GRENZGEBIETE DER WISSENSCHAFT
30. Jahrgang 2-1981 Resch Verlag

H. M. UNTERKIRCHER

ERKENNTNIS DER WELT
GRUNDLAGENPROBLEME UND LÖSUNGSMODELLE DER KOSMOLOGIE

Dr. Helga Maria Unterkircher, geboren am 7. 11. 1940 in Innsbruck, studierte an der dortigen Universität Psychologie, Astronomie und Philosophie. Sie befaßte sich mit Grundlagenproblemen der Naturwissenschaft, der Wahrnehmungs- Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie sowie der politischen Philosophie.

Fragen nach dem Aufbau und der Ausdehnung des Kosmos in Raum und Zeit haben die Menschen seit jeher beschäftigt. Die *Kosmologie*, eine der ältesten Wissenschaften überhaupt, ist die Lehre von der Beschaffenheit und Struktur der Welt. Im Rahmen des kosmogonischen Fragenkomplexes geht es um die Probleme des Ursprungs und der Entwicklung des Universums.

Das grundlegende Problem der Unendlichkeit oder Endlichkeit der Welt besitzt eine *räumliche* und eine *zeitliche* Komponente: Ist das Weltall unendlich, ist es offen? Oder falls es geschlossen ist: Wie ist diese Abgeschlossenheit vorzustellen? Besitzt der Kosmos einen Anfang in der Zeit, und gibt es einen definitiven Endzustand des Universums?

Raum und *Zeit* bilden somit die Grundbegriffe kosmologischer Hypothesen: Diese verwenden *einheitliche (universale) Begriffe des Raumes und der Zeit*, wenn sie Aussagen über die *Welt als Einheit* treffen. Inwiefern können aber diese Begriffe durch Erfahrungswerte interpretiert werden, inwieweit sind sie Sachverhalten der menschlichen Beobachtung zuordenbar? *Ist die Kosmologie Naturwissenschaft, oder ist sie Spekulation?*

I. DIE KLASSISCHEN BEGRIFFE DES RAUMES UND DER ZEIT

Isaac NEWTON, der Begründer der klassischen Physik, und Immanuel KANT, ihr philosophischer Interpret, schlossen *eine Beziehung der Begriffe Raum und Zeit zur realen Außenwelt* aus. NEWTON führte die Grundbegriffe der klassischen Physik, die Begriffe des *«absoluten Raumes»* und der *«absoluten Zeit»* mit folgenden Worten ein:

«Der absolute Raum bleibt vermöge seiner Natur und ohne Bezug auf einen äußeren Gegenstand stets gleich und unbeweglich.»

«Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand.»[1]

Nach KANT sind Raum und Zeit *Vorstellungen*, die nur im menschlichen Gemüt existieren:

«Jener Raum selber aber, samt dieser Zeit, und, zugleich mit beiden, alle Erscheinungen, sind doch an sich selbst keine D i n g e , sondern nichts als Vorstellungen, und können gar nicht außer unserem Gemüt existieren.»[2]

«Der Raum ist nichts anderes als ... die subjektive Bedingung der Sinnlichkeit, unter der allein uns äußere Anschauung möglich ist.»[3]

«Die Zeit ist nichts anderes, als die Form des inneren Sinnes, d. i. des Anschauens unserer selbst und unseres inneren Zustandes.»[4]

Raum und *Zeit* sind im Sinne KANTs Produkte der menschlichen Einbildungskraft[5], denen bestimmte Eigenschaften zukommen: KANTs *Raum* besitzt eine geometrische – euklidische – Struktur ('er habe nur drei Abmessungen'); die *Zeit* ist im Sinne KANTs ein eindimensional gerichteter 'Zeitpfeil'. Dabei handle es sich aber um *keine Schlußfolgerungen aus Erfahrungstatsachen*:

«Denn die geometrischen Sätze sind insgesamt apodiktisch, d. i. mit dem Bewußtsein ihrer Notwendigkeit verbunden, z. B. der Raum hat nur drei

1 Isaac NEWTON: Philosophiae naturalis principia mathematica. - 1687, deutsche Ausgabe von J. Ph. Wolfers, Berlin 1872; zitiert in: Peter MITTELSTAEDT: Philosophische Probleme der modernen Physik. - Mannheim: Bibliographisches Institut 1963, S. 16

2 Immanuel KANT: Kritik der reinen Vernunft, A 492. - Nach der ersten und zweiten Originalausgabe neu herausgegeben von Raymund Schmidt, Hamburg: Meiner Verlag 1956

