbedingungen hinausgeht, was jenseits des heute absehbar Möglichen an neuer Wahrnehmung auf uns wartet. Hier ist Raum für das wirklich zukünftige Handeln Gottes.

ZV Dasjenige an der Vergangenheit, was erst in der Zukunft erscheinen wird, ist die Zukunft der Vergangenheit (ZV), den Historikern bekannt als *hermeneutisches Prinzip*: In der Zukunft interpretieren wir die Vergangenheit anders als heute. Die Vergangenheit, so wie sie einmal als Gegenwart erschienen war, ist uns prinzipiell nur noch in einer offenen Kette sich wechselseitig herausfordernder Deutungen zugänglich. Neben dem Faktischen, das unverändert bis in die Gegenwart hineinreicht, bleibt die Vergangenheit unerreichbar, nicht abschließbar, offen für neue Deutungen.

VZ Die Vergangenheit der Zukunft (VZ) ist dasjenige an der Zukunft, was schon in der Vergangenheit erschienen ist. Es ist eine Zukunft, die aus dem Feld der Deutung, gleichsam von hinten zu uns kommt. Die Vergangenheit der Zukunft ist jedoch keine historische Vergangenheit, es gab also keine Gegenwart, in der die Vergangenheit der Zukunft für Menschen erschienen war. Dieser Vorlauf der Zukunft in der Vergangenheit kann nur in der leibhaftigen Existenz gelebten Lebens bezeugt werden. Solche Erfahrung gibt es wohl nur im Bereich des Glaubens, etwa in den Sätzen BLAISE PASCALS: „Oft spreche ich zu dir und tröste dich“, sagt die göttliche Stimme [...]. „Du würdest mich nicht suchen, wenn du mich nicht besähest. Sorge dich also nicht.“² Hier wird die Vergangenheit der Zukunft als Gottes vorausseilendes Handeln erfahren, das erst später in Erscheinung tritt.

Die Zeitverschränkungen ZZ, VV, ZV und VZ passen nicht in das objektivierbare Naturverständnis der Physik. Real erfaßbar werden diese Aspekte des Zeitgefüges jedoch innerhalb der biblischen Wirklichkeits-erfahrung.

In der zweiten Spalte der Zeitmatrix wird die Gegenwart in drei Verschränkungen unterteilt, VG, GG und ZG.

VG Die Vergangenheit der Gegenwart ist dasjenige an der Gegenwart, was schon in der Vergangenheit geschehen ist.

GG Die Gegenwart der Gegenwart ist das, was im Augenblick geschieht.

ZG Die Zukunft der Gegenwart ist entsprechend dasjenige an der Gegenwart, was erst in der Zukunft passiert.

² Vgl. z. B. TH. SPOERRI: Pascals Hintergedanken. Hamburg 1958, S. 45.

Es gibt die Erfahrung eines Spannungsbogens um das Gegenwärtige herum, in der die Differenz von Vergangenheit und Zukunft eine Rolle spielt. In der Musik beispielsweise hört man einen Ton nicht isoliert, sondern in der Spannung zu dem, was vorher war und was nachher kommen wird. Die Gegenwart wird von verschiedenen Zeiten umspielt, PICHT redet vom „Tanz der Zeitmodi“ in der Kunst.

Streng genommen darf die aufgeschriebene, auf dem Papier konservierte Matrix nur als Gleichnis angesehen werden. Durch das Aufschreiben und die Reflexion haben wir uns die genannten Beziehungen vergegenwärtigt. Ebenso ist das Aufschreiben einer Theologie eine Vergegenwärtigung, die klar von ihrem Gegenstand, z. B. dem Glauben, unterschieden werden muß.

5. Anwendung der Zeitmatrix im Trichtermodell

Im engen Teil des Trichters (Abb. 1) reichen die drei physikalisch faßbaren Zeitmodi, Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft (V, G, Z) zur Beschreibung der Vergangeheit weitgehend aus. Im Tier-Mensch-Übergangsfeld jedoch wird eine Zweizeitigkeit (Zeitmatrix) durch das Hinzukommen von Bewußtsein notwendig. Die frühen Tiere kannten noch keine Diskrepanz zwischen ihrem tatsächlichen Leben und ihrem Bewußtsein, ihrem Leben und der Tradition.

Evolutionstheorien, die versucht haben, die Entwicklung in einem einlinigen Weltbild darzustellen, müssen notwendigerweise deshalb falsch sein, weil sie das Auseinandertreten der Dimensionen unserer Zeitstruktur, den Übergang zur Zweizeitigkeit, nicht mitbedacht haben. Die Evolution darf nicht mechanistisch verstanden werden, Evolution beinhaltet vielmehr die Evolution der Zeitmodi. Das Tier-Mensch-Übergangsfeld ist der Schritt in die neuen Zeitverschränkungen hinein, der Schritt in eine wachsende Vielfalt, samt der Ermöglichung von Glauben.

Die vormenschliche Evolution ist durch Einzeitigkeit gekennzeichnet, nämlich durch die Dreiheit Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft (V, G, Z). Nun erlaubt V, G, Z eine eindeutige Zuordnung zu den Zeitmodi GV, GG, GZ aus der Zeitmatrix, in denen dasjenige von der Wirklichkeit, in der wir Menschen leben, ausgedrückt werden kann, was objektivierbar ist. Durch diese Zuordnung (V, G, Z → GV, GG, GZ) können wir eine Abbildung der vor dem Menschen geschehenen Evolution durch Bio-Logie, d. h. durch den Horizont der Physik vermittelt, erhalten. Aber der Preis dieser Abbildung ist Ablendung, weil wir in einer reicheren Zeit leben als zumindest diejenigen Lebewesen, die als Spezies relativ lange vor der Schwelle der neuen Wahrnehmungsstufe entstanden sind.

Der Schritt in das Tier-Mensch-Übergangsfeld hinein ist nicht gleichsam das Aufblühen einer Blume, eine Art Mechanismus, sondern wird ermöglicht durch ein ständiges Einströmen von etwas, das von außen kommt, aus dem Potential von Gottes Schaffen. Der Trichter ist eingebettet in Gottes Handeln, symbolisiert durch die eingezeichneten Pfeile (Abb. 3).

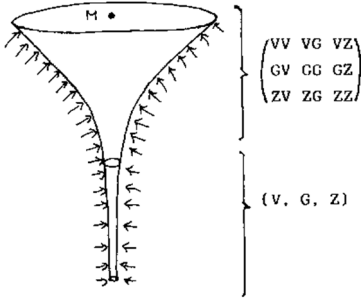


Abb. 3:

Trichter-Modell der Evolution: Verdeutlichung von Gottes Schöpferhandeln

Die Schöpfung weitet sich aus. Evolution und Schöpfung sind nichts voneinander Verschiedenes mehr, da die Offenheit der Schöpfung in diesem

Modell von Anfang an in der Form enthalten ist, daß die Erweiterung der Zeitdimensionen auf Gottes Schöpferhandeln beruht.

War es für die einfachen Lebewesen im engen Bereich des Trichters noch eine „Tugend“, ausschließlich entsprechend der Physik zu leben, so ist das für Menschen im oberen Teil des Trichters falsch. Sie müssen, im Modell gesprochen, Querwege beschreiten. Das erfordert jedoch Mut, denn das Beschreiten von Querwegen ist ein Unternehmen in unbekanntes Land hinein, man weiß nicht, wo die Querwege hinführen. Die Gefahr ist groß, daß wir uns nur auf die etablierten Wissenschaften stützen, in ihnen gefangen bleiben und uns damit auf bestimmte, bald nicht mehr ausreichende Richtungen festlegen. Das Beschreiten von Querwegen wäre jedoch gerade das Durchbrechen unserer Entfremdung. Es erfordert Mut und so etwas wie ein dazu Herausgerufensein, wie es entsprechend im Bereich des Glaubens erfahren wird. Deshalb scheint mir der Glaube eine Bedingung für ein Weiterleben in dieser sich öffnenden Schöpfung zu sein.

Wir müssen heute neue Richtungen mit den etablierten Wissenschaften integrieren. Dies ist wohl nur dadurch möglich, daß Lernprozeß und Lebensprozeß dauernd parallel geführt werden. Nicht nur sezierendes Mikroskopieren, distantes Lehrbuchwissen, sondern auch verstehende Teilhabe, ein Mitleben mit den Tieren und Pflanzen sind für eine bessere Wissenschaft erforderlich. Wir brauchen ein neues Plateau der Wahrnehmung, ein neues Plateau der Naturwissenschaft, das auch die Reflexion darüber ermöglicht, welche Folgen ein Weitermachen wie bisher hat.

Teil 5

Buchbesprechungen

5. Buchbesprechungen

CARSTEN BRESCH: *Zwischenstufe Leben. Evolution ohne Ziel?*
München, Zürich: Piper 1977. 316 Seiten.

C. BRESCH, ein bekannter Erbgenetiker (Professor an der Universität Freiburg), versucht in diesem Buch in eingängigem Stil eine evolutionäre Sicht der gesamten Wirklichkeit vom Urknall bis zur Vollendung des Kosmos durch Kontakte verschiedener Planeten untereinander zu entwerfen. Es hat etwas Faszinierendes, nachzuvollziehen, wie er die Entwicklung von den kleinsten Elementarteilchen an aufwärts durchsichtig beschreibt als ständig fortschreitende Höherentwicklung, bei der das jeweilige Untersystem integriert wird in das nächsthöhere. Selbst die Entstehung des Menschen, der Sprache, des Geistes versucht er in dieser Linie zu erklären. Nahezu automatisch drängt sich dann der Gedanke auf, daß die Evolution im Menschen noch nicht zu ihrem Ziel gekommen ist, sondern weiter fortschreitet.

BRESCH definiert drei Phasen der Evolution: die materielle, die biologische und die intellektuelle. Danach entspräche die momentane Weltsituation dem Übergang von der biologischen zur intellektuellen Phase. „Der Mensch hat aufgehört, sich seiner Umwelt anzupassen, er hat stattdessen begonnen, die Umwelt seinen Wünschen anzupassen“ (S. 229). BRESCH gesteht zu, daß an dieser entscheidenden Wende die Menschheit sowohl die Möglichkeit der Selbsterstörung wie auch der Höherentwicklung zu einem Großmuster „Monon“ hat.

Da es im Verlauf der Evolution schon einmal einen tiefgreifenden Umlernprozeß gegeben habe (beim Übergang vom Einzeller zum Vielzeller), hofft BRESCH, daß die Menschheit auch jetzt den Weg zur Höherentwicklung findet. Aggression und Egoismus wären dann zu überwinden durch Einsicht in die höheren Ziele der Evolution. Ein solches, durch intellektuelle Anstrengungen erreichtes Großmuster „Monon“ würde schließlich Kontakt aufnehmen können zu Monons anderer Planeten, und deren Integration würde zu einer kosmischen Harmonie führen, die höchste Vollendung darstellt. Der Mensch wird den Sinn seines Lebens darin finden, eingebettet zu sein als Teil in ein höheres Ganzes. Seine religiösen Gefühle sollen in der Verehrung der Evolution selbst ihr Gegenüber finden, in dem Staunen vor dem Wunderwerk Evolution.

Das eigentliche Anliegen dieses Buches wird im Prolog deutlich: „Dies ist ein wissenschaftliches Buch – geschrieben für Nichtwissenschaftler. Vielleicht ist es am Ende auch ein religiöses Buch für den religiös Fragenden“ (Vorwort). „Dieses Buch soll helfen, aus *Wissenschaft* den Sinn unseres Da-

seins zurückzugewinnen, der scheinbar durch Wissenschaft verloren wurde. Dieses Buch soll zeigen, daß die *Gesamtheit* unseres Wissens einen ganz anderen Ausblick öffnet – daß Naturerkenntnis und Sinnfrage keine Gegensätze sind“ (Prolog, S. 21).

Es geht BRESCH darum, dem durch Wissenschaft aufgeklärten Menschen, der jegliche Hoffnung auf einen Sinn und ein Ziel seines Lebens verloren hat, eine Perspektive zu eröffnen, wie er aus einem Zustand herauskommen kann, den er wie folgt beschreibt: „Der Mensch hat sich aus der göttlichen Ordnung des mittelalterlichen Stufenkosmos, aus dem Gefühl seelischer Geborgenheit ‚herausexperimentiert‘. Wissenschaft hat geistige Schranken überwunden, aber hinter den Schranken warteten Leere und Sinnlosigkeit. Er, der Aufgeklärte, der logisch-kausal denkt, für den es keine Wunder mehr gibt, spürt Verlassenheit“ (Prolog, S. 21). Gegen diese Verlassenheit setzt der Autor seinen Entwurf, seine evolutionäre Gesamtschau der Wirklichkeit.

Den Hauptteil des Buches nimmt diese wissenschaftliche Beschreibung des Evolutionsprozesses, soweit er bis heute erforscht ist, ein. Daraus wird die zukünftig zu erwartende Weiterentwicklung hin zur kosmischen Superintegration gefolgert, die als unabdingbare Folge der materiellen Ausgangsbedingungen unserer Sphäre angesehen wird. Diese Zwangsläufigkeit und Zielgerichtetheit der Evolution stellt die Kernaussage des BRESCHSchen Entwurfs dar. Sie bietet dem Menschen, der einen metaphysischen Bezugspunkt verloren hat, eine neue Orientierungsmöglichkeit an. Die Reichweite eines solchen neuen Weltbildes wird im Epilog sehr plastisch. Der beginnt bildhaft: „Der Würfel des Universums hat eine Sechs. Evolution ist möglich. Materie hat Eigenschaften, die zur Bildung von Galaxien und Sonnensystemen führen – zur Entstehung des Lebens und des Gehirns“ (S. 296). „Das Nicht-mehr-Begreifliche steht am Anfang – steht hinter allem Geschehen – ALPHA IST DER GRUND, der Grund aller Entwicklung. Mehr Worte machen es nicht klarer. Wer das Wunder des Ursprungs erfährt, spürt Geborgenheit, weiß sich aufgehoben im Wachstum der Muster. Eine innere Spannung löst sich – die Spannung zwischen Wissen und religiöser Erwartung, die nebeneinander, aber nicht miteinander waren. Menschliche Existenz gewinnt Sinn durch Richtung – die Richtung der Evolution. *Sinnvoll* ist jedes Tun, das *mit* der Entwicklung ist, das Muster wachsen läßt und neue Bindungen schafft. Sinnvoll ist jedes Bestreben, auf Bewährtes bauend, ständig Neues zu erproben. Sinnvoll ist jedes Bemühen um Vermehrung von Information, um Verbreitung von Wissen, um Vertiefung von Gefühl. Sinnvoll ist jedes Ringen um aktive Toleranz, um allseitiges Vertrauen, um die Überwindung von Angst und Gewalt. Die Zukunft der so kindhaft hilflosen Menschheit ist in unsere Hände gelegt. Wir müssen ihr helfen, sehen zu lernen. DAS IST DER AUFTRAG“ (S. 296f).

Beim Lesen dieser Sätze wird offenbar, daß dieses Buch nicht erst „am Ende“ ein religiöses Buch ist, sondern von Anfang an, d.h. seine zentrale Intention ist es, eine religiöse Antwort zu geben auf die zentralen Fragen einer von Forschung und Wissenschaft geprägten Zeit. Kritische Anfragen an diese „Antwort“ sind aus zwei verschiedenen Blickwinkeln heraus zu stellen:

- Zum ersten erhebt BRESCH den Anspruch, daß die Entwicklung des Evolutionsprozesses rein wissenschaftlich, d. h. in seinem Sinne naturwissenschaftlich erklärbar ist. Dazu steht im Gegensatz, daß er zur Beschreibung entscheidender Übergänge von einer Entwicklungsstufe zur nächsten Begriffe wählt, die keine exakten naturwissenschaftlichen Aussagen machen. Da heißt es zum Beispiel: „Die Zellen lernten“. Auch der Ausdruck „das wundersame Phänomen der Selbstreplikation“ (S. 287) weist auf eine Erkenntnisgrenze hin. Die entscheidenden Übergänge im Evolutionsprozeß können eben nicht zureichend naturwissenschaftlich beschrieben werden.
- Zum zweiten stellt die im Epilog entfaltete evolutive Sicht der sozialen, psychischen, geistigen und sonstigen Zusammenhänge der Welt eine verkürzte Wirklichkeitssicht dar. Diese wird nun zur Wahrheit und zum Gegenstand der Verehrung erhoben, sie verheißt Antwort auf alle Grundfragen des Menschen nach absoluter Erkenntnis, Harmonie und Vollkommenheit. Der Epilog endet in eschatologischen Klängen: „Alles Harmonische wird gleichzeitig sein, ewig aufgehoben im Alles Umfassenden. OMEGA IST DAS ZIEL“ (S. 299).

Nach der biblischen Anthropologie ist es dem Menschen von sich aus nicht möglich, letzte Erkenntnis, Harmonie und Vollkommenheit zu erreichen. Das sollte nachdenklich machen.

Ulrike Stork

JACQUES MONOD: Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie. München: Piper 1971. 238 Seiten. (Inzwischen als Taschenbuch erhältlich: dtv 1069)

Sehr bald nach dem Erscheinen befand sich JACQUES MONODS Buch *Zufall und Notwendigkeit* in den Schubladen vieler Labortische. Es war zu einer Art „Bibel der Naturforscher“ geworden. Endlich wagte ein Naturwissenschaftler das „Labordenken“ salonfähig zu machen, das verobjektivierende Denken als einzig wahres und verbindliches zuzulassen. Nun, da viele Biologen

in der Evolutionstheorie trotz noch fehlender „Mosaiksteine“ ein tragfähiges Entstehungsmodell des Lebendigen sehen, steht der Schöpfungsglaube, stehen alle mythischen Schöpfungsvorstellungen in Gefahr, als hohl entlarvt zu werden. Bietet die Biologie, bieten die gesamten Naturwissenschaften ein totales Erklärungsmodell für die Entstehung und Entwicklung des Kosmos einschließlich des Menschen, so bleibt für Gott, den Schöpfer Himmels und der Erden, für irgendwelche Gottheiten, für außerirdische Mächte kein Wirkungsbereich mehr. MONOD sagt: „Es ist schon richtig, daß die Wissenschaft die Wertvorstellungen 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 animistischen Traditionen¹ ... die Werte, die Moral, die Pflichten, Rechte und Verbote beruhen sollen“ (S. 210).

Bevor von der „Natur des Menschen“ in anderen als metaphysischen Begriffen geredet werden kann, müssen vom Biologen die charakteristischen Eigenschaften von Lebewesen erklärt werden. MONOD findet drei miteinander eng verknüpfte Eigenschaften:

- Als erste die Teleonomie, d. h. es gibt in jedem Organismus Abläufe, die teleonomische Strukturen, ein Projekt, aufbauen, wie dies beispielsweise in der embryonalen Entwicklung zu beobachten ist.
- Zum zweiten nennt MONOD die reproduktive Invarianz. Das ist die Fähigkeit, eine Struktur von hohem Ordnungsgrad nach dem eigenen Muster identisch neu aufzubauen, zu vervielfachen.
- Und die dritte Eigenschaft ist die autonome Morphogenese, die Fähigkeit eines Organismus, sich selbst aufzubauen.

In mehreren Kapiteln wird dargelegt, wie diese Eigenschaften sich mehr oder weniger lückenhaft durch chemische, biologische und physikalische Mechanismen erklären lassen. Ihre Entstehung ist demnach, im Gegensatz zu den Behauptungen aller Weltentstehungsmythen nicht notwendig, sondern zufällig, jedoch naturgesetzlich möglich, das heißt mit den Naturgesetzen vereinbar.

Nun muß der Mensch lernen, so meint MONOD, sich so zu sehen, wie die Wissenschaft ihn beschreibt, als einen blinden Zufallstreffer, der zwar naturgesetzlich möglich, aber auf keinen Fall notwendig war, als „Zigeuner am Rande des Universums, das für seine Musik taub ist und gleichgültig gegen seine Hoffnungen, Leiden oder Verbrechen“ (S. 211).

¹ MONOD meint die Vorstellung von in Naturereignissen wirkenden freundlich oder feindlich gesonnenen Mächten.

Als Grenzen heutiger biologischer Erkenntnis nennt MONOD das Rätsel der Herkunft des genetischen Code und des Mechanismus seiner Übersetzung sowie die Denkfähigkeit des Menschen: „Wir können zwar die Existenz dieses wunderbaren Instruments erraten, wir können das Ergebnis seiner Operation durch die Sprache wiedergeben, doch haben wir keine Vorstellung davon, wie es funktioniert und wie es aufgebaut ist [...] Hier stoßen wir auf die Grenze, die für uns immer noch fast genauso unüberwindlich ist wie für DESCARTES. Solange sie nicht überwunden ist, behält der Dualismus² seine phänomenologische Wahrheit. Gehirn und Geist sind für uns im aktuellen Erleben noch genauso getrennt wie für die Menschen des 17. Jahrhunderts. Durch die objektive Analyse werden wir genötigt, in dem scheinbaren Dualismus des menschlichen Wesens eine Illusion zu erkennen“ (S. 192f).

MONOD erwartet, daß die gezeigten Lücken nach und nach ebenfalls eine naturwissenschaftliche Erklärung finden, so wie in der Vergangenheit durch die Entdeckung des genetischen Code für einige Fragen des Vererbungsmechanismus Antworten gefunden wurden. Schon jetzt steht für ihn fest: Was die Welt im Innersten zusammenhält, ist nicht irgendeine transzendente Macht, irgendein fester Plan, durch den das Ziel des Kosmos bestimmt ist, sondern ein Ineinandergreifen von Zufall und Naturgesetz. Der Mensch ist deshalb aufgerufen, sein Schicksal, soweit möglich, selber in die Hand zu nehmen: „Der alte Bund ist zerbrochen; der Mensch weiß endlich, daß er in der teilnahmslosen Unermeßlichkeit des Universums allein ist, aus dem er zufällig hervortrat. Nicht nur sein Los, auch seine Pflicht steht nirgendwo geschrieben. Es ist an ihm, zwischen dem Reich und der Finsternis zu wählen“ (S. 219).

Wir fangen an zu begreifen, daß Wissenschaft und Technik für den Menschen und seine Umwelt mörderisch werden, wenn wir nicht lernen, mit ihnen recht umzugehen. Nur, woher kommen die Normen, die Wissenschaft und Technik ihren Platz zuweisen? Kann eine „Ethik der Erkenntnis“, wie sie von MONOD vorgetragen wird, die Überlebensfragen, die Sinnkrise, die Entfremdung des Menschen von sich selbst thematisieren und beantworten – eine Ethik, die als höchsten Wert die objektive Erkenntnis selbst festlegt? MONOD schreibt: „Die Natur ist objektiv, und wahre Erkenntnis kann nur aus der systematischen Gegenüberstellung von Logik und Erfahrung stammen“ (S. 202). Diese „objektive Erkenntnis“ ist für ihn die „einzige Quelle authentischer Wahrheit“ (S. 207). Sie in dieser Qualität anzuerkennen, ist die gebotene ethische Entscheidung, die der Mensch um seiner selbst willen frei trifft.

2 MONOD meint den Unterschied von Geist und Materie.

Daß die objektive Erkenntnis die einzige Quelle authentischer Wahrheit sei, ist für MONOD ein evidentes, jedoch nicht weiter ableitbares Axiom. Man muß an die Ethik der Erkenntnis glauben, wenn sie im Leben hilfreich und wirksam werden soll, und durch solchen Glauben, solche „Askeseübung des Geistes“ (S. 215), gelangt der Mensch zur Fähigkeit, sein Leben, die Entwicklung der Welt zu lenken. „Allein die Ethik der Erkenntnis, durch die die Welt von heute geschaffen wurde, läßt sich mit dieser Welt vereinbaren; allein diese Ethik kann, wenn sie einmal verstanden und akzeptiert worden ist, die Entwicklung dieser Welt lenken“ (S. 216).

MONOD selbst zeigt gravierende Lücken in den Belegen für das Evolutionsmodell auf. Trotzdem ordnet er dem Modell einen generellen Gültigkeitsbereich zu und fordert die Menschen auf, seine oben aufgeführten, auf der Richtigkeit des Evolutionsmodells basierenden Folgerungen zu akzeptieren.

Der „Dualismus“ zwischen Geist und Materie ist für MONOD eine Illusion. Aus den Eigenschaften der Materie allein lassen sich alle Phänomene des Kosmos in „objektiver“ Weise ableiten. Für einen Physiker sind die hier benötigten Eigenschaften der Materie in den Gesetzen der Quantentheorie formuliert. Eine vollständige Objektivierung quantenmechanischer Gegenstände ist aber gar nicht möglich³. Je nach dem vom Beobachter angestellten Experiment sind immer nur gewisse Eigenschaften objektivierbar (dem Gegenstand zuschreibbar). In diesem Sinne ist auch ein Ereignis immer ein Ereignis für einen Beobachter, also „in objektiver Weise subjektbezogen“ (C. F. v. WEIZSÄCKER).

Nach C. F. v. WEIZSÄCKER gibt es zwei mögliche Folgerungen: „Man kann entweder eine dualistische Philosophie machen und sagen, das Bewußtsein, welches die Physik betreibt, ist etwas von den Gegenständen der Physik vollkommen verschiedenes, das kann der Physiker nicht widerlegen, davon weiß er nichts. Man kann aber auch eine monistische Philosophie machen und kann sagen, das, was der Physiker studiert, ist letzten Endes genau dasselbe, was er selber ist. Dann ist dieser Monismus eigentlich nur adäquat zu beschreiben durch die Formel: Alles, was ist, ist Geist, alles was ist, ist von der Natur des Bewußtseins. Und wenn das so ist, braucht man sich nicht zu wundern, daß durch eine Anwendung der Gesetze der Physik dasjenige am Geist, was objektivierbar ist, alles den Prinzipien der Wissenschaft unterworfen werden kann.“⁴ Auf jeden Fall bleiben demnach nichtobjektivierbare Bereiche des Geistes, des Bewußtseins.

³ P. MITTELSTAEDT: Philosophische Probleme der modernen Physik. Mannheim: BI 1968

⁴ C. F. v. WEIZSÄCKER, in: Nova Acta Leopoldina 37/1 (206) (1972), S. 509.

MONOD muß ein verengter Objektivitätsbegriff vorgeworfen werden. Seit der Entwicklung der Quantentheorie lassen sich die Wechselwirkungen zwischen Subjekt und Objekt prinzipiell nicht mehr eliminieren. Damit gerät seine gesamte Ethik der Erkenntnis ins Wanken. MANFRED EIGEN schreibt im Vorwort zur deutschen Ausgabe von MONODS Buch: „Mir schaudert bei dem Gedanken einer Dogmatisierung des Objektivitätspostulats, die über die Forderung nach ständiger geistiger Auseinandersetzung hinausgeht. Barmherzigkeit und Nächstenliebe wären die ersten Opfer“ (S. XVI).

Edith Gutsche

GERD UND HEIDI VON WAHLERT: Was Darwin noch nicht wissen konnte. Die Naturgeschichte der Biosphäre. (In enger Zusammenarbeit mit der Redaktion der Zeitschrift bild der wissenschaft im Verlagsbereich Öffentliche Wissenschaft). Stuttgart: DVA 1977. 220 Seiten.

Die ersten Seiten des Buches wecken hohe Erwartungen. Das Ehepaar VON WAHLERT möchte der gängigen Evolutionsbiologie eine völlig neue Sicht der Evolution hinzufügen, eine sogenannte „dritte Biologie“, in der die Evolution als Prozeß des Produktionszuwachses in der Biosphäre, ja mehr noch, als ein „Zuwachs an Seinsweisen“, an „Qualität von Sein“ verstanden wird. In der Tat liefert das Buch eine Fülle von Material über produktionsbiologische Zusammenhänge und ökologische Erkenntnisse, die aus der Sicht des Vergleichs von Lebensweisen evolutive Vorgänge beleuchten. Bereits Bekanntes wird an vielen Stellen durch eigene umfangreiche Forschungen der Verfasser ergänzt. Positiv zu vermerken ist auch, daß sich die Verfasser weiterführenden Fragen nach Sinn und Ziel der Wissenschaft stellen und sich – zumindest ansatzweise – mit den Prämissen und der Genese gegenwärtigen Wissenschaftsverständnisses auseinandersetzen.

Hilfreich ist der Anhang, in dem einmal auf weiterführende Literatur zur Evolution, thematisch geordnet und kurz erläutert, verwiesen wird, zum anderen in einem Glossar die wichtigen Begriffe nochmals definiert werden.

Kritische Anmerkungen:

Die Fülle der Beispiele macht es zuweilen schwer, den roten Faden im Auge zu behalten. Weniger wäre da zuweilen mehr gewesen (insbesondere in einem Buch für „Öffentliche Wissenschaft“).

Des weiteren scheinen mir manche Skizzen (z. B. S. 76) gegenüber dem sonst flüssigen Text das Verständnis eher zu erschweren als zu erleichtern (so fehlt auf S. 42 die für Unkundige nötige Bezifferung, welches Bild welchen Fisch meint; auf S. 106 die Beschriftung, wo denn nun bei der Seescheide das Wasser ein- und austritt – der Bildtext macht das nicht auf Anhieb deutlich. Auch das Beispiel der Übersichtung im Meer ist nicht sofort durchsichtig, S. 121).

Ein dritter kritischer Punkt ist mehr grundsätzlicher Art. Durchgängig wird auf allen Seiten des Buches die Tatsache der Evolution vorausgesetzt, und die vorhandenen Daten und Erkenntnisse werden damit in Beziehung gebracht. Das führt an vielen Stellen zu unbefriedigenden Antworten, die eigentlich evolutionsbiologisch noch nichts erklären, sondern im Sinne einer *petitio principii* die Voraussetzung unter einer etwas anderen Form wieder zum Beweis heranziehen. Als Beispiel Seite 153: Als Schlüsselvorgang für die Entstehung der Vögel führen die Verfasser die Annahme an, daß die Vorfahren der Vögel die Luft zwischen Zweigen und Boden als Fluchtweg entdeckten. Trotz unterschiedlicher Lösung des Problems in vielen Gruppen baumlebender Tiere (Spannhäute, Flughäute etc.) standen erst bei den Vögeln Hautgebilde zur Verfügung, die zu Teilen der Gleitflächen und des entstehenden Flugapparates werden konnten. Zitat: „Kein Wunder, daß sie die erfolgreichsten Flieger unter den Wirbeltieren geworden sind [...] Die Hautgebilde sind zu Federn, ihre Besitzer mit dem ganzen Körperbau zu Hochleistungsfliegern geworden. Dies alles ist einsichtig und wirft keine grundsätzlichen Fragen auf.“

Hier macht es sich meines Erachtens auch der erfahrene Evolutionsbiologe zu leicht. Die Leichtigkeit, mit der hier viele fundamentale Fragen evolutiver Vorgänge übergangen werden, mindert zwar nicht den Wert der zahlreichen subtilen Recherchen, zeigt aber, daß unter dem Buchtitel keine Auseinandersetzung mit Fragen und Anfragen an die Evolutionsbiologie gemeint ist, sondern unter der Voraussetzung ihrer Unbestrittenheit eine neue Zuordnung alten und neuen Materials. Viele grundsätzliche Einwände von Fachleuten gegen die klassischen Erklärungshypothesen der Evolutionsbiologie lassen meines Erachtens beim gegenwärtigen Diskussionsstand die Übernahme jener Unbestrittenheitsvoraussetzung nicht mehr zu. Da hilft auch die Feststellung auf Seite 200 nicht: „Evolution kann nicht ‚bewiesen‘ werden und braucht auch nicht bewiesen zu werden. Die Aussage, daß die Biosphäre eine Geschichte hat, folgt zwingend aus der Auffassung, daß die Welt insgesamt prozeßhaft, daß Sein ein Werden ist.“

Aus der Geschichtlichkeit der Biosphäre folgt nicht zwangsläufig eine Phylogenese im Sinne der Evolutionsbiologie. Hier sollte gerade in der Grauzone zwischen Natur- und Geisteswissenschaften im Dienst wissen-

schaftlicher Klarheit gesagt werden, was exakte Fakten sind und wo diskutierbare Deutungen vorliegen.

Wolfgang Doerk

JOACHIM ILLIES: Schöpfung oder Evolution. Ein Naturwissenschaftler zur Menschwerdung. (Texte und Thesen 121.) Zürich: Edition Interform 1979. 119 Seiten.

Professor. Dr. J. ILLIES war Biologe an der Universität Gießen, leitete eine Forschungsstation der *Max-Planck-Gesellschaft* in Schlitz und lehrte Anthropologie an der Philosophisch-Theologischen Hochschule Fulda.

In Fortschreibung seiner früheren Werke versucht der Verfasser hier anhand einer Geschichte des Denkens die menschliche Herkunft auszumachen.

Zunächst gibt er die Antworten wieder, die seit der Antike auf die Frage nach dem Ursprung des Menschen gegeben wurden, und zeigt, wie sich das Denken von einer magischen über eine mythische und eine rationale Stufe (der Aufklärung) bis zur integralen Stufe entwickelte, auf der dann erstmals der scheinbar unauflösbare Gegensatz zwischen Schöpfung und Evolution überwunden werden kann.

Eine kritische Betrachtung der biologischen Grundlagen der Evolutionslehre folgt im zweiten Teil. An einem Gedankenexperiment wird verdeutlicht, daß aus der Erkenntnis von Ähnlichkeiten zwischen parallelen Reihen von Lebewesen unser menschliches Denkvermögen geradezu „zwangsläufig“ eine Abstammungslehre als „natürliche“ Erklärung folgert.

Diesen Schritt zum Entwicklungsgedanken tat zuerst die Naturphilosophie und nicht die exakte Naturwissenschaft, womit schon auf das erkenntnisleitende Interesse bei der Bildung einer Evolutionstheorie hingewiesen ist.

Der Verfasser macht anhand der Theorien von LINNÉ und LAMARCK die Einengung der Biologie auf das Diesseitig-Beweisbare deutlich, die schließlich in der positivistischen Biologie die Frage nach dem Wesen der Dinge völlig ausschließt.

Die biologischen Tatsachen des Artenwandels und der Abstammungsverwandtschaft im kleinen Umfang (Arten einer Gattung) nimmt der Verfasser als Voraussetzung auf, unterscheidet aber von dieser allgemeinen Abstammungslehre (nach PORTMANN) spezielle Abstammungslehren, also Theorien, die die Abstammungsverwandtschaft verallgemeinern zur Entwicklung aller Lebewesen aus einer gemeinsamen Urform (was schlechterdings unbe-

weisbar sei) und eine Antwort geben auf die Faktorenfrage: „Ist Evolution der Wille Gottes in der Natur (T. DE CHARDIN), sind innere Werdekräfte und Entelechien am Werk (Lamarckismus, Vitalismus), oder sind lediglich Zufall und Notwendigkeit von Naturgesetzen die letzten Ursachen dieser Abstammung (Darwinismus)?“ (S. 46). In diesem Zusammenhang kritisiert der Verfasser A. WILDER SMITH, der, um den Darwinismus und Atheismus abzuwehren, in falscher Weise gegen die allgemeine Abstammungslehre überhaugt zu Felde ziehe.

Die kritische Frage gegenüber dem Darwinismus lautet: Sind Selektion, Mutation und Isolation ausreichende Gründe für die Entwicklungsgeschichte des Menschen aus dem Einzeller? Die kritischen und ungeklärten Stellen einer biologischen Evolutionstheorie (des Darwinismus mit innerer Selektion) werden ebenso gezeigt wie die erkenntnistheoretischen Schwächen neuerer Evolutions-Entwürfe (BRESCH, EIGEN). Zusammenfassend warnt Illies vor der Extrapolation der Mikro- auf die Makroevolution: „So richtig und erklärend es war, hinter auffallenden Ähnlichkeiten ein System und hinter dem System eine Verwandtschaft zu vermuten, so wenig ist es doch berechtigt, aus basalen Gemeinsamkeiten der Organismen kurz und bündig auch auf die gemeinsame genetische Abstammungsverwandtschaft aller Lebewesen zu schließen. Die Spekulation darf nicht so weit getrieben werden, daß Fakten und Einsichten ausgeblendet werden müssen, um ein System zu retten.“

Die paläontologisch belegten radikalen Unterschiede zwischen den vier großen Typen (Wirbeltiere, Weichtiere, Gliedertiere und radiärsymmetrische Tiere – nach G. CUVIER) führen zur Unterscheidung von Typenentstehung und Artenwandel und lassen „die Typen als Urbilder, als Gedanken der Schöpfung, auf die Erde herabgedacht“ ernst nehmen. „Mit anderen Worten: Wenn die Abstammungslehre das System erklären will (also die Herkunft der gegenwärtigen und vergangenen Vielfalt der Pflanzen- und Tierarten), so kann sie dies unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Artenwandel und Typenkonstanz nur leisten, wenn sie zwei Kategorien des Werdens sauber und konsequent auseinanderhält, und zwar einerseits die Entstehung der Verwandtschaftsgruppen durch Abstammung und Artenwandel aufgrund der dafür auffindbaren Faktoren (Mutation, Selektion und Isolation), andererseits die Abstammung solcher Verwandtschaftskreise von je einem unwandelbaren Urtypus, der in sich als gegeben erscheint und zu seiner Erklärung offensichtlich gänzlich anderer Faktoren bedarf“ (S. 70).

Im vierten Teil wird dieses „Sowohl – als auch“ genauer entfaltet und die gegenseitige Bedingtheit der biologischen und der religiösen Evolution (d. h. der biologischen Höherentwicklung auf dem Weg des Artenwandels und der Abstieg des Schöpfungsgedankens beziehungsweise Urbildes

„Mensch“ in die Stofflichkeit) dargelegt (in Bezugnahme auf T. DE CHARDIN und KARL HEIM). Überschneidungsfelder von Geist und Materie sind die Fortpflanzungsfähigkeit der Lebewesen (ein Spielraum, der die Evolution mitzugestalten erlaubt) und der Spracherwerb des Menschen, in dem die biologische Evolution in die kulturelle übergeht.

Den Raum für die Verbindung des biologischen Naturbildes mit biblischen Schöpfungsaussagen gewinnt der Verfasser durch die von der Physik nahegelegte komplementäre Denkweise: „Der erste Schritt in eine neue Wahrnehmung wird darin bestehen, daß wir lernen, mit unaufgelösten Grundwidersprüchen unseres bisherigen Weltverständnisses bewußter umzugehen, statt sie [...] zu verdrängen“ (A. M. K. MÜLLER).

Weil die Naturwissenschaft „nicht unrecht hat mit dem, was sie sagt, sondern mit dem, was sie verschweigt“, geht der Verfasser bewußt und ausgesprochenermaßen über die exakte Naturwissenschaft hinaus und nimmt – als erkenntnistheoretische Notwendigkeit – anthropologische und theologische Aussagen über den Menschen hinzu, um deutlich zu machen, daß der Mensch nicht durch die Naturwissenschaft allein verstanden werden kann.

Neben der Gewichtung seiner Thesen schafft auch die allgemeinverständliche Sprache dieses Buches Spannung und Lesegenuß.

Lothar Lang

HENNING KAHLE: Evolution – Irrweg moderner Naturwissenschaft? Bielefeld: von Nottbeck 1980. 200 Seiten.

In diesem Buch werden in sachlicher Weise Tatsachen zusammengestellt, die nicht mit der Evolutionstheorie in Einklang gebracht werden können. Alle Einwände sind durch eingehende Zitate aus der wissenschaftlichen Literatur belegt; wo fremdsprachliche Texte in Übersetzung zitiert werden, findet sich der Originaltext in den Anmerkungen. Kahle macht deutlich, daß die derzeit bekannten Mechanismen der Mutation, Selektion und Isolation nicht ausreichen, um die von der Evolutionstheorie postulierte Höherentwicklung der Organismen zu bewirken. Eingehend wird gezeigt, daß die Evolutionstheorie auch keine Erklärung für eine Reihe gängiger biologischer Phänomene wie etwa Entstehung komplexer Organe, Regenerationsfähigkeit, Symbiosen, Mimikry, Gestaltbildung und so weiter bieten kann. In dem Kapitel *Evolutionstheorie und Ergebnisse der Paläontologie* wird unter Verwendung zahlreicher graphischer Darstellungen deutlich gemacht, daß

große Gruppen des Pflanzen- und Tierreiches in bestimmten geologischen Schichten sprunghaft ohne Vorstufen auftreten. Durch das Fehlen von Übergangsformen ist die Konstruktion eines alle Lebewesen umfassenden Stammbaumes nicht möglich. Die neodarwinistische Vorstellung einer allmählichen, kontinuierlichen Höherentwicklung ist mit den Ergebnissen der Paläobotanik und Paläozoologie nicht vereinbar.

Der Autor läßt die Tatsachen für sich sprechen und enthält sich aller Polemik und weitergehenden Schlußfolgerungen. Für alle, die sich sachlich mit der Frage auseinandersetzen wollen, ob das Evolutionskonzept wissenschaftlich haltbar ist, stellt das Buch eine wertvolle Arbeitsgrundlage dar.

Heiko Hörnigke

ARTHUR ERNEST WILDER SMITH: Die Naturwissenschaften kennen keine Evolution. Experimentelle und theoretische Einwände gegen die Evolutionstheorie. Basel/Stuttgart: Schwabe 1978. 144 Seiten.

Der – zumindest aus evangelikaler Sicht – bekannteste und renommierteste Kritiker des Evolutionskonzeptes ist sicherlich Dr. Dr. A. ERNEST WILDER SMITH.

Von Haus aus organischer Chemiker und Pharmakologe, hat er sich in den letzten zwanzig Jahren durch die Veröffentlichung einer Fülle von Büchern in englischer und deutscher Sprache und durch viele Vorträge für Laien einen Namen gemacht. Mit immer neuen Argumenten geht es ihm um das eine Thema: Der Zufall entwirft keine Pläne! Während er auf seinem eigenen Forschungsgebiet anerkannt ist, vertritt er hiermit jedoch wissenschaftlich unpopuläre Thesen, ein biblisch begründetes und anschließend mit wissenschaftlichen Argumenten untermauertes Schöpfungskonzept, das zur Zeit zwangsläufig ins wissenschaftliche Abseits führt. Von interessierten evangelikalen Laien eifrig gelesen – und an sie wendet er sich in erster Linie –, wird er von Wissenschaftlern nicht ernst genommen und hatte mit seinen Einwänden bisher keinen Einfluß auf die wissenschaftliche Fachdiskussion über die Entstehung und Entfaltung des Lebens.

Da sich seine Bücher inhaltlich überlappen, sei stellvertretend für seine Reihe das neueste Buch *Die Naturwissenschaften kennen keine Evolution* besprochen. WILDER SMITH bietet hierin handfeste Einwände gegen die Evolution an, wobei er auf eine biblisch-theologische Begründung, die in seinen

früheren Büchern mehr Raum fand, verzichtet, um eine Diskussionsgrundlage auf der Basis von unbestreitbaren Fakten zu gewinnen.

Den Ausgangspunkt bildet seine Forderung: Wenn es Evolution gegeben haben soll, so muß sie 1. den naturwissenschaftlichen Gesetzen entsprechen und 2. historisch (paläontologisch) nachweisbar sein (S. 8f). Die Auslotung der ersten These nimmt den größten Teil des Buches ein, und hier spielt er seine chemische Fachkenntnis aus. Er setzt sich dabei mit MONODS Zufallskonzept und EIGENS Selbstorganisation der Materie auseinander und kommt zu dem Ergebnis: „Nach den experimentellen Befunden [...] neigt die Materie, sich selbst überlassen, dem Chaos oder erhöhter Entropie zu. Sie neigt nicht zur Selbstorganisation“ (S. 17). Materie und Energie müssen durch Know-how (von WILDER SMITH auch geistige Konzepte, Information, Logos oder Teleonomie genannt [S. 18]) ergänzt werden, erst dann ist die Entstehung und Entwicklung des Lebens begreifbar, und dementsprechend wertet er den Nachvollzug biochemischer Lebensvorgänge im Reagenzglas in sorgfältig geplanten Experimenten (d. h. unter Zuhilfenahme von Logos) als Bestätigung seines Konzeptes. Dem klassischen Gedankengang der Evolutionstheorien folgend versucht er auf jeder Organisationsstufe ihre Unhaltbarkeit aufzuzeigen: „Ohne Know-how, ohne Teleonomie geht es nicht“ (S. 36).

Er beginnt mit dem MILLERSchen Experiment (Kap. 2), der spontanen Entstehung von Aminosäuren und Polypeptiden unter geeigneten Bedingungen einer hypothetischen „Uratmosphäre“, und diskutiert ausführlich das Problem der Razematbildung, der gleichzeitigen Bildung von tauglichen wie auch unbrauchbaren Aminosäuren. „Blitz und Zufall können grundsätzlich nie reine linksdrehende Aminosäuren bilden“ (S. 29). Durch „anorganische, zufällige Prozesse“ (S. 29) ist eine Trennung nicht mehr möglich. Obwohl es also schon keinen experimentellen Nachweis für eine a-biotische Entstehung „tauglicher Bausteine“ (S. 29) gibt, stellt darüber hinaus auch der nächste Schritt, die Verkettung intakter Monomere zu Proteinen (Kap. 3), ein weiteres schwerwiegendes Problem dar. Überzeugend wird herausgearbeitet, daß „fast der allerletzte Ort auf diesem Planeten, wo die Eiweiße des Lebens aus Aminosäuren spontan gebildet werden könnten“ (S. 24), der Ozean ist. WILDER SMITH geht aber auch auf neuere Modelle wie z. B. die Polymerisation an heißer Lava oder mittels reaktiver Chemikalien ein, zeigt dabei ihre Unhaltbarkeit (S. 40ff) und bespricht das Problem der Reversibilität chemischer Reaktionen bei der Biogenese (S. 39f).

Viele Proteine lösen eine direkte Wirkung aus (z. B. enzymatische Katalyse), andere können aber auch regulatorische Funktionen haben, das heißt, sie steuern mittels Konventionen, die an sich nichts bewirken, aber etwas sym-

bolisieren (wie etwa eine rote Ampel „Halt!“ symbolisiert), von WILDER SMITH „Ordnung 2. Art“ (S. 44ff) genannt.

Die Beschreibung der Entstehung solch komplizierter Netzwerke und Systeme durch Versuch und Irrtum muß dagegen als ganz unangemessen erscheinen, zumal in all diesen Konzepten die Existenz eines Stoffwechselsystems, von dessen Komplexität wir mit Sicherheit noch gänzlich unzureichende Vorstellungen haben, bereits vorausgesetzt ist. Als Beispiel für die genialen Konstruktionen, die in der Natur realisiert sind, wird die akustische Linse des Delphins beschrieben.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Informationsentstehung. Nicht nur, daß Replikation und Stoffwechselsystem einander gegenseitig bedingen und daß eine Programmierung durch Zufall notwendig wäre, WILDER SMITH wirft EIGEN auch einen unhaltbaren Informationsbegriff vor. Der SHANNONSche Informationsbegriff geht von der Informationsübertragung (nicht von deren Entstehung) aus und beinhaltet die Codierung und Decodierung der Information in Sender und Empfänger als untrennbare Bestandteile. Ein Prozeß, in dessen Verlauf sowohl Sender und Empfänger als auch der zu übertragende Informationsinhalt entworfen werden, kann von der klassischen Informationstheorie her nicht begründet noch abgeleitet werden. Gesenkte Entropie ist dort eben nicht gleich Information.

Um einem solchen schier unmöglichen Entwicklungsprogramm überhaupt eine Chance zu geben, wird es durch sehr lange Evolutionszeiträume „finanziert“. Es „braucht fast unendlich große Zeitspannen, um aus unendlich schwacher Intelligenz (Zufall) fast unendlich große Projekte zu realisieren. Gerade diese fast unendliche Zeit steht aber für biologische Projekte kaum zu Gebot“ (S. 89). Ganz abgesehen davon, daß die schon religiös anmutende Anrufung der riesigen Zeiträume als solche den Rahmen der Methodik sprengt, die ein auf Solidität bedachter Naturwissenschaftler einzuhalten bestrebt sein wird, ist so gut wie nie der Versuch zu entdecken, diese Zeiträume für ein gegebenes Modell unter Angabe quantitativer Voraussetzungen (Konzentration, Reaktionsraten etc.) in Zahlen zu fassen.

In Kapitel 6 wird anhand einiger außergewöhnlicher Fossilienfunde und einer Kritik der radiometrischen Altersbestimmungsmethoden aufgezeigt, daß die geologische Zeitrechnung selber problematisch ist. Im Grunde wird immer schon die Richtigkeit der Evolutionstheorie vorausgesetzt und die Ergebnisse dieser Interpretation von Fakten im Rahmen der Evolutionstheorie als Beweis für diese gewertet: ein Zirkelschluß!

Eine weitere Voraussetzung jeglicher Evolution ist die Existenz sogenannter positiver Mutationen. WILDER SMITH weist darauf hin (Kap. 7), daß Experimente, die diese nachgewiesen zu haben glauben, möglicherweise nur die umweltbedingte Aktivierung bereits bestehender latenter Information

gezeigt haben, eine Interpretation, die von der Forschung der letzten Jahre bestätigt wurde (Plasmid DNA-Übertragung, Aktivierung von *silent genes* u. a.). Sollten trotzdem positive Mutationen vorkommen, können sie nur schwerlich die Triebkraft der Evolution sein: „Wenn also ein Wurm mit Hilfe einer Mutation besser als Wurm überleben soll, muß die Mutation ihn zum besseren Wurm machen – nicht zur nächsthöheren Entwicklungsstufe in der Tierwelt“ (S. 117f). In diesem Zusammenhang geht er auch auf die *missing links* ein, jene postulierten Zwischenstufen, nach deren Existenz schon lange vergeblich gesucht wird.

Der Bogen wird noch weiter gezogen zur Gehirnforschung (S. 127ff), die immer mehr danach drängt, neben der Neuronenfunktion eine immaterielle Psyche anzuerkennen, die jenseits von Raum und Zeit existiere und die neuronalen, leiblichen Gegebenheiten „benutzt“ (vgl. J. C. ECCLES). „Das Gehirn entwickelt also in sich Konzepte, empfängt sie aber auch von außen“ (S. 128). „Die Psyche ist demnach nicht-materiell“ (S. 129).

Im abschließenden Kapitel wird auf die Bedeutung der Evolutionstheorien für das moderne Denken verwiesen, die kaum unterschätzt werden kann, denn „die Revolution in der Biologie wird von einer noch größeren Revolution im Bereich von Religion, Moral und Politik gefolgt werden“ (S. 134).

So sehr ich das Anliegen von WILDER SMITH teile und den Autor bewundere, der über viele Jahre hinweg die einzige oder zumindest eine der wenigen Stimmen hierzulande war, die es wagte, die Evolutionstheorie anzuzweifeln, und so nötig gerade auf diesem Gebiet eine wegweisende Schrift ist, machen es einige Passagen seiner „experimentellen und theoretischen Einwände gegen die Evolutionstheorie“ den „Evolutionisten“ allzu leicht, mit dem Buch als ganzem fertig zu werden, es gar nicht erst zu beachten, und diese inhaltlichen und formalen Mängel werfen dann leider auch ein schiefes Licht auf den gesamten „Kreationismus“.

Ein grundlegender Mangel des Buches besteht darin, daß es sich nur mit dem klassischen Neodarwinismus auseinandersetzt, welcher glaubte, nur mit Mutation und Überlebensvorteil einer Art als treibenden Evolutionskräften auskommen zu können. Er ist aber längst überholt (nicht jedoch der Evolutionismus), und jeder gibt das bereitwillig zu, denn es erwiesen sich weitere Prinzipien wie Separation, Rekombination, Gendrift und andere (synthetische Theorie der Evolution) als unumgänglich. Schade, daß WILDER SMITH nicht auf sie eingeht und daß er auch nicht die Ergebnisse der biochemischen Evolutionsexperimente im einzelnen diskutiert. So geht die Stoßrichtung des Buches ins Leere.

Der Autor nimmt zwar oft auf M. EIGEN Bezug, geht jedoch auf dessen Thesen nirgendwo explizit ein und mißversteht ihn an einigen Stellen

gründlich (S. 32). Darüber hinaus ist auch die Behauptung, „die Evolutionstheorie entbehre jeglicher theoretisch-wissenschaftlichen Basis“ (S. 17), sehr problematisch. Bevor man solche Behauptungen in den Raum stellt, wäre ein Nachdenken vonnöten über das, was Naturwissenschaft erkenntnistheoretisch leisten kann und wo ihre Grenzen liegen, daß sie nämlich eine Theorie prinzipiell nicht zu beweisen, sondern höchstens zu widerlegen vermag. Ich vermisse eine ernsthafte Diskussion des Einflusses weltanschaulicher Vorgaben beider Seiten auf die Interpretation der Versuchsergebnisse.

Insbesondere in Kapitel 6, wo paläontologische Funde und radiometrische Altersbestimmungsmethoden diskutiert werden, haben sich etliche physikalische Fehler eingeschlichen, zum Beispiel in der Beschreibung des Erdmagnetfeldes (das durch elektrische Ströme im Erdkern, nicht aber der Erdkruste, verursacht sein kann [S. 104]) und dessen Kinetik (S. 104, 106), in der Bewertung der kosmischen Strahlenbelastung und deren Beitrag zur Mutationsrate (S. 106ff). Auch die Diskussion des Einflusses von Neutronenfluenzen (nicht Neutronenkonzentrationen) auf den Zerfall von Uran bzw. Plutonium und damit auf radiometrische Altersbestimmungsmethoden ist nicht nur wegen der physikalisch unmöglichen Randbedingungen unhaltbar. Von den Altersbestimmungsmethoden wird leider nur die ¹⁴C-Methode in ihrer Unsicherheit besprochen, die aber wegen ihrer kurzen Halbwertszeit von weniger als sechstausend Jahren für die konventionelle Geologie keinerlei Relevanz besitzt.

Geradezu ärgerlich, daß auch viele paläontologische und taxonomische Angaben fehlerhaft sind: Kreide wird mit Kalkstein verwechselt (S. 91), und Latimeria ist kein Fossil, sondern ein heute lebender Fisch (S. 97, gemeint ist wohl die Familie, nicht die „Fischart“, der Coelacanthinidae); die Trilobiten sind erst vor 220 Mill. Jahren ausgestorben (S. 93) und die Coelacanthiniden vor 65 Mill. Jahren (S. 97). Letztere werden als unbedeutende Nebenlinie in der Evolution der Landwirbeltiere aus den Fischen angesehen und nicht als ein Glied innerhalb der Evolution der Fische (S. 97).

WILDER SMITH behauptet, daß es neben dem hypothetischen Stammbaum der Pferde keine weiteren Stammbäume gebe (S. 17), und seine Zeitangaben wie „70–120 Mill. Jahre“ oder „1–10 Mill. Jahre“ sind extrem unpräzise (S. 90). Die Schätzungen zu den Vorfahren des Menschen sind zumindest mißverständlich (S. 90) und die Diskussion der Kürzung möglicher Evolutionszeiten durch ungewöhnliche Fossilienfunde (S. 91, 94) unhaltbar.

So wird der Paläontologie die Lehrmeinung unterstellt, daß sich die Evolution hauptsächlich im Präkambrium und Kambrium vollzogen habe (S. 108) und dort „schon fast alle biologischen Gattungen vertreten“ (S. 111) seien. Bisher sind mir aber nur Funde von Vertretern der Hauptstämme be-

kannt, jedoch zum Beispiel keine von Wirbeltieren, Landbewohnern, Insekten, und aus dem Pflanzenreich lediglich Bakterien und Algen. Schade, daß diese und viele andere Fehler das interessante Buch erheblich abwerten und auch die anderen Publikationen des Autors nicht fehlerfrei sind.

Es ist zu begrüßen, daß WILDER SMITH eine einfache Sprache verwendet und auf Fachtermini weitgehend verzichtet. Wenn solche aber auftauchen, dann dürfen sie nicht unklar und mißverständlich sein, wie es leider bei „Transformationismus“ (S. 7), „missing link“ (S. 97), „Ordnung 2. Art“ (S. 45ff), „Saurier“ (S. 90, 95), „Art“ (S. 97) und anderen der Fall ist. Überhaupt ist die Begrifflichkeit nicht klar genug; unzulässige Vereinfachungen führen zu falschen Darstellungen und stärken nicht das Vertrauen in die übermittelte Information; die langatmige Beschreibung von Argumenten und ihre oftmalige Wiederholung machen das Lesen mühsam. Für den Leser sind sie keine Hilfe, weil nicht klar wird, ob es sich um eine Wiederholung mit anderen Worten oder ein Fortschreiten im Gedankengang handelt. Auch wenn der Autor in Fachkreisen auf Polemik stößt, sollte er sich nicht dazu hinreißen lassen, diese ebenfalls mit Polemik zu beantworten (S. 33f).

Die Literaturangaben sind sehr unvollständig (S. 115) beziehungsweise nehmen nicht auf die Originalliteratur, sondern auf sekundäre Quellen (oft des Autors selbst) Bezug (S. 93) und sind nicht fehlerfrei (S. 17, 92); Angaben und zumindest die Zitate sollten belegt werden. In der nächsten Ausgabe müssen auch die Schreibfehler (z. B. *Archaeopteryx*, kontemporär [S. 91]) korrigiert werden, und von einem „Neodarwinismus seit 130 Jahren“ (S. 100) darf man nicht reden.

Während die Beschreibung chemischer Vorgänge gut ist, konnten mich die übrigen Teile keineswegs überzeugen. Sie müssen kritisch gelesen werden. Was nötig oder zumindest wünschenswert wäre, ist ein Buch auf wissenschaftlichem Niveau, das eine Fülle von Einzelfakten, die unbestreitbar sind und auch jeder kritischen Prüfung standhalten, sorgfältig zusammenträgt. Als Beispiel sei auf das hervorragende Buch von B. VOLLMERT *Das Makromolekül DNS* (Pfinztal: Sass 1978) hingewiesen, welches biochemische Grundkenntnisse ausgezeichnet vermittelt und sie in Bezug auf die Entstehung des Lebens auswertet – eine sehr empfehlenswerte Schrift.

Wer ernsthaft das Interpretationsschema, das die etablierte Wissenschaft für die Deutung Tausender von Einzeldaten konstruiert hat, anfechten will, kann sich nicht auf eine oberflächliche Darstellung ungelöster Probleme und einige sensationell aufgemachte, umstrittene Funde beschränken. Das ist nicht überzeugend. Und da WILDER SMITH etliche Halbwahrheiten und Fehler im Detail nachgewiesen werden können, wird nicht nur seine wissenschaftliche Glaubwürdigkeit, sondern auch sein Zeugnis als Bote Jesu Christi beeinträchtigt.

Seinem wissenschaftlichen Anspruch wird das vorliegende Buch trotz seines Titels leider nicht gerecht.

Detlef Blöcher

Wichtige Publikationen von A. E. WILDER SMITH zum Thema Evolutionstheorie:

Herkunft und Zukunft des Menschen. Basel; Gießen: Brunnen 1966; Stuttgart-Neuhausen: Hänssler ⁴1978.

Die Erschaffung des Lebens. Stuttgart-Neuhausen: Hänssler 1972, ²1977.

Die Grundlage zu einer neuen Biologie. Stuttgart-Neuhausen: Hänssler 1974, ²1977.

Gott – Sein oder Nichtsein. Stuttgart-Neuhausen: Hänssler 1974

Die Demission des wissenschaftlichen Materialismus. Stuttgart-Neuhausen: Hänssler 1976, ³1979.

Die Naturwissenschaften kennen keine Evolution. Basel: Schwabe 1978, ²1978.

Die Problematik der Deszendenzlehre. Wuppertal: R. Brockhaus 1952.

REINHARD JUNKER/SIEGFRIED SCHERER (Hrsg.): Entstehung und Geschichte der Lebewesen. Gießen: Weyel, 3. Aufl. 1992

Entstehung und Geschichte der Lebewesen wurde als alternatives Lehrbuch zum Thema *Evolution* herausgegeben mit dem Ziel, eine emotionsfreie, sachliche Diskussion zu ermöglichen. Das Buch richtet sich an Schüler, Studenten, Lehrer und alle, die an Ursprungsfragen interessiert sind. Die Autoren wollen zeigen, daß naturwissenschaftliche Befunde nicht nur im Rahmen eines Evolutionsmodells, sondern auch im Rahmen eines Schöpfungsmodells gedeutet werden können.

In dieser Buchbesprechung fange ich mit dem Schluß an, nämlich mit dem Kapitel 11 *Abschließende Bemerkungen*. Hier stellen die Autoren Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Schöpfungs- und Evolutionsmodellen gegenüber.

Gemeinsam ist beiden Modellen das Interesse an Artbildungsprozessen: „Nach welchen Mechanismen entstehen biologische Arten, und welche Möglichkeiten der Variabilität liegen in den Organismen verborgen?“ Übereinstimmung herrscht auch bezüglich der Tatsache, daß es eine Vielzahl ausgestorbener Lebewesen gibt, die sich nur bedingt in das System heute lebender Organismen einordnen lassen. Ferner stehen in beiden Modellen an entscheidenden Stellen Fragezeichen: im Evolutionsmodell an

den großen Verzweigungsstellen des phylogenetischen Stammbaums, im Schöpfungsmodell am Ursprung der Grundtypen.

Das Grundtypkonzept wird als Arbeitshypothese in der Schöpfungsfor- schung anhand einiger Beispiele vorgestellt. In diesem Buch wird definiert: „Alle Individuen, die direkt oder indirekt durch Kreuzungen verbunden sind oder deren Keimzellen nach echter Befruchtung eine Embryonalent- wicklung unter Expression des Erbgutes beider Eltern wenigstens beginnen, werden zu einem Grundtyp gerechnet.“ Im Gegensatz zu allen anderen Typdefinitionen in der Biologie ist die Zugehörigkeit zu einem Grundtyp zumindest prinzipiell experimentell testbar. Als Schwäche des Konzepts wird die geringe Zahl von Grundtypen genannt, die bisher erarbeitet wur- den, sowie die Tatsache, daß im konkreten Fall praktisch Schwierigkeiten bei der Hybridisierung bestehen können. Im Schöpfungsmodell werden die Grundtypen als geschaffene Arten entsprechend 1.Mose 1 gedeutet.

Zu den Unterschieden zwischen Evolutions- und Schöpfungsmodell:

Evolutionsmodelle gehen davon aus, daß sich erste lebende Zellen zufällig in Ursuppen bildeten und daß von diesen letztlich alle Lebewesen abstammen. Ähnlichkeiten der Lebewesen untereinander werden als Hinweis auf stammesgeschichtliche Verwandtschaft gedeutet. Biologisch faßbare Evolutionsmechanismen werden im allgemeinen als ausreichend betrachtet, um kausal eine Höherentwicklung (Makroevolution) befriedigend zu erklären. Geologische Befunde werden im Rahmen sehr langer Zeiträume interpretiert (Uniformitarismus). Fossilien werden in den Rahmen evolutionär aufsteigender Fossilreihen gestellt.

Das hier vorgestellte Schöpfungsmodell geht davon aus, daß die Lebewesen gleichzeitig in Form von Grundtypen geschaffen wurden, danach erfolgte eine Radiation der verschiedenen Stammformen innerhalb ihres Variations- potentials. Ähnlichkeiten der Lebewesen werden als Hinweis auf den ge- meinsamen Plan des Schöpfers gedeutet. Biologisch faßbare Evolutions- faktoren variieren nach diesem Modell nur den Grundtyp (Mikroevolution). Grundtypgrenzen können durch bisher bekannte Mechanismen nicht über- sprungen werden. Geologische Befunde werden im Rahmen sehr kurzer Zeiträume interpretiert (Katastrophismus). Fossilien werden in den Rahmen katastrophischer Entstehungsmodelle gestellt (Mega-Sukzession und Ver- schüttung gestörter Ökosysteme).

Im ersten Teil des Buches „*Wissenschaftstheoretische und geschichtliche Einfüh- rung*“ wird herausgestellt, daß in beide Modelle weltanschauliche Grund- überzeugungen und Glaubenssätze eingebracht werden und daß sich aus beiden Modellen testbare Schlußfolgerungen ableiten lassen, die zu einem Wissenszuwachs führen.

Im zweiten Teil „*Kausale Evolutionsforschung*“ werden experimentell testbare Evolutionsmechanismen diskutiert. Es wird festgestellt, daß diese keine Höherentwicklung, also die Entstehung völlig neuer Strukturen (Makroevolution), erklären können. Vielmehr werden durch diese Mechanismen nur vorhandene Strukturen quantitativ verändert (Mikroevolution). Auch bisherige Hypothesen über die chemische Evolution und die Entstehung der ersten Zellen werden als unzureichend angesehen.

Der dritte Teil „*Historische Evolutionsforschung*“ enthält neben den bereits erwähnten abschließenden Bemerkungen und dem Grundtypkonzept Kapitel über Ähnlichkeiten, Probleme aus der Biogeographie, Deutung der Fossilüberlieferung und die Entstehung der Menschheit. Neben der kritischen Auseinandersetzung mit bestehenden Deutungen werden im Kapitel *Ähnlichkeiten* vor allem für rudimentäre Organe und für nur in der Embryonalentwicklung vorkommende Strukturen alternative Deutungen vorgestellt. Das Mega-Sukzessions-Modell, das im Kapitel *Deutung der Fossilüberlieferung* vorgestellt wird, wird von vielen Geowissenschaftlern in der *Studiengemeinschaft Wort und Wissen* eher negativ beurteilt, da es eine ganze Reihe von Daten nicht erklären kann. Ein neues Modell ist allerdings noch nicht in Sicht. Ähnliches gilt für den Abschnitt über radiometrische Altersbestimmungen. Hier besteht von schöpfungstheoretischer Seite noch sehr viel mehr Forschungsbedarf als an anderen Stellen, die in diesem Buch dargestellt werden. Das Schwimmwaldmodell, das als alternative Deutung der Steinkohlenwälder vorgestellt wird, verdient dagegen meiner Ansicht nach schon jetzt eine konstruktiv kritische Begutachtung durch Evolutionstheoretiker. In diesem Kapitel werden ferner Fossilien, die evolutionstheoretisch als Zwischenglieder gedeutet werden, diskutiert. Es wird besonders auf die Vollkommenheit fossiler Lebewesen hingewiesen und betont, daß eine Deutung von Mosaikformen als Zwischenglieder nicht zwingend aus dem Fossilbefund folgt.

Im Kapitel über die Entstehung der Menschheit werden *Ramapithecus* und *Australopithecus* sowie *Homo habilis*, *H. erectus* und *H. sapiens* behandelt. Die inzwischen nicht mehr ganz so neue Deutung (die trotzdem noch nicht in alle Schulbücher eingedrungen ist) von *Ramapithecus* als Vorfahre des Orang-Utans wird als weitgehend mit dem Schöpfungsmodell vereinbar angesehen (*Ramapithecus* und Orang-Utan als mögliche Angehörige desselben Grundtyps). *Australopithecus* wird als hochspezialisierte Primatenform gedeutet, die nicht mit dem Menschen verwandt ist. Einige Evolutionstheoretiker stellen *Australopithecus* aufgrund bestimmter Merkmale auf eine Seitenlinie. Von *Homo habilis* existieren nur wenige Fossilien. Im Schöpfungsmodell werden die meisten dieser Fossilien zu den *Australopithecinen* gestellt, während der Schädel 1470 zur Gattung *Homo* gerechnet wird. Im Evolutionsmodell gilt *H. habilis* nach wie vor als Zwischenglied

zum Menschen. *Homo erectus* wird auch von evolutionstheoretischer Seite als Mensch gewertet, seine Herkunft ist jedoch ungeklärt. Neandertalermerkmale gelten oft als Anpassung an eiszeitliche Klimate. Im Schöpfungsmodell werden *H. erectus*, *H. sapiens sapiens* und *H. sapiens neanderthalensis* aufgrund morphologischer Merkmale (und archäologischer Funde) zum selben Grundtyp gezählt, heute lebende Menschenaffen und fossile Formen wie der *Australopithecus* bilden dagegen andere Grundtypen.

Obwohl in Schöpfungslehre und Evolutionslehre große Unterschiede in den Grundtheorien und Denkvoraussetzungen bestehen, sind die Autoren des Buches überzeugt, daß auf der beschreibenden Ebene der Naturwissenschaften ein Gespräch möglich und sinnvoll ist. Da ich weitgehend und besonders an diesem Punkt die Ansichten der Autoren dieses Buches teile, möchte ich sie hier noch einmal zu Wort kommen lassen: „Indes: ‚Beweise‘ für oder gegen eines der beiden Modelle sind auf dieser Ebene [der naturwissenschaftlich beschreibenden Ebene, H. R.] nicht möglich, und im besten Falle wird man zum Schluß kommen, daß ein bestimmtes Modell – scheinbar oder in Wirklichkeit – weniger Widersprüche zu beobachteten Daten der Natur mit sich bringt als konkurrierende Modelle. Bei aller wünschenswerten und sachlichen Diskussion darf jedoch nicht übersehen werden, daß der weltanschauliche Blickwinkel, unter dem ein Schöpfungstheoretiker die Ursprungsfrage betrachtet, sich an bestimmten Stellen derart grundsätzlich von dem des Evolutionstheoretikers unterscheidet, daß hier realistischerweise wohl kein Konsens erwartet werden kann. Die Autoren sind aber davon überzeugt, daß dies [...] keinen Hinderungsgrund für die sachliche Auseinandersetzung darstellt.“

Heike Riege

SIEGFRIED SCHERER (Hrsg.): Typen des Lebens. (Studium Integrale.) Berlin: Pascal 1993.

In diesem Fachbuch geht es um Grundtypen. Im Gegensatz zu allen anderen Typdefinitionen in der Biologie handelt es sich hier um eine experimentell faßbare taxonomische Kategorie. Sie kann dazu beitragen, die Entstehung und Vielfalt der Lebewesen besser zu verstehen. Das Grundtypkonzept ist eine Arbeitshypothese, die auf der hin und wieder vorgeschlagenen, aber bisher wenig beachteten Möglichkeit aufbaut, Verwandtschaftskreise innerhalb des Tier- und Pflanzenreichs durch zwischenartliche Kreuzungen zu charakterisieren.

Im ersten Übersichtsartikel wird das Grundtypkonzept und seine Einordnung in die bestehende Systematik vorgestellt. Bisher beschriebene Grundtypen liegen zwischen Gattung und Familie, also deutlich über der Spezies, die populationsgenetisch oder morphologisch bestimmt wird. Im Gegensatz zu anderen höheren Kategorien, die rein morphologisch begründet sind, ist der Grundtyp morphogenetisch definiert und damit experimentell faßbar. Nach SCHERER gehören zwei Arten zum gleichen Grundtyp, wenn sie miteinander oder mit der gleichen dritten Art kreuzbar sind. Hierbei ist es wichtig, daß eine Embryonalentwicklung unter koordinierter Ausprägung des Erbgutes beider Elternteile zumindest begonnen wird. Trotz der Nachteile, daß manche Kreuzungen aus methodischen oder ethischen Gründen nicht durchführbar sind und daß über die Genexpression bei Hybriden zur Zeit noch sehr wenig bekannt ist, können mit diesem Konzept Organismengruppen, die mit großer Sicherheit monophyletischer Abstammung sind, beschrieben werden. Die bisher bekannten Grundtypen sind nicht nur durch fehlende Kreuzbarkeit, sondern auch durch andere Merkmale klar von benachbarten Gruppen getrennt. Man könnte – als vorläufigen Vorschlag – die Entstehung von Grundtypen als *Makroevolution* und die Bildung von Gattungen und Arten als *Mikroevolution* bezeichnen.

Prozesse der Artbildung, die bei der Speziation innerhalb von Grundtypen ablaufen können, werden im zweiten Übersichtsartikel des Buches dargestellt und diskutiert. Neben anderen Isolations- und Koexistenzmechanismen wird besonders auf die Speziation durch kleine Gründerpopulationen eingegangen, die zu sehr schneller Bildung neuer biologischer Arten führen kann. Außerdem wird die Möglichkeit der Diversifikation durch unterschiedliche Einschränkung des Modifikationspotentials einzelner Populationen gezeigt.

Um geistesgeschichtliche Wurzeln des Artbegriffs geht es im dritten Kapitel. Unter anderem befaßt sich der Autor mit Auffassungen von LINNAEUS und DARWIN über Konstanz und Veränderlichkeit von Arten im Rahmen einer theistischen beziehungsweise materialistischen Weltanschauung. Hierbei macht er auf eine häufige Fehldarstellung der Ansichten von LINNAEUS aufmerksam.

Grundtypstudien aus dem Pflanzen- und Tierreich folgen in zwölf weiteren Artikeln. Im einzelnen handelt es sich um Funariaceen (eine Laubmoos-Familie), Streifenfarngewächse (Aspleniaceae), Weizenartige (Triticeae), Nelkenwurzarartige (Geeae), Kernobstgewächse (Maloideae), Entenartige (Anatidae), Hühnervögel (Galliformes), Greifvögel (Falconiformes), Stieglitzverwandte und Prachtfinken (Carduelinae und Estrildidae), Hundeartige (Canidae), Pferde (Equidae) und Meerkatzenartige (Cercopithecoidae). Die Einzelbeiträge sind unterschiedlich lang. Ihnen liegt eine oft jahrelange gründliche Literatuarbeit zugrunde.

Die meisten der elf Autoren dieses Buches sind Biologen. Einige von ihnen konnten die Arbeit an einem Grundtyp mit ihrer hauptberuflichen Forschungstätigkeit verbinden. Andere bearbeiteten einen Grundtyp „nebeneinander“. Nicht nur Angaben über in der Natur beobachtete beziehungsweise experimentell durchgeführte Kreuzungen wurden verwendet. Auch Daten aus der Morphologie, Cytogenetik, Molekularbiologie, Biogeographie, Paläontologie, Verhaltensforschung und Ökologie der betreffenden und benachbarter Organismengruppen dienten dazu, Grundtypen voneinander abzugrenzen und mögliche Artbildungsprozesse innerhalb derselben zu rekonstruieren. Häufig wird die Abstammung der Arten innerhalb eines Grundtyps von einer genetisch komplexen Stammform vermutet. Hierfür wären Artbildungsprozesse verantwortlich, die jeweils aufgrund eines Selektionsdrucks durch Anpassung zu einer Spezialisierung führen. Diese stellt keine Höherentwicklung gegenüber der Ausgangsform dar, sondern eine genetische Verarmung. Insgesamt entsteht der Eindruck, daß besonders solche Organismengruppen gute Kandidaten für einen Grundtyp sind, innerhalb derer es schwierig ist, einen hierarchischen Stammbaum aufzustellen, weil ursprüngliche und fortgeschrittene Merkmale zusammen bei demselben Organismus auftreten.

Die Grundtypenbiologie ist seit Jahren ein Schwerpunktthema der Biologie-Fachtagungen der *Studiengemeinschaft Wort und Wissen*. Dieses Buch stellt eine Zusammenfassung dieser Arbeit auf hohem Niveau dar. Leider sind die Anschriften der Autoren bis auf eine Ausnahme nicht angegeben. Das würde interessierten Lesern eine Kontaktaufnahme erleichtern.

Während Kreuzungsexperimente oft nur von Experten, denen geeignete Methoden zur Verfügung stehen, durchgeführt werden können, kann eine anspruchsvolle Literaturliteraturarbeit, die der Beschreibung eines weiteren Grundtyps dient, auch von interessierten Laien geleistet werden, wie man an einigen Artikeln dieses Buches sehen kann. Es wäre schön, wenn dieses Buch unter anderem Berufs- und Hobbybiologen dazu motiviert, selbst Grundtypstudien durchzuführen, konstruktive Kritik am Grundtypkonzept insgesamt und den bisher postulierten Grundtypen zu üben und die vorliegenden Daten für eigene Forschungen über mikro- und makroevolutionäre Prozesse zu nutzen. Denn nur durch weitere Forschung kann sich zeigen, inwieweit das Grundtypkonzept für die Biologie von Bedeutung sein kann und an welchen Stellen diese Arbeitshypothese noch modifiziert werden muß. Hier ist besonders die Auswahl und Bewertung der Kriterien für die Zugehörigkeit von Arten zu einem Grundtyp zu nennen. Ferner sind bisher zu wenig Grundtypen beschrieben worden, um daraus allgemeine Aussagen über die Entstehung der heute lebenden Tier- und Pflanzenarten ableiten zu können.

Heike Riege

Die Autoren

Dipl.-Phys. Dr. phil. nat. Detlef BLÖCHER
Buchenauerhof 2, 74889 Sinsheim

Dipl.-Biol. Dr. rer. nat. Harald BORBE
(gegenwärtige Adresse und Tätigkeit unbekannt)

Dipl.-Phys. Dr. sc. nat. Hans Rudolf BRUGGER
Chreaweg 64, CH-7220 Schiers
(Gymnasiallehrer i. R.)

Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. Peter BUSCH
Gustav-Adolf-Bürger-Str. 10, 40699 Erkrath
(Leiter der Abteilung für Biophysik/Sensorik in einem
Industrieunternehmen in Düsseldorf)

Dr. rer. nat. Gerhard DANNEBERG
Auf der Hochwiese 62, 61267 Neu-Anspach
(Mikrobiologe beim TÜV Hessen in Eschborn)

StD i. K. OStR Wolfgang DOERK
Sonnenbühl 4/3, 75249 Kieselbronn
(Fächer: Biologie und Religion)

Prof. Dr. rer. nat. Günter EWALD
Aeskulapweg 7, 44801 Bochum
(Math. Institut der Universität Bochum)

OStRin Dipl.-Phys. Edith GUTSCHE
Unter den Tannen 4, 32457 Porta Westfalica
(Fächer: Physik und Mathematik)

Prof. Dr. rer. nat. Peter C. HÄGELE
Bürgermeister-Stetter-Str. 6, 89284 Pfaffenhofen
(Physikalisches Institut der Universität Ulm, Abt. Angewandte Physik)

Pfarrer Hermann HAFNER
Unter den Eichen 13, 35041 Marburg
(Geschäftsführer der Karl-Heim-Gesellschaft)

Prof. em. Dr. med. vet. Heiko HÖRNICKE
Eichbergstr. 61, 72525 Münsingen

Priv.-Doz. Dipl.-Biol. Dr. sc. agr. Ronald KAMINSKY
Buchsweg 3, 79639 Grenzach-Wyhlen
(Forscher am Schweizerischen Tropeninstitut Basel und Privatdozent
an der Universität Basel)

StD Lothar LANG
Vogelsangstr. 6, 78343 Gaienhofen
(Fächer: Physik, Mathematik, Religion)

Prof. Dr. rer. nat. A. M. Klaus MÜLLER (verstorben)
(war Professor für theoretische Physik an der TU Braunschweig und
Korrespondierendes Mitglied der Forschungsstätte der Evangelischen
Studiengemeinschaft [FEST] in Heidelberg)

Dipl.-Biol. Dr. Heike RIEGE
Bismarckstr. 62, 26384 Wilhelmshaven
(angestellt beim Bund für Umwelt und Naturschutz [BUND]
und beim Nationalparkzentrum Das Wattenmeerhaus;
Tätigkeit: Naturschutzarbeit, Ausstellungsplanung)

Dr. sc. tech. ETH Peter RÜST
CH-3148 Lanzenhäusern
(Biochemiker und Informatiker, tätig an der Eidgenössischen
Forschungsanstalt für Milchwirtschaft in Bern)

Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Geol. Klaus SCHWAB
Leibnizstr. 10, 38678 Clausthal-Zellerfeld
(TU Clausthal, Allgemeine und Historische Geologie)

Dipl.-Päd. Ulrike STORK
Küppershofweg 15, 52072 Aachen

Dipl.-Phys. Helmut WIEDMANN
Sanatoriumstr. 7, 88718 Daisendorf