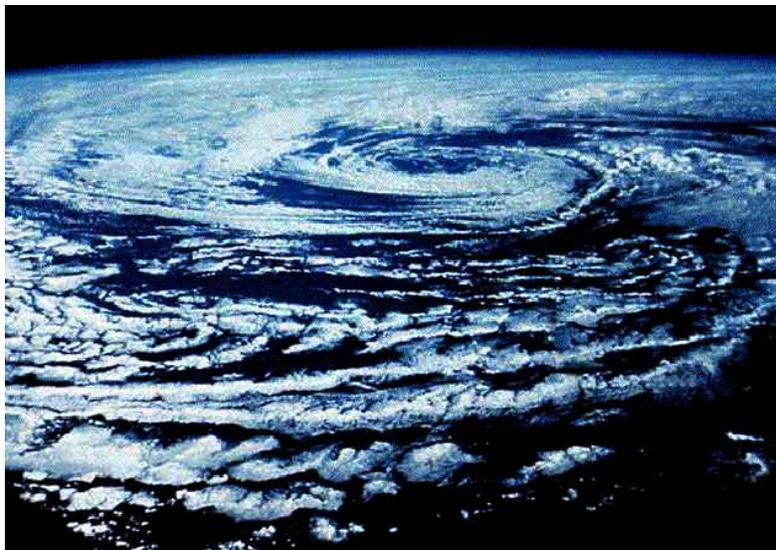


Das Anthropische Prinzip

*Der Ursprung des Universums
und die Herkunft des Lebens*



Zusammenfassung einer Seminararbeit zum Thema
"Kosmologie und Theologie" zum gleichnamigen
Seminar an der theologischen Fakultät der Universität
Heidelberg unter der Leitung von Prof. Dr. Jürgen Hübner.

Inhalt

Vorbemerkung	2
Einleitung.....	3
Was ist das Anthropische Prinzip?	
Einige Daten.....	4
Differenzierung.....	6
Passung? - die Frage nach der Wahrheit	8
Theologischer Fragenhintergrund.....	9
Philosophischer Fragenhintergrund.....	9
Exkurs I: Schwächen der Urknalltheorie, mögliche Alternativen.....	11
Exkurs II: Der Zufall und die »epistemische Substitution«	16
Definitionen.....	16
Epistemischer Zufall.....	16
Epistemische Substitution	17
Wat secht uns dat?	
Das Prinzip: ... was davon übrigbleibt	18
Ausblick.....	18
Schluß: Meditation.....	19
Literaturverzeichnis.....	20

Vorbemerkung

Diese Arbeit ist in drei Teile geteilt, die relativ unabhängig voneinander gelesen werden können. Der 1. Teil arbeitet die Bedeutung des anthropischen Prinzips heraus, der 2. Teil umreißt die philosophischen und theologischen Implikationen. Der 3. Teil geht noch einmal in die Tiefe und befaßt sich in zwei Exkursen mit den Schwächen der Urknalltheorie und der Rolle des »Zufalls« in naturwissenschaftlichen Theorien.

Es handelt sich bei diesen Ausführungen um die stark gekürzte Fassung einer Seminararbeit, die zwischen 1994 und 1995 im Rahmen eines Seminars über Kosmologie an der Universität Heidelberg entstand. Die philosophisch-theologische Seite der Überlegungen wurde aus verschiedenen Gründen stark verkürzt wiedergegeben.

Eine Online-Version dieses Dokumentes ist auch unter <http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~rkleeman/> zu finden.

Heidelberg, im Juni 1995

Revision 2.5 / 1.6.1999

Ralf Kleemann
Bergstr. 129
69121 Heidelberg
Tel.: 0177 8160270
Fax: 069 791 226 587
E-Mail: info@kleeworld.de

Einleitung

Wie sich eindeutig erst im Laufe des 20. Jahrhunderts herausstellte, obwohl es schon immer Mutmaßungen gegeben hatte, muß das Universum als geworden, als zeitlich und als sich entwickelnd verstanden werden. Es war nicht schon immer da, und es hat sich im Laufe seiner »Lebenszeit« stark gewandelt und auf einer Ebene, die wir beobachten können, Strukturen mit immer höherer Komplexität hervorgebracht. Diese Zeitlichkeit begann, so besagt die Urknalltheorie, vor etwa 15 tausend Millionen Jahren mit einer sehr starken Expansion (Urknall, Big Bang), die seitdem fortschreitet.

»Dieses Bild des Universums, das in sehr heißem Zustand begann und mit seiner Ausdehnung allmählich abkühlte, stimmt mit allen heute vorliegenden Beobachtungen überein.«¹

WOLFHART PANNENBERG merkt an, die moderne Kosmologie habe »zum ersten Mal das Universum als ganzes in seiner zeitlichen wie räumlichen Ausdehnung zum Gegenstand empirischer Forschung gemacht«²

Wir stellen fest, daß die Urknalltheorie bis auf einige Streitpunkte als kohärent betrachtet werden kann. Wir legen sie deshalb als »Arbeitshypothese« unseren Überlegungen zugrunde, auch wenn sich am Horizont Zeichen mehren, daß die Theorie der Entstehung des Universums in *einem* großen Urknall möglicherweise bald abdanken muß³.

Zu einem relativ fortgeschrittenen Zeitpunkt in der Bildung dieser Theorie ist die Frage, *warum* das alles geschah, zum ersten Mal in der (bekannten) Geschichte der menschlichen Erkenntnis auf einer Ebene ausdrückbar, die die – zumindest stückweise – Überprüfung (Verifikation) an einer einigermaßen schlüssigen naturwissenschaftlichen Sichtweise zuläßt.

Freilich ist vieles an der Sichtweise »von hinten«, wie sie im folgenden angedeutet werden wird, nur ein Modell, um die Dinge zu betrachten. Keinesfalls sollte das anthropische Prinzip als Ersatz für bestehende Realitätsdeutungen gesehen werden. Es ist bestenfalls in der Lage, den schon bestehenden Begriff vom Kosmos und von unserer Wirklichkeit um eine Denkfigur zu bereichern. Es soll an verschiedenen Beispielen versucht werden, sich in diesen Deutungsansatz einmal hineinzudenken.

Dies ist das **anthropische Prinzip**: Daß wir, die Menschen, aus all den kosmischen Faktoren – manche sagen: purer Zufall – hervorgegangen sind, also daß das ganze System »Universum« immanent auf die Entstehung von lebendigen Wesen angelegt zu sein scheint, Wesen, die noch dazu bewußt erfahren, was sie da um sich herum sehen und erkennen. Gäbe es dieses komplexe Gefüge von kosmischen Faktoren nicht, gäbe es uns nicht, weil auch die anderen Dinge wie Sterne und Planeten an sich nicht da wären, wir sind diesen also gleichsam ontologisch zu großem Dank verpflichtet...

Aber man kann auch anders herum fragen: CHARLES DARWIN hat das zum Beispiel getan, und das ist die eigentliche Pointe seiner Theorie: das Leben hat sich an die Natur angepaßt, nicht umgekehrt, es ist eine *Folge* von Voraussetzungen. Die Faktoren der Umwelt, so sie prinzipiell günstig für die Entstehung von Leben und Entwicklung sind, diese Faktoren bilden sich gewissermaßen innerhalb des Wesens wieder ab; deswegen gibt es auch so viele analogische Deutungen des Verhältnisses zwischen Mensch und Natur⁴.

Das Leben »paßt« sich also an die Natur »an«, das heißt auch, daß schon die Voraussetzungen für die Entstehung von Leben möglicherweise Anpassung ist: Die Molekularstruktur der DNA beispielsweise ist genau in demjenigen Bereich am empfindlichsten gegen Strahlung, der von der Atmosphäre herausgefiltert wird. Nun könnte man sagen, daß das

¹HAWKING 1988, S.154. Daß das so nicht stimmt, schildern neuere Arbeiten zum Thema. HAWKING weist allerdings auch selbst auf die Probleme der Urknalltheorie hin..

²PANNENBERG 1991, S.181.

³Siehe hierzu Exkurs I »Schwächen der Urknalltheorie«.

⁴Deswegen vielleicht hat GOETHE das Auge als Abbildung der Sonne beschrieben, so wie der Vogelflügel *quasi* eine Abbildung der Eigenschaften der Luft ist. Wo diese Denkweise willkürlich wird, beginnt das Glatteis.

ein sehr glücklicher Zufall ist, der unsere Existenz zu etwas sehr Wundersamem, aber doch lächerlich Unwahrscheinlichem macht⁵.

Doch beginnen wir weit vor der Zeit, in der Philosophen ihre Weltdeutungen verkünden konnten.

Was ist das Anthropische Prinzip? Einige Daten

Es gibt in allen uns bekannten Bereichen von Mikro- und Makrokosmos Faktoren, die sich in bezug auf die Möglichkeitsbedingung zur Entwicklung von Leben oder überhaupt nur dessen basalsten Voraussetzungen interpretieren lassen. Wir wollen zunächst einen kleinen Streifzug durch diese verschiedenen Bereiche unternehmen.

- Wäre das Verhältnis von Gravitationskraft und Expansionsgeschwindigkeit des Universums anders, wäre es nach einer sehr kurzen Zeit wieder in sich zusammengefallen. Verändert man die Expansionsgeschwindigkeit um den Faktor 10^{-12} (das ist eins durch eine Million Millionen) bezogen auf die erste Sekunde nach dem Urknall, hätte das Universum nach 50 Millionen Jahren aufgehört sich auszudehnen und eine eher lebensfeindliche Temperatur von etwa 10.000 K besessen. Bei einer schnelleren Expansion wiederum hätte keine Bildung von Galaxien stattgefunden.⁶
- Wäre die Expansionsgeschwindigkeit des Universums kleiner, hätte dies eine größere Wärmeansammlung im Kosmos zur Folge; die Erde wäre wahrscheinlich zu heiß, weil das thermische Gefälle zwischen Erde und Umgebung zu klein wäre.
- Wäre unsere Sonne viel kleiner oder viel größer, hätte sich auf der Erde, wenn es sie überhaupt gäbe, kein Leben entwickeln können. Bei kleinerer Masse wäre der Abstand schon zu groß, bei größerer zu gering; der Temperaturbereich, in dem sich stabile Eiweißmoleküle bilden können, ist sehr klein. Die Masse der Sonne hat auch großen Einfluß auf deren Lebensdauer und die Konstanz der abgegebenen Strahlung. Sonnen dieses Typs kann es aber überhaupt nur geben, weil die Gravitationskonstante und die elektromagnetische Feinstrukturkonstante in einem bestimmten Zahlenverhältnis zueinander stehen.
- Würden die großen Gasplaneten unseres Sonnensystems, vor allem Jupiter, nicht durch ihre große Masse Meteore und Kometen anziehen, würden etwa 200 Mal mehr Einschläge auf der Erde stattfinden. Das würde eine starke Bedrohung für die Lebensbedingungen auf unserem Heimatplaneten darstellen.
- Würde die Erde nicht von einem relativ massereichen Mond umkreist werden, der ihre Eigendrehung stabilisiert, hätten einige Feinheiten der Lebensbedingungen auf der Erde nicht über eine lange Zeit relativ gleichmäßig bleiben können.
- Wäre die Erde als Planet etwas kleiner oder größer, wäre die Atmosphäre zu dünn oder zu dick, um Leben in der uns bekannten, komplexen Form entstehen zu lassen.

⁵ Diese Deutungsweise haben verschiedene Naturwissenschaftler und andere Autoren in diesem Jahrhundert vertreten. Für JACQUES MONOD etwa war alles Leben auf unserem Planeten – und Leben gibt es seiner, wenn auch schon etwas betagten, Ansicht nach nur auf diesem – nur ein großer galaktischer Zufall, und fast wirkt es, als hätte er ›Unfall‹ sagen wollen. Inzwischen haben sich die seriöseren Autoren jedoch von solchen Ansätzen entfernt und wagen den Blick in naturwissenschaftliche Veröffentlichungen.

⁶ ACHTNER 1993 II. S.200

- Besäße die Erde Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Masse, würde sie im Verhältnis zur Sonne wenig oder gar nicht rotieren, was zur Folge hätte, daß die Temperaturdifferenzen zwischen der Tag- und der Nachtseite sehr groß wären. Extreme Wetterbedingungen (Stürme etc.) wären die Folge, vorausgesetzt, es gäbe dann eine vergleichbare Atmosphäre. Den gleichen Effekt hätte es, wenn die Rotationsachse der Erde nicht relativ senkrecht zur Bahnebene stünde. Ebenso von Bedeutung für die Fortentwicklung von Leben sind Faktoren wie das Wechseln von Kälte- und Wärmezeitaltern sowie das periodische Umschwingen des Erdmagnetfeldes, wobei diese Schwankungen nicht zu groß ausfallen dürfen, da es sonst zu einem abrupten Faunen- oder Florenschnitt käme.

-
- Wäre das Verhältnis der elektromagnetischen Wechselwirkung zur Kernbindungskraft um einen geringen Betrag kleiner oder größer, würde es keine stabilen Moleküle geben. Komplexere organische Verbindungen wären nicht entstanden.
 - Wäre die Gravitationskraft schwächer und die schwache Kernkraft stärker, hätte es nie Wasser geben können; Helium wäre in einem Überschuß vorhanden, der die weitere Entwicklung lähmen würde. Auch hätte es bei einem geringfügig anderen Verhältnis dieser beiden Größen gar keine Sterne geben können, in denen alle schwereren Elemente durch Kernfusion erbrütet wurden. Ohne schwere Elemente (vom Helium aufwärts im Periodensystem) wäre die Entstehung von irgendetwas anderem als kurzlebigen Sternen nicht denkbar.
 - Hätte das Wasser – aufgrund der elektromagnetischen Feldkonstante – keine Dipoleigenschaften, hätte sich kein Leben entwickeln können, weil alle biologischen Funktionen von ihm abhängen (Lösungsmittel, Enzymfunktionen, Zellstoffwechsel). Bei anderen Elementen ist das ähnlich (Magnesium → Photosynthese). »Die Stoffwechselprozesse hängen an der Wirkungsweise dieser Elemente, die ihren Charakter verändern würden, wenn man die Fundamentalkonstanten ändert.«⁷
 - Wäre das Verhältnis von starker und schwacher Wechselwirkung geringfügig anders, hätten ebenfalls keine komplexeren Moleküle entstehen können. Gleiches gilt für das Verhältnis von elektromagnetischer Wechselwirkung und starker Kernkraft; wäre diese etwas höher, wäre beim Urknall aller Wasserstoff bereits zu Helium verheizt worden (höhere Anziehung => höhere Temperaturen); wäre sie etwas geringer, würden in Atomkernen nicht mehr als zwei, drei Protonen nebeneinander bestehen können, ohne auseinanderzufliegen; es gäbe keine höherwertigen Elemente. Es geht hier um Schwankungen von etwa ±5%.
 - Noch ein Beispiel, das die Abhängigkeit und Verknüpfung der einzelnen Faktoren in sehr kleinen Details deutlich werden läßt: bei der Fusion von Helium (n.b.: *nicht* Wasserstoff) und bei der dabei stattfindenden Entstehung höherwertiger Elemente (vor allem Kohlenstoff) spielt Beryllium eine besondere Rolle als Katalysator. »Auffallend ist dabei, daß die Lebenszeit des Berylliums (ca. 10^{17} sec., danach zerfällt es wieder in zwei Heliumkerne) lang genug ist, um für die Kollisionszeit der He^4+He^4 -Reaktion als Katalysator zur Verfügung zu stehen. Zur Bildung von C^{12} -Kernen muß innerhalb dieser kurzen Lebensdauer ein weiterer He^4 -Kern die Coulombabstoßung überwinden, wozu eine Temperatur von $2 \cdot 10^8 \text{K}$ und eine Dichte von 10^5 g/cm^3 benötigt wird. Wichtig dabei ist, daß das »zufällig« angeregte Niveau von C^{12} nur wenig größer ist als die Gesamtenergie von Be^8+He^4 , wodurch die Bildung von C^{12} ein resonanzartiges Maximum besitzt, ohne welches das Heliumbrennen erst bei sehr viel höheren Dichten einsetzen würde.«⁸

⁷Ebd. S.199.

⁸ACHTNER 1993 II. S.197.

Die Liste über die Fragen aufwerfende Enge all jener Toleranzbereiche ließe sich noch lange fortsetzen. Es bestätigt sich durchweg: Jede einzelne der Konstanten, die wir in der Natur, im Kosmos vorfinden, wäre nicht über einen winzigen Toleranzbereich hinaus variierbar, ohne daß die Entstehung von Leben dadurch weitgehend ausgeblieben wäre. Es ist wohl deutlich geworden, was diese Daten bedeuten, wenn man sie nimmt und im Geiste einige Variationen durchspielt. Bezogen auf das Leben auf der Erde verdeutlichen diese Fakten die haarsträubende Enge des Korridors, innerhalb dessen sich auf unserem Heimatplaneten Leben entwickeln konnte.

Die Voraussetzungen für die Entstehung von kosmischen Strukturen wie Galaxien und Sternen, aus denen letztlich die Bedingungen einer biologischen Evolution auf unserem Planeten erwachsen, wurde gesteuert von den inneren Eigenschaften der Atome, aus denen jede Materie zusammengesetzt ist⁹, den »Naturgesetzen« und einigen glücklichen Zufällen, zum Beispiel der langfristigen Konstanz, mit der unsere Sonne ihren Wasserstoff verbrennt.

Es scheint offensichtlich zu sein, daß das *fine tuning*, die Feinabstimmung der Konstanten und Faktoren, die die Entstehung von Leben und dessen Voraussetzungen ermöglicht haben, uns an die Grenzen unseres Vorstellungsvermögens führt, und möglicherweise stellen wir daraufhin die Frage, *warum* das alles geschah (vielleicht auch, was das alles wohl gekostet haben mag...).

Differenzierung

Der Begriff »anthropisches Prinzip« ist *antropomorph*, weil die ganze Entwicklung auf den Menschen hinlaufend gedeutet wird, was impliziert, daß damit ein Zielpunkt erreicht wurde. Der Begriff ist aber eigentlich nicht *anthropozentrisch*. Es könnte ebenso gut *biotisches Prinzip* heißen, weil die Welt, der Kosmos, darauf »angelegt« zu sein scheint, Leben sich entwickeln zu lassen. Oder man nennt es »*cognizability principle*«, Erkennbarkeitsprinzip, weil es im Kosmos erkennende Wesen gibt.

In der Literatur hat sich die folgende Untergliederung herausgestellt¹⁰:

a) Das *kosmologische Prinzip* :

Das kosmologische Prinzip ist so etwas wie die Voraussetzung für eine weitere Differenzierung. Es besagt, daß es im ganzen Universum keine einzige Region gibt, die gegenüber anderen durch irgendetwas ausgezeichnet ist. Das Universum ist homogen, abgesehen von einigen lokalen »Symmetriebrüchen« wie Galaxien oder Sternen. Die Dinge, die wir beobachten (z.B. vom Baum fallende Äpfel), lassen also klare Vorhersagen und kohärente Theorien zu. Wäre das nicht so, würde unser Sonnensystem mitunter in Bereiche vordringen, in denen andere Naturgesetze wirken. Möglicherweise würde es dann aufhören ein Sonnensystem zu sein; wahrscheinlicher aber ist, daß es unter solchen Umständen gar nicht entstanden wäre.

b) Das *schwache anthropische Prinzip*:

Hierunter verstehen wir folgende – oben schon angedeutete – Definition:

Wenn das Universum wesentlich anders wäre, als es jetzt ist, gäbe es uns nicht. Wir Menschen sind aus einer ganz bestimmten Ansammlung von Voraussetzungen hervorge-

⁹Ich verwende das Atommodell um der Anschaulichkeit willen.

¹⁰Wobei es schwierig ist, zu erfassen, welche Variante der jeweilige Autor nun tatsächlich gerade vertritt; es gibt zahlreiche Mischformen und auf gegenseitiges Mißverstehen beruhende Fehldeutungen.

Bei HAWKING, *Eine kurze Geschichte der Zeit*, ist das Seite 158ff, kurzer Überblick über die Entwicklung des Begriffes als »naturphilosophische Denkfigur«

gangen, als ein (wenn auch nicht *das*) Ergebnis einer Entwicklung von kosmischen Ausmaßen.

Die Unglaublichkeit der Zufälle, welche Sonnen, Planeten, Meere, Atmosphären und schließlich Lebewesen haben entstehen lassen, diese Unglaublichkeit wird damit ersetzt durch den umgekehrten Gedanken, daß es die *Eigenschaften der Materie selbst* sind, die immer komplexere Strukturen bis hin zum menschlichen Cortex (Großhirn bzw. Großhirnrinde) bilden.

Noch ein Beispiel zur Veranschaulichung bietet folgende Frage: Warum ist der Raum, in dem wir uns vorfinden, dreidimensional? Antwort: In einem ein- oder zweidimensionalen Raum hätte es uns nicht geben können, weil sich komplexe neuronale Netze – Gehirne – erst in drei Dimensionen bilden können¹¹. Also wären in einer zweidimensionalen Welt auch keine Erkenntnisse möglich. Also ist *unsere* Welt dreidimensional, *weil* wir hier sind.¹²

Eine weitere Denkfigur, die in diesem Zusammenhang oft genannt wird, ist das »Vielwelten-Phänomen«: es sind unendlich viele Welten, Universen, vorstellbar, die mit anderen Naturgesetzen und Konstanten gar keine oder andere Strukturen hervorgebracht haben. Das anthropische Prinzip wird so zu einer Anwendung der Selektionshypothese, da bei einer Änderung der lebensbedingenden Faktoren keine intelligenten Beobachter hätten entstehen können.

c) Das starke anthropische Prinzip :

Die Formulierung »auf etwas hin«, auf den Menschen hin, bringt ein Problem mit sich: Wenn sich die Dinge scheinbar so konsequent auf uns hin entwickelt haben, steht zwischen den Zeilen immer der Gedanke an das »teufel«, das Ziel dieser Entwicklung. Während das schwache anthropische Prinzip die Frage nach der Finalität noch freistellt, gibt es auch diese – »radikale« – Variante, nach der Umschreibung von BRANDON CARTER (1974)¹³:

»Das Universum muß so beschaffen sein, daß es die Entstehung von Beobachtern zu irgendeinem Zeitpunkt seiner Entwicklung zuläßt.« (Hervorhebung von mir)

Das würde bedeuten, daß das Universum darauf angelegt ist, Beobachter hervorzubringen. Diese Deutung ist allermindestens teleologisch, also auf ein »Ziel« bezogen (theologisch wiederum die Frage, *wer* denn ein auf diese Weise festgelegtes Universum initiiert haben soll). Versucht man erst einmal, die Geschichte des Universums geradewegs *rückwärts* zu konstruieren, versagen kausale Erklärungen, weil die empirisch-positivistischen Methoden genau das als unzulässig betrachten, und darüber hinaus: »Die Logik reicht (hier) nicht aus, um eine korrekte Erklärung zu formulieren.«¹⁴

Befriedigend ist diese Sichtweise eigentlich nicht – genauso wenig, wie sie im strengen Sinne wissenschaftlich ist –, aber sie regt zum Denken an. Wie verhält sich unsere Existenz zu unserem kosmischen Werdegang? Oder, mit anderen Worten:

»Die Quantenmechanik hat uns gelehrt, das genaue Gegenteil ernsthaft zu prüfen; möglicherweise ist der Beobachter für die Entstehung des Universums genauso wichtig wie das Universum für die Entstehung des Beobachters.«¹⁵ «

Es sind auch noch andere Varianten des anthropischen Prinzips aufgetreten, wie das finale – also zielgerichtete, zweckhafte – anthropische Prinzip, das davon ausgeht, daß das Leben, einmal entstanden, nie wieder ausgelöscht werden kann, was aber ebenfalls eine

¹¹Vgl. HAWKING 1988, S. 206f.

¹²KANITSCHIEDER, S.338. Eine andere Frage ist, ob die Bedingungen für Leben so eng gefaßt werden können. Wir können (noch) nicht sagen, wie sich Leben unter anderen Voraussetzungen entwickelt hätte.

¹³Zit. in KANITSCHIEDER, S.335.

¹⁴Ebd., S.337.

¹⁵WHEELER in Spektrum der Wissenschaft. Feb.1982. S.99.

eher metaphysische Aussage ist, der man sich anschließen kann oder nicht¹⁶. Meist aber handelt es sich bei derartigen Äußerungen nicht einfach um neue Ideologien oder komplette Weltbilder. Es wird vielmehr versucht, aus vorhandenen Fakten Schlüsse für die Deutung der Welt zu ziehen, was ja den Naturwissenschaften qua Methode gar nicht zugedacht ist. Dabei kommt es nur gelegentlich zu ideologischen Auswüchsen. Wichtiger ist, daß dadurch einige Aspekte unseres Selbstverständnisses als Menschen unter einem etwas anderen Licht gesehen werden können.

Es scheint sich ein Trend in der modernen Naturwissenschaft herauszubilden, nach dem für manche Forscher das anthropische Prinzip das ist, wofür noch vor einiger Zeit der Begriff des Zufalls erhalten mußte: ein *asylum ignorantiae* – »Ich weiß mir keinen anderen Ausweg.«¹⁷ Auch diese Umgehensweise erscheint angesichts der Inkohärenzen der gängigen Weltbilder und Theorien verständlich. Der Exkurs II wird auf dieses Problem näher eingehen.

Passung? – Die Frage nach der Wahrheit

Zunächst noch soll ausformuliert werden, was sich bei derartigen Gedanken aufdrängt: die Anfrage nämlich, ob hier nicht einfach nur die Denkrichtung von normalen Erklärungen umgekehrt wurde. Das Huhn oder das Ei: eine Tautologie?

Die Frage ist auch hier nicht leicht zu beantworten: Das schwache anthropische Prinzip läßt sich noch in eine »wissenschaftlich« vertretbare Kausalrichtung einbetten, nicht so das starke, denn es führt eine Wirkursache aus der Zukunft (*causa finalis*) ein. Von Nutzen können jedoch beide sein, wenn man sich fragend vom »Was« zum »Warum« bewegt. Außerdem gibt es keinen Anlaß für die Annahme, daß bestimmte Konstanten und Faktoren am Anfang ausgerechnet diesen oder jenen Wert gehabt haben *müßten*. Es ist also kontingent, das heißt, es könnte auch anders sein¹⁸.

Es gibt mehrere mögliche Deutungen für die Frage, in welchem Bezug die Natur und das, was sie hervorbringt, stehen. Es finden sich in vielen Kulturen, auch in unserer, Deutungen, die der Natur selbst eine intelligente, schöpferische Kraft zubilligen, die unabhängig von einer eigentlichen Schöpfung agiert – Was sonst sollte eine derartig komplizierte, ineinander greifende und dabei äußerst zweckmäßig erscheinende Formenvielfalt hervorbringen können?

Wir sind damit an einem Punkt angekommen, wo sich die Frage aufdrängt, was denn nun hinter den Einsichten und Ergebnissen der Naturwissenschaft steht, welchen *Begriff* also wir uns von der Natur und den Menschen machen. Auch diese Frage steckt im anthropischen Prinzip. Hier treffen sich denn auch, spätestens, Naturwissenschaft und Theologie, es gibt einen Schnittpunkt, weil es um die grundsätzliche anthropologische Frage geht: Wer ist der Mensch, und was ist das, was er erkennt?¹⁹

¹⁶COVENY/HIGHFIELD, *Anti-Chaos*, S. 129. Wichtig ist dort auch die Anm. 83.

¹⁷SCHRAMM, zit. in HORGAN, *Spektrum der Wissenschaft*, Dez.1990, S.108.

¹⁸Vgl. Exkurs II zur »Kontingenz«.

¹⁹Es gibt auf beiden Seiten Deutungen dieser Frage: Der Physiker FRITJOF CAPRA ist der Ansicht, daß der heutige Mensch vor einer epochalen Wende steht, von einem Neuen Zeitalter, in die Ergebnisse der Quantenforschung bestimmend für das menschliche Zusammenleben werden: Die grundsätzliche Immaterialität der Materie soll auch dem Menschen helfen, letztendlich zu einer spirituellen Weltansicht zu gelangen.

Theologischer Fragenhintergrund

Einige Aspekte, sollen hier nur kurz angerissen werden, um einen Überblick über mögliche Fragenkomplexe zu bekommen.

Das Verhältnis von Naturwissenschaften, Philosophie und Theologie ist bisher oft am Rande oder zwischen den Zeilen aufgetaucht. Viel mehr als in den Zeiten dogmatischer Verhärtung, bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts hinein, ergibt sich heute mitunter eine Art Austausch zwischen den verschiedenen Fächern. Das mag zum einen daran liegen, daß die Physik in diesem Jahrhundert an grundsätzliche Grenzen gestoßen ist, jenseits derer man nur noch in metaphysischen Bildern reden kann, und einem gerade hieraus folgenden Interesse heutiger Physiker an Denkmodellen, die von Philosophen und Theologen bereitgestellt werden. Zum anderen trennt sich die (*hier*: abendländische protestantische) Theologie im Rahmen ihrer inhaltlichen Rückzugsgefechte zunehmend von der Spaltung zwischen Physik und Religion²⁰.

Um es kurz zu sagen, sollte die Sache des anthropischen Prinzips auf dieser Ebene "von der Philosophie oder der Theologie verhandelt werden, die, im Gegensatz zur [Natur-] Wissenschaft, welche die Welt nimmt, wie sie ist, der Frage nachgehen, ob sie nicht anders sein könnte."²¹

Die Ausführung dieser Frage würde dann auf die Anerkennung der evolutiven *Gewordenheit* der heutigen Welt basieren, deren Voraussetzungen, in ferner Vergangenheit, bestimmte Entwicklungen auf kosmischer Ebene gewesen sind. Evolution als Menschenbild mit Aspekten wie Vorläufigkeit, Eingebundensein, Abhängigkeit wäre die eher philosophische Folgerung aus diesem Ansatz. Die Pauschalisierung, die der Evolutionstheorie schon immer angehaftet oder ihr nachgeeilt ist, wäre dann allerdings kritisch zu beleuchten.

Philosophischer Fragenhintergrund; einige Gesichtspunkte

Die in der Einleitung aufgeführten Punkte lassen schnell zwei Fragen aufkommen: Warum das alles entstanden sei, und welches Ziel es haben mag. Die in diesem Kapitel vorgebrachten Gedanken beschäftigen sich ausschließlich mit der letztgenannten Frage.

Wichtig ist es, zwischen einem speziellen Ziel und einer bloßen Richtungsangabe zu unterscheiden. Die Feststellung, die Evolution verlaufe in eine bestimmte Richtung, nämlich – entgegen der eigentlichen Eigenschaft der Materie, die Entropie (Unordnung) zu vergrößern – auf immer höhere Komplexität hin, ist durchaus angemessen und neutral. Zu behaupten, diese Tendenz habe ein bestimmtes Ziel und höre dann womöglich auf, ist schon schwieriger zu handhaben. Sind wir dann dieses Ziel, oder ist das Ziel vielleicht das Einswerden mit Gott durch sukzessive fortschreitende Vergeistigung?

Aufgrund dieser Schwierigkeit haftet der starken Variante des anthropischen Prinzips immer ein »unwissenschaftlicher« Beigeschmack an.

Viele Naturwissenschaftler wollen von einer derartigen Sichtweise denn auch nichts wissen, diejenigen, die es tun, wie zum Beispiel der Physiker FRITJOF CAPRA, werden schnell in die »esoterische« Ecke gestellt.

Entwicklung impliziert hier auch den Gedanken, ein Zustand sei im Innern – quasi als Idee – schon angelegt gewesen, so wie auch der ganze Baum schon im Samen enthalten ist. Der – aristotelische – Begriff hierfür ist *Entelechie*, also daß ein Ziel, telos, in einer Sache schon angelegt ist, drinsteckt. Es fällt schwer, sich von dieser Interpretation der Dinge zu

²⁰Neben den Tendenzen einer Redogmatisierung und innerer Vereinfachung - bis hin zur plakativen Reduktion der christlichen Theologie auf einen personal-messianischen Extrakt - spielt er genannte Zweig allerdings keine besonders herausragende Rolle.

²¹STANISLAW LEM. GOLEM XIV. Kraków 1981. dt. Ausgabe Suhrkamp TB 1266. S.103.

verabschieden angesichts der Situation, in der wir uns vorfinden. Es liegt nahe und es spricht eigentlich nichts dagegen, uns als von Anfang an angelegtes Endprodukt der kosmischen Entwicklung zu betrachten. Aber die Sichtweise der Entelechie hat drei wesentliche Haken. Erstens, daß es nach dem »Baum«, ist er erst einmal ausgewachsen, nichts mehr gibt; die Ent-Wicklung wäre dann abgeschlossen, und zweitens, daß die Entwicklung bis zum Baum im Samenkorn schon festgelegt war: Die kosmische Entwicklung scheint demgegenüber sehr viel mehr auf allen Spielarten von Offenheit zu beruhen, die lediglich durch gewisse »die Freiheit einschränkenden Gesetzmäßigkeiten« gesteuert wurde²². Die Evolution ist blind, aber sie irrt nicht herum. Drittens schießlich sprechen die durch empirische Untersuchungen und Erfahrungen gewonnenen Fakten dagegen, daß die Evolution des Lebens auf unserer Stufe stehenbleiben wird.

*

²²Die Idee der gesteuerten Zufälligkeit stammt vom Biologen MANFRED EIGEN. Das Problematische am letzten Satz ist freilich die unwiderrufliche Bindung an die Alltagssprache. Versucht man derartige Zusammenhänge in ihr zu verpacken, wird es schnell ungenau. Das ist das *populärwissenschaftliche Paradoxon*. (vgl. auch Ditfurth 1980)

»Eine andere Theorie der Quantengravitation arbeitet mit Superstrings. Das sind hypothetische Teilchen, die eine Länge, aber keine Breite haben und in bis zu 26 Dimensionen²³ hin- und herwackeln können. Vertreter dieser Theorie behaupten, mit den wellenförmigen Zuckungen ließe sich das Verhalten aller in der Physik bekannten elementar genannten Teilchen erklären.«²⁴

»Nach der Auffassung jedoch, die ich im ersten Kapitel erläutert habe, ist eine wissenschaftliche Theorie nicht mehr als ein mathematisches Modell, das wir entwerfen, um unsere Beobachtungen zu beschreiben: Es existiert nur in unserem Kopf. Deshalb ist es sinnlos zu fragen: Was ist wirklich, die ›reale‹ oder die ›imaginäre‹ Zeit? Es geht lediglich darum, welche von beiden die nützlichere Beschreibung ist.«²⁵

Exkurs I: Schwächen der Urknalltheorie, mögliche Alternativen

In allerjüngster Zeit mehren sich Stimmen, die unter Betonung der Schwächen der Urknalltheorie alternative Modelle der Entstehung des Universums entwerfen. Einer von ihnen ist der Physiker ANDREI LINDE, der dabei ist, das Modell eines selbstreproduzierenden inflationären Universums zu weiterzuentwickeln. Er greift dabei die Schwächen des Urknallmodells auf und stellt fest, daß sein Modell mit weit weniger Inkohärenzen oder Widersprüchen auskommt²⁶. Der Erfolg der Urknalltheorie habe auch eine psychologische Komponente: Die Urknalltheorie habe wegen ihres anfänglichen durchschlagenden Erfolges zu einer gewissen Exklusivität geführt und damit andere kosmologische Theorien zunächst in den Hintergrund treten lassen²⁷. LINDES Auffassungen seien zwar noch nicht frei von Unklarheiten, erwiesen sich bisher aber als sehr stabil und wurden durch Beobachtungen sowie die Weiterentwicklung der Elementarteilchentheorie gestützt.

Zu den Schwächen der Urknalltheorie gehören nach LINDE, folgende Punkte:

- zunächst der Urknall selbst: Das, was vor der Etablierung der Naturgesetze in Zeit und Raum existierte, bildet den kritischen Punkt der Überlegungen. »Was war zuerst da: das Universum oder die Naturgesetze, die seine Entwicklung bestimmen?«²⁸ Eine Singularität, wie sie am Anfang des Urknall-Universums gestanden haben muß, ist naturgemäß nur durch Eingrenzung von außen zu beschreiben, nicht aber von innen heraus²⁹.
- das Auftreten des Raumes als flach, was nicht mit den Erwartungen gemäß der allgemeinen Relativitätstheorie übereinstimmt³⁰. Die Differenz zwischen Erwartung und Beobachtung ist sehr groß, sie beträgt bis zu 60 Größenordnungen.
- Ähnlich schwierig ist die Ansicht über die Größe des Universums. Nach dem Standard-Urknallmodell dürfte es weit weniger Elementarteilchen geben als man beobachten kann. »Da Sie als Leser ... schon aus etwa 10^{29} Teilchen bestehen, ... muß wohl an der Theorie etwas falsch sein«³¹.

²³Korrektur ist: *entweder 10 oder 26*.

²⁴HORGAN in *Spektrum der Wissenschaft* 12/90, S.112.

²⁵HAWKING 1988, S.177.

²⁶ANDREI LINDE 1995, S. 32ff.

²⁷Ein Effekt, der sich bei der Theoriebildung häufiger einstellt. Vgl. auch LINDE, S. 37f.

²⁸Ebd., S.32.

²⁹Vgl. HAWKING 1988.

³⁰LINDE 1995, S. 32f. Die Planck-Länge beträgt 10^{-33} cm; der Raum ist aber über die beobachtbaren 10^{28} cm »flach«.

³¹Ebd., S.33.

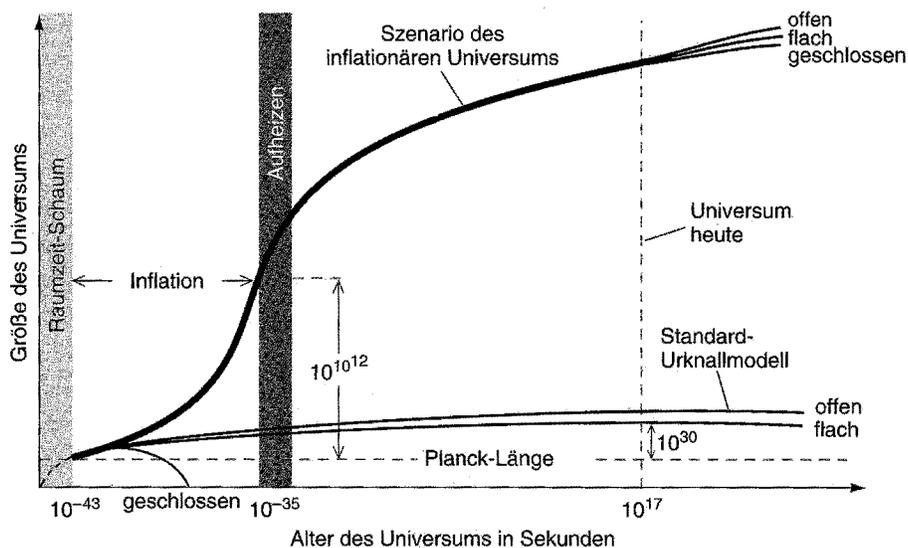
- das Problem des Zeitpunktes der Expansion. Da man von einer gleichzeitigen bzw. gleichförmigen Ausdehnung ausging, stellt sich die Frage, wie ein solcher Prozeß derart synchron vonstatten gehen konnte und was der Auslöser war³².
- die Frage der Materieverteilung: das Universum ist im Durchschnitt sehr homogen, hat aber »lokale Maxima« wie Sterne oder Galaxien. »Eine Theorie muß darum beides erklären können: die heutige großförmige Homogenität und die Herkunft der für die Galaxienbildung erforderlichen Dichte-Inhomogenitäten im frühen Kosmos«³³.
- schließlich das »Eindeutigkeitsproblem«: die Frage danach, ob sich das Unversum *notwendigerweise* so entwickeln mußte, wie wir es heute vorfinden.

Die letzte Frage ist für die Überlegungen zum anthropischen Prinzip bedeutsam. Natürlich fällt uns die bereits erwähnte Antwort wieder ein: Wenn das Universum grundsätzlich anders wäre, gäbe es uns nicht.

Als Illustration für das »Eindeutigkeitsproblem« dienen die Überlegungen zu der Anzahl der Dimensionen heute und zur Entstehungszeit des Universums³⁴.

Der Ausweg aus den Problemen der Urknalltheorie besteht für LINDE in der Entwicklung einer Theorie des *selbstreproduzierenden inflationären Universums*. Das ist ein Universum, das aus einem System verschiedener Parzellen, »Blasen«, besteht, das sich ständig – und bis in alle Ewigkeit – verändert und durch Informationen, die es aus den Teilen seiner selbst bezieht, einem gewissen Wachstum unterliegt: »... daß das Universum kein expandierender Feuerball sei, sondern ein gigantisches, wachsendes Fraktal.«³⁵

Es würde zu weit führen, hier alle Denkschritte nachzuvollziehen, die zum Aufbau dieser Theorie geführt haben, deswegen will ich nur kurz auf die Herleitung eingehen.



Das Szenario der chaotischen Inflation und das Standard-Urknallmodell liefern unterschiedliche Vorhersagen über die Entwicklung des Universums.

³²Ebd.

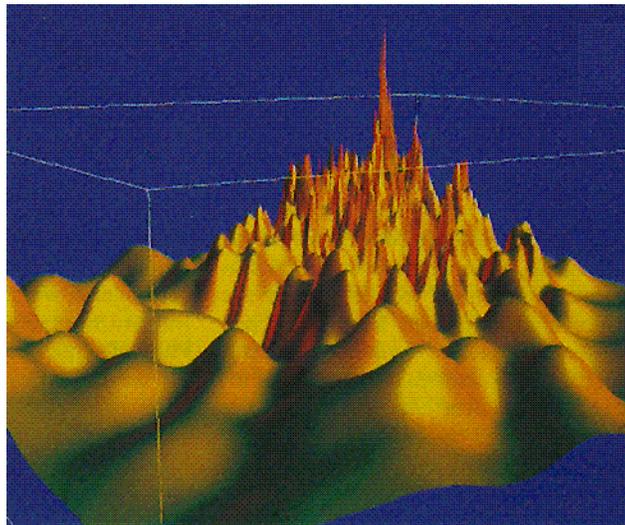
³³Ebd.

³⁴Ebd., S.33f.

³⁵Ebd..S.32.

Die beiden Modelle ähneln sich im Grunde, nur daß das von LINDE vorgeschlagene eine etwas schlüssigere Erklärung für die in der Frühphase des »Urknall«-Universums stattfindenden Strukturbildungsprozesse bereithält. Er kommt zu dem Schluß, daß im Grunde die Urknalltheorie Teil der inflationären Theorie ist und nicht umgekehrt.

Ein wichtiger Schritt hierbei ist die Einführung sogenannter »Skalarfelder« als Hilfskonstruktion und mathematisch-theoretischer Unterbau. Sie dienen zur Darstellung von Potential- oder Energiedifferenzen in verschiedenen Teilen in der Frühphase des Universums. Die Stärke des jeweiligen Feldes beeinflusst die Eigenschaften der Elementarteilchen im jeweiligen Teilgebiet. Ein hohes Potential bedeutet starke Quantenfluktuationen, die ihrerseits wieder für die spätere Ausbildung von stellaren Strukturen verantwortlich sind. Skalarfelder können jeden möglichen Wert annehmen, aber nur diejenigen mit einem hohen Potential erfahren auch eine Inflation/Expansion³⁶. Das Universum war zu Anfang mit diesen Feldern »angefüllt«, was eine schnellere Expansion als in der Urknalltheorie vorgesehen zur Folge hatte.



An den Stellen, die als Spitzen hervortreten, dehnt sich das Universum schnell aus, wodurch inflationäre Gebiete entstehen. Wir leben in einem der Täler, in denen der Raum nicht mehr der Inflation unterworfen ist.

Das Modell der Skalarfelder gibt der allerersten Anfangsphase des Universums eine neue Prägung. Demnach dehnte sich das Universum am Anfang exponentiell aus (in den ersten 10^{-35} sec.) und nahm erst dann denjenigen Lauf an, der durch das Urknall-Modell beschrieben werden kann. Der Urknall jedoch sähe nun etwas anders aus.

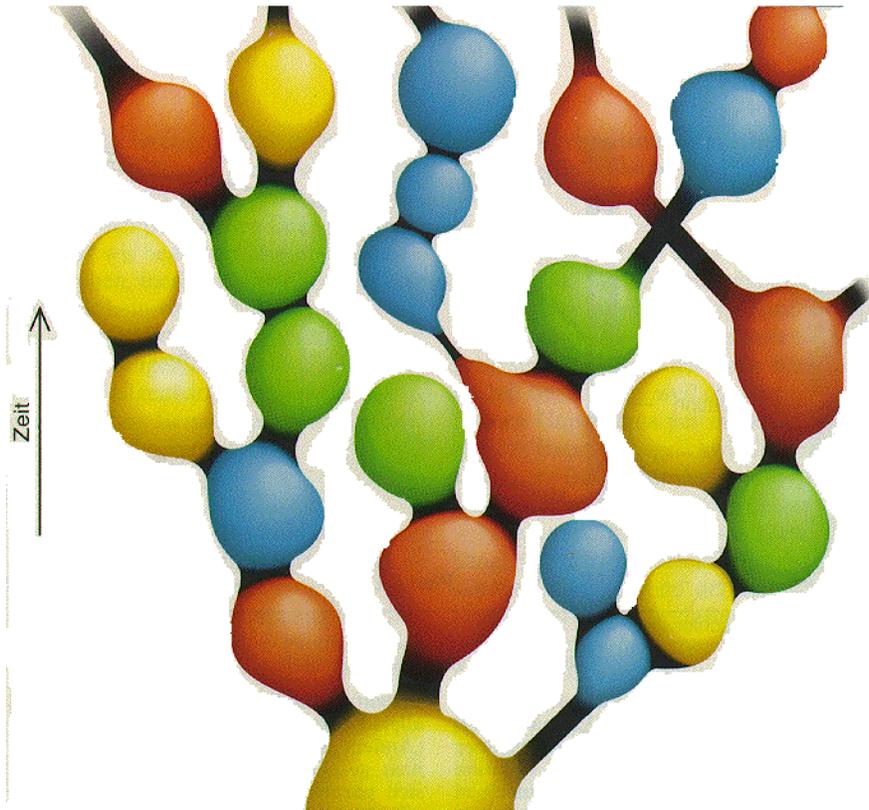
Die Folgen dieser sehr schnellen Ausdehnung sind zweierlei. Zunächst die räumlich betonte Komponente: Es ergeben sich aus den anfänglichen Inhomogenitäten eigene, unabhängige Bereiche jenseits des beobachtbaren Universums. Das Universum wird so zu einem Verbund vergleichsweise kleinzelliger »Blasen«, die erst zusammengenommen das ergeben, was wir bisher darunter verstanden³⁷.

Die zeitlich betonte Konsequenz wäre, nach weiteren Überlegungen, diese: Die Inflation bestimmter, durch ihr energetisches Potential disponierter Teilbereiche des Universums beschränkt sich nicht auf den zeitlichen Anfang desselben. Die Konsequenz aus der Einführung der »Skalarfelder« ist, daß sich solche Inflationen jederzeit und immer wieder er-

³⁶Vgl. LINDE, S.37. Auch hier findet sich ein Ansatzpunkt für unsere „umgekehrte Denkrichtung« des anthropische Prinzips: Nur die Felder mit hohem Potential dehnen sich aus und entwickeln sich zu bewohnbaren Teilbereichen. In diesen wiederum fällt es intelligenten Beobachtern umso schwerer, von der eigenen Situation zu abstrahieren. Sie kennen die anderen Teilbereiche ja nicht.

³⁷Vgl. ebd., S.34.

eigenen können. Daraus folgt eine *fraktale* Struktur, deren Teilbereiche einer ständigen Veränderung unterliegen. Neue Abschnitte (»Blasen«, »Domänen«) können entstehen und andere in der Singularität³⁸ enden.



Der selbstreproduzierende Kosmos, dargestellt als Verzweigung inflationärer Blasen. Die Eigenschaften der Blasen hängen nicht vom Zeitpunkt ab, zu dem die Blase erzeugt wurde. In diesem Sinne könnte das Universum als Ganzes stationär sein, selbst wenn das Innere jeder Blase von der Urknalltheorie zutreffend beschrieben wird.

LINDE nennt diesen Vorgang Selbstreproduktion, wobei das Universum in seiner Summe immer bestehen bleibt und sich, vielleicht ewig, weiterentwickelt³⁹. Eine Art immerwährender Fluß also.

Für die Diskussion um das anthropische Prinzip bedeutet diese Theorie, daß die oben erwähnte »Viel-Welten-Hypothese« mehr Gewicht bekommen könnte. Andere Teilgebiete des inflationären, selbstreproduzierenden Universums könnten anderen Naturgesetzen unterliegen, was wiederum unterschiedliche Zahlen von Dimensionen zur Folge gehabt haben könnte, in denen überhaupt keine oder aber völlig andere Lebensformen (»Beobachter« im Sinne des anthropischen Prinzips) Platz fänden.

Es sei wiederum daran erinnert, daß diese Überlegungen zum Anthropischen Prinzip nur eine alternative Denkrichtung illustrieren sollen. Die Sichtweise »von hinten« führt schnell in eine Sackgasse, weil sie allzu leicht und immer wieder zu falschen Schlüssen verleitet. Die »Viel-Welten-Theorie« ist nichts weiter als eine freie, philosophische Folgerung aus naturwissenschaftlichen Forschungsergebnissen oder nur aus Hypothesen bzw. den dahinter stehenden Modellen.

³⁸Siehe Glossar.

³⁹Ebd., S. 39f.

Wir erinnern uns an die Selektionshypothese, nach der die intelligenten Beobachter der einen Welt (»Blase«) feststellen, daß andere Blasen gar keine oder aber vollkommen andere Wesen enthalten. Selektion wäre dann die Metapher – aus der Evolutionstheorie entlehnt und bitte nicht falsch als Stufenmodell zu verstehen – für die Menge der Blasen, die es aufgrund ihrer physikalischen Bedingungen/Voraussetzungen gleichsam geschafft haben, intelligente Beobachter hervorzubringen.

Für das traditionelle Bild der Welt bleibt einmal mehr nur die weitere Externalisierung des eigenen Stellenwertes im Kosmos, zumindest, was die bisherige Urknallhypothese betrifft; war jener Kosmos bei aller Vierdimensionalität noch relativ überschaubar, muß man sich bei LINDE an die ungemütliche Vorstellung fraktaler Beliebigkeit oder auch kosmischer Ausgesetztheit gewöhnen, die die Konsequenz aus einer erschlagenden Vielheit und Komplexität von Potentialen ist.

Zusammenfassend bleibt zu sagen, daß es Alternativen zur Urknall-Theorie schon öfter gegeben hat; die Entscheidung gegen sie bedeutet keinen völligen Umschwung. Neue Ansätze könnten aber die vorliegenden kosmo-physikalischen Daten besser i.e. kohärenter zusammenfassen als es bisher möglich war. Auch sei hier noch einmal die Notwendigkeit betont, zwischen vorliegenden Daten und deren mathematischer Auslegung durch Hypothesen und Theorien einerseits und philosophischer oder theologischer Auslegung der möglichen Auswirkungen solcher Weltbilder auf die traditionellen Denksysteme andererseits zu unterscheiden.

»Man müßte eine gewisse Menge Materie so stark komprimieren, daß Quantenfluktuationen eine Inflation hervorrufen könnten. Einfache Abschätzungen auf der Basis der chaotischen Inflation deuten an, daß aus weniger als einem Milligramm Materie ein ewig währendes, sich selbst reproduzierendes Universum entstehen könnte.

Wir wissen freilich nicht, ob dieser Vorgang jemals möglich wäre. Die Theorie der Quantenfluktuationen ist äußerst kompliziert. Und selbst wenn wir neue Universen künstlich erschaffen könnten — was sollten wir mit ihnen anfangen? Könnten wir ihren Bewohnern, die ihr mikroskopisches Universum als so groß empfinden würden wie wir das unsere, irgendwelche Nachrichten zukommen lassen? Wäre es womöglich denkbar, daß unser eigenes Weltall von einem ehrgeizigen Physiker erschaffen worden ist?

Eines Tages werden wir diese tiefgründigen Fragen vielleicht beantworten können.« ⁴⁰

⁴⁰LINDE 1995. S.37 (Kasten).

Exkurs II: Der Zufall und die »epistemische Substitution«

Der Zufall ist uns im Laufe der Zeit immer wieder und mit verschiedenen Aspekten begegnet. Was Zufall nun eigentlich bedeutet, ist schwer zu definieren. Zunächst kann damit die Koinzidenz gemeint sein, das nicht vorhersehbare Aufeinandertreffen unabhängiger Kausalketten (Ein Meteorit fällt auf einen Rosenstock). Oder aber man bezeichnet mit »Zufall« alles, was innerhalb eines Denkmodells nicht mit kausalen Ursache-Wirkung-Mustern erklärt werden kann. Hier stellt sich dann allerdings die Frage nach der Abgrenzung der verschiedenen Bereiche; heißt es in letzterem Fall, daß man alles nicht Erklär- oder Herleitbare einfach mit »Zufall« betitelt, um das Modell von der Wirklichkeit von Widersprüchen (Inkohärenzen) frei zu halten? Ist der Zufall das *asylum ignorantiae*, eine dem »Gott der Lücken«⁴¹ nicht unähnliche Denkfigur?

Definitionen

Die lexikalische Umschreibung des Zufalls beschreibt ein »Ereignis, das nicht notwendig oder beabsichtigt erscheint oder dessen Eintritt durch keinen (unmittelbar) erkennbaren Grund bewirkt wird«⁴².

Formal ausgedrückt, ist der *Zufall* ein Ereignis, dessen Sein oder Nichtsein nicht abzusehen oder vorauszusagen ist (für Vulkanier: [a]-Z-N[a]).⁴³ Die *Kontingenz* ist wiederum etwas, das auch oder ebensogut anders sein könnte, inklusive des Nichtseins (für Vulkanier: K*[a]≡-N[a]). Beide Begriffe stehen in enger Beziehung, wobei die Kontingenz etwas enger gefaßt ist⁴⁴.

Der Zufall *impliziert* das Nichtsein aber nicht etwa, das Nichtsein ist sozusagen kein ontologischer Bestandteil des tatsächlich eingetretenen Ereignisses, nur war dieses *vorher*, vor seinem tatsächlichen Eintreten, unberechenbar, eben nicht-vorher-sehbar.

Es ist aber auch eine Bedeutung des »Zufalls« denkbar, die ein Ereignis beschreibt, das *keine* Ursache hat. Beispiele hierfür sind allerdings schwer zu finden, denn wer wäre der Mensch zu sagen, daß es sich dabei nicht doch um einen epistemischen (erkenntnisbedingten) Zufall handelte, und daß nur unsere Unkenntnis uns davon abhielte, eine Erklärung, i.e. eine Ursache zu finden? Die Abläufe innerhalb von Atomkernen wären ein Beispiel, etwa die sogenannte Indeterminiertheit, ausdrückbar in einer Unvorhersehbarkeit des Zeitpunktes des Zerfalls eines radioaktiven Kerns: Man kann zwar für eine große Zahl von Atomkernen einen statistischen Mittelwert für die Zerfallszeit finden und gewisse Wahrscheinlichkeitsaussagen treffen, niemand kann aber sagen, wann und aus welchem Grund ein *einzelner* Atomkern zerfällt.

Diese Denkfigur wird ontischer oder ontologischer Zufall genannt. Der ontische oder ontologische Zufall meint eine *totale* Abwesenheit *jeglicher* Ursache, die äußerste Konsequenz dieses Gedankenganges, die jedoch für unsere Ausführungen eher von marginaler Bedeutung ist.

Epistemischer Zufall

Eine Unvorhersehbarkeit besteht entweder wegen momentaner oder aber prinzipieller Unzulänglichkeit menschlicher Erklärungsversuche. Die Unvorhersehbarkeit bezieht sich

⁴¹Zur Idee des »Gottes der Lücken« vgl. HAWKING 1988, S.148.

⁴²Vgl. Meyer's Enzyklopädisches Lexikon.

⁴³KANT formuliert, der Zufall sei das Ereignis, dessen Nichtsein sich denken läßt.

⁴⁴Vgl. TRE (Theologische Realenzyklopädie). Artikel *Kontingenz*.

hierbei auf unser Erkenntnisvermögen, da es zwar eine Ursache für die Ereignisse gibt, welche jedoch verborgen bleibt.

Das kann am jeweiligen wissenschaftlichen Kenntnisstand eines Zeitalters liegen, so wie in den Jahrhunderten vor EINSTEIN auch niemand eine mathematisch fundierte Widerlegung der Objektivität von Raum und Zeit vorlegen konnte (Obwohl es Menschen wie Kant und Buddha gab, die die Absolutheit dieser Kategorien auf anderem Wege widerlegten). Mittelalterliche Interpretationen der Zusammenhänge von Wirkung und Ursache muten uns, die wir mehr über Atomkerne und Erbmoleküle wissen, oft eher kurios an.

In anderen Bereichen zeichnet sich jedoch eine *prinzipielle* Unmöglichkeit ab, die Komplexität von Ereignisketten letztgültig zu entschlüsseln: Längerfristige Wettervorhersagen zum Beispiel sind ebenso unmöglich wie die Vorausberechnung der Bahn einer Billardkugel nach mehreren Kollisionen mit anderen Kugeln oder der Tischkante. Das liegt schon allein an der unberechenbaren Wärmebewegung jedes einzelnen Atoms, die die mikrokosmische Oberfläche der Kugel zu einem wabernden See werden läßt. Und sehr kleine Schwankungen des für uns unglaublich komplizierten atmosphärischen Systems »Wetter« können sich fortpflanzen, so daß eine winzige Ursache erhebliche Auswirkungen auf den Verlauf des gesamten Wetters haben kann. Die »Chaos-Forschung«⁴⁵ bietet hierfür das eindrucksvolle Bild eines Schmetterlings, dessen Flügelschlag einen Hurrican am anderen Ende der Erde zur *Folge* hat, freilich ohne daß das im einzelnen berechenbar oder vorhersagbar wäre.

Auch denkbar wäre, daß Ereignisse einer *völligen* Regellosigkeit folgen, denn die Abwesenheit von Regel bedeutet ja noch nicht die Abwesenheit einer Ursache. Unser Wort hierfür könnte »Spontaneität« oder »Kreativität« sein. Auch müßte ein solches spontanes Ereignis wohl im weitesten Sinne physikalischen Gesetzmäßigkeiten folgen: so etwa die drei Steine, die, in die Luft geworfen, ein gleichseitiges Dreieck ergeben.

Wichtig bei all diesen Spielarten des Zufalls bleibt, daß die *Kausalität* den Rahmen bildet, innerhalb dessen bestimmte Ereignisse, in zeitlich-räumlicher Abfolge, stattfinden. Wir sehen, daß das Ursache-Wirkung-Schema hier denkerisch an seine Grenzen geführt wird.

Epistemische Substitution

Die Anwendung dieser Gedanken auf Theoriebildungsprozesse und Weltbilder ergibt folgendes: Die etwas schillernde Bedeutung dessen, was wir Zufall nennen, ist ein gutes Beispiel für das, was man mit *epistemischer Substitution* bezeichnen könnte: der Versuch, die Wirklichkeit mit einem Modell zu beschreiben, scheitert – entweder wegen eines Mangels an Wissen oder aber aufgrund der Eigenschaften der Welt an sich. Um aber das Modell weiter widerspruchsfrei und aussagekräftig sein zu lassen, werden Faktoren eingeführt, die diese Unberechenbarkeiten ausdrücken. Dies führt zu einer Vereinfachung des Wirklichkeitsmodells, die aber zugunsten der Kohärenz in Kauf genommen wird. Das ist in jedem Modell mehr oder weniger der Fall. Hinzu kommt natürlich der Umstand, daß es sich bei der rein sprachlichen Formulierung irgendwelcher die Wirklichkeit beschreibenden Modelle immer schon um *Interpretationen* von komplexen und möglicherweise mehrdeutigen mathematischen Systemen handelt. Je elaborierter das Modell von der Wirklichkeit ist, desto schwieriger wird es, es in die uns gewohnte Alltagssprache zu übertragen, ohne ungenau zu werden. Es ist letztlich nicht möglich, diese Grenze zu überwinden.

*

⁴⁵Das ist der populärwissenschaftliche Titel für diesen Forschungszweig, der sich mit der Frage beschäftigt, ob komplexe Systeme, die auf den ersten Blick "chaotisch" erscheinen, sich mit relativ wenigen Parametern beschreiben lassen: so fand man innerhalb der letzten 15 Jahre einen Zugang zu chaotischen Systemen, die vorher wegen der schier Unkenntnis der das Chaos lenkenden Regeln als gänzlich unberechenbar galten.

Wat secht uns dat?

Das Prinzip: ... was davon übrigbleibt

Wie soll man nun umgehen mit derlei Aussichten? Das Akzeptieren der über alle Maße gehenden Komplexität der Welt hätte uns schon am Anfang davon abhalten können, Mythen und andere Theorie-Geschichten zur Welterklärung bereitzustellen. Gerade die nicht zu bremsende Neugierde aber, eine Eigenschaft intelligenter Wesen, ist ein Bestandteil der Rede vom anthropischen Prinzip: Daß wir uns bemühen, Sinn in ein virtuelles Chaos zu bringen (denn **wir** sind schließlich die intelligenten Beobachter!). Bedenklich ist das nur dann, wenn es nicht als vorläufig und unabgeschlossen behandelt wird, oder man andererseits in einem vagen Relativismus versinkt.

Die Frage nach der letztendlichen Realität, nach einem Gedanken von HANS BLUMENBERG; geäußert hat er ihn im Zusammenhang einer Betrachtung des Begriffs des Mythos: Wäre der unbebrillte Blick auf die Wirklichkeit, so wie sie wirklich ist, von tödlicher Unausstehlichkeit? Und können wir anders, als kausale Erklärungen letztlich auch für suchenswert und »natürlich« zu halten?

Ausblick

So bleiben wir Menschen, natürlich im kosmischen Sinne. Deswegen hat das anthropische Prinzip auch so viel mit einer kritischen Einschätzung des Menschseins zu tun. Machen wir es uns klar: Unser Gehirn ist alles andere als ein Instrument zur möglichst genauen Erkenntnis der Welt. Auch gibt es wahrlich Anlaß zu hoffen, daß wir Menschen nicht das endgültige Ergebnis einer so gigantischen kosmischen Entwicklung darstellen.

Viel hat sich in den letzten Jahren auf dem Gebiet der Kosmologie verändert. Wie auch in anderen gesellschaftlichen Bereichen scheint man Abschied zu nehmen von den jeweils exklusive Gültigkeit beanspruchenden »großen« Theorien, den *good old fashioned theories*, die Ähnlichkeiten mit den alten Philosophenschulen aufweisen. Das gleiche Schicksal ereilt die traditionelle christliche Religion in unserem Kulturkreis, sei es, weil sie es versäumt hat, angesichts des großen Erfolges der empirischen Naturwissenschaft ihre Mythen-sprache am Leben zu erhalten, oder sei es, weil ihre Imaginationsfähigkeit bei den dogmatischen Abschottungsversuchen des orthodoxen Flügels auf der Strecke bleiben mußte. Von dieser Seite ist also allem Anschein nach keine Initiative zu erwarten, die mehr als reaktiven oder abgrenzenden Charakter hat.

Vielmehr findet, deutet man die Zeichen richtig, innerhalb der Naturwissenschaften eine Ausweitung, Verbreiterung der Sichtweise statt, und Fragen werden gestellt, die noch vor 20 Jahren als unseriös galten, weil sie die Grenzen der Wissenschaftlichkeit überschritten.

Schluß: Meditation

Jede Zelle, jedes Wassermolekül, alles Leben, das wir sehen, entstanden aus den inneren Eigenschaften der Atome, der Kräfte. Sie strukturierten sich, sie verbanden sich, sie folgten einem stillen Wegweiser. Die Zwischenstufen, ein Stern, in dessen Kernfeuer sich die Elemente bildeten, waren nicht der direkteste Weg, aus Kohlenstoff und Sauerstoff Pflanzen und Tiere werden zu lassen. Die Möglichkeitsbedingung von Leben soll der Bindungswinkel zwischen zwei Atomen sein? Mir schwindelt bei dem Gedanken an so eine Präzision. **Das** ist Intelligenz, so viel mehr als mein bloßes Ahnen, wie all das entstanden sein könnte.

Mein eigener Körper, bestehend aus Atomen, die im Kernfeuer längst zerplatzter Sonnen zusammengebacken wurden? Es läßt zugleich staunen und mulmig werden, es *gibt* diesen direkten Bezug, der mich mit allem verbindet, eingebettet in ein gesamtes, volles und lebendiges Universum. Sterne, Millionen Kilometer weit, extra für unsere Nervenzellen? Was für ein Aufwand!

Es gibt direkte Verbindungen – Das haben die Physiker mit ihren Fernrohren herausgefunden. Es hängt alles zusammen auf diese fast aberwitzige Weise. Die Erklärbarkeit dieser Dinge läßt mitnichten die Faszination verschwinden – sie erzeugt sie oft erst.

Nun können wir in intergalaktischen Videos durch die ganze Geschichte des Universums eilen, Sterne und Planeten bewundern und bis in die feinsten Feinheiten von Quarks und Gluonen vordringen. Ach, wovon waren wir noch gleich ausgegangen ?

Ganz egal diese Frage, denn *landen* werden wir doch immer bei uns selbst, bei unserem eigenen Denken und Rechnen und Beweisen. Der Mensch erkennt sich als Bestandteil einer großen – und wunderschönen – kosmischen Geschichte, als denkendes Wesen, das sich seiner Vorläufigkeit bewußt werden und selbst sein Erkennen erkennen kann.

Ich will schreien und schweigen zugleich, daß ich dessen gewahr sein kann.

Literaturverzeichnis

Achtner, Wolfgang: *Die theologische Bedeutung des anthropischen Prinzips*, in: EZW Materialien 6 und 7 / 1993.

Audretsch, Jürgen & Mainzer, Klaus (Hg.): *Vom Anfang der Welt. Wissenschaftsgeschichte, Physik, Religion, Mythos*. München 1989

Audretsch, Jürgen (Hg.): *Die andere Hälfte der Wahrheit*. Naturwissenschaft, Philosophie, Religion. München 1992

Barrow, John D.: *Theorien für alles*, Spektrum Verlag 1992

Blacker, Carmen & Loewe, Michael (Hg.): *Weltformeln der Frühzeit. Die Kosmologien der alten Kulturvölker*, Düsseldorf/Köln 1977

Blumenberg, Hans: *Die Genesis der kopernikanischen Welt*, Frankfurt/M. 1975

Böhme, Wolfgang (Hg.): *Evolution und Gottesglaube*, Göttingen 1988

Breuer, R.: *Das anthropische Prinzip. Der Mensch im Fadenkreuz der Naturgesetze*, 1981

Briggs, John & Peat, F.David: *Die Entdeckung des Chaos*, München 1991

Cassirer, Ernst: *Individuum und Kosmos in der Philosophie der Renaissance*, Darmstadt 1927

Cornell, J.(Hg.): *Die neue Kosmologie*, Basel 1991

Coveney, Peter & Highfield, Roger: *Anti-Chaos. Der Pfeil der Zeit in der Selbstorganisation des Lebens*, Reinbek 1992

Davies, Paul & Brown, Julian r. (Hg.): *Superstrings*, München 1992

Davies, Paul: *Die Urkraft. Auf der Suche nach einer einheitlichen Theorie der Natur*, Hamburg 1987

Ditfurth, Hoimar v.: *Im Anfang war der Wasserstoff*, Hamburg 1972 (München 1980).

Drieschner, Michael (Hg.): *Einführung in die Naturphilosophie*, Darmstadt (WBG) 1991

Dux, Günter: *Die Logik der Weltbilder*, (STW 370) Frankfurt/M. 1982

Erbrich, Paul: *Zufall*, München 1986

Gierer, Alfred: *Die gedachte Natur: Ursprung, Geschichte, Sinn und Grenzen der Naturwissenschaft*, München 1991

Gould, Stephen: *Die Entdeckung der Tiefenzeit*, München 1990

Hawking, Stephen: *Eine kurze Geschichte der Zeit*, Reinbek 1988

Horgan, John: *All-umfassende Erkenntnisse*, in: *Spektrum der Wissenschaft*, 12/1990, 104-114

Hübner, Jürgen: *Die Theologie Johannes Keplers zwischen Orthodoxie und Naturwissenschaft*, Tübingen 1975

Jonas, Hans: *Materie, Geist und Schöpfung*, Frankfurt/M.

Kanitscheider, Bernulf: *Kosmologie. Geschichte und Systematik in philosophischer Perspektive*, Stuttgart 1984

Linde, Andrei: *Das selbstreproduzierende inflationäre Universum*, in: *Spektrum der Wissenschaft*, Januar 1995, 32-40.

Nitschke, August: *Naturerkenntnis und politisches Handeln im Mittelalter. Körper - Bewegung - Raum*, Stuttgart 1967

Overbye, Dennis: *Das Echo des Urknalls. Kernfragen moderner Kosmologie*, München 1991

Pagels, H.: *Die Zeit vor der Zeit, Das Universum bis zum Urknall*, Berlin 1987

Peacocke, Arthur R.: *Creation and the World of Science*, Oxford 1979

Rensch, Bernhard: *Das universale Weltbild. Evolution und Naturphilosophie*, Darmstadt 1991

Schultz, Uwe (Hg.): *Scheibe, Kugel, Schwarzes Loch. Die wissenschaftliche Eroberung des Kosmos*, München 1990

Seipel, Wilfried (Hg.): *Mensch und Kosmos (Katalog zur Oberösterreichischen Landesausstellung 1990)*

Shapiro, Robert: *Schöpfung und Zufall*, Gütersloh 1987

Sheldrake, Rupert: *Die Wiedergeburt der Natur*, München 1991

Silk, Joseph: *Der Urknall. Die Geburt des Universums*, Basel 1990

Staguhn, Gerhard: *Das Lachen Gottes. Der Mensch und sein Kosmos*, München 1990

Tanzella-Nitti, Giuseppina: *Questions in Science and Religious Belief*. Tucson/Arizona

Toulmin, Stephen & Goodfield, June: *Modelle des Kosmos*, München 1970

Varela, Francisco & Maturana, Humberto: *Der Baum der Erkenntnis*, München 1987

Bildnachweis:

Die verwendeten Schaubilder entstammen der Zeitschrift *Spektrum der Wissenschaft* (ISSN 0170-2971), Ausgabe Januar 1995, S.39/30/40.