3 Derselbe, ebenda, B 42

4 Derselbe, ebenda, A 33

5 Vgl.: Immanuel KANT: Anthropologie in pragmatischer Hinsicht. - Königsberg 1798; zitiert nach der kritischen Ausgabe der Berliner Akademie, Band VII, S. 167

Abmessungen; dergleichen Sätze aber können nicht empirische oder Erfahrungsurteile sein, noch aus ihnen geschlossen werden.»[6]

«Die Zeit ist eine notwendige Vorstellung, die allen Anschauungen zum Grunde liegt. ... Sie hat nur Eine Dimension: verschiedene Zeiten sind nicht zugleich, sondern nacheinander (so wie verschiedene Räume nicht nacheinander, sondern zugleich sind). Diese Grundsätze können aus der Erfahrung nicht gezogen werden, denn diese würde weder strenge Allgemeinheit, noch apodiktische Gewißheit geben.»[7]

II. RAUM UND ZEIT IN DER MODERNEN PHYSIK

Die Begriffe des Raumes und der Zeit werden in der modernen Physik durch die Angabe von *Meßverfahren* definiert. Eine Reflexion auf *Erfahrungswerte* und damit auf die materiellen Bedingungen, unter denen eine experimentelle Realisierung (Messung) der Begriffe *Raum* und *Zeit* möglich ist, war von den Begründern der klassischen Physik nicht durchgeführt worden. Ansonsten wäre als Voraussetzung der klassischen Physik klargeworden, daß *Raum- und Zeitmessungen* mit Maßstäben durchgeführt werden können, die in der Natur gar nicht vorkommen, nämlich mit ideal starren Körpern und mit unendlich schnellem Licht. Es gab jedoch für die Existenz ideal starrer Körper zu keiner Zeit glaubhafte Hinweise, und die Tatsache, daß sich das Licht nicht unendlich schnell fortpflanzt, war bereits durch die Messung der Lichtgeschwindigkeit durch Olaf RÖMER (1675) experimentell sichergestellt worden. Dies spielte jedoch lange Zeit für die Mechanik keine Rolle, weil die meisten hier auftretenden Geschwindigkeiten gegenüber der Lichtgeschwindigkeit äußerst gering sind, sodaß sie beliebig addierbar sind, ohne daß dadurch die Lichtgeschwindigkeit überschritten würde.

Die Verfeinerung der Beobachtungstechnik – insbesondere im Bereich elektromagnetischer Vorgänge – konnte aber so weit gesteigert werden, daß die realen Eigenschaften der Meßinstrumente nicht länger unberücksichtigt bleiben konnten; sie bekamen direkten Einfluß auf die Meßresultate. Es wurde erkannt, daß die Messungen

6 Immanuel KANT: Kritik der reinen Vernunft, B 40/41
7 Derselbe, ebenda, A 31, B 47

von *räumlichen und zeitlichen Veränderungen* mit Hilfe von Gegenständen bzw. Vorgängen ausgeführt werden müssen, die *tatsächlich in der Natur vorkommen*. Die Relativitätstheorie verwendet zur Messung von *Raum- und Zeitkoordinaten* das Licht. Durch diese Verknüpfung der Messung von Raum und Zeit mit den Gesetzen des Lichts erhält die Theorie eine gegenüber der klassischen Theorie neuartige Struktur: Die Mittel, mit denen die Natur erkannt wird, sind Teile eben dieser Natur. Physik beschreibt jetzt die Natur, wie sie sich zeigt, wenn sie mit *realen Maßstäben und Uhren* untersucht wird. Physikalische Begriffe und Aussagen sollen sich auf *experimentell realisierbare* Vorgänge, auf Erfahrungstatsachen, beziehen.[8]

Hinsichtlich des Raum-Zeit-Problems bedeutet dies, daß *eine Beziehung der Begriffe Raum und Zeit zur menschlichen Erfahrung, zur Erfahrung von Gegenständen der Außenwelt* – realen Maßstäben und Uhren – hergestellt wird. Dies war in der klassischen Theorie gerade *ausgeschlossen* worden.

Die Konsequenz einer solchen physikalischen Definition der Begriffe Raum und Zeit ist, daß nicht von einem *allem* Weltgeschehen zuordenbaren «absoluten Raum» und einer ebensolchen «absoluten Zeit» die Rede sein kann, sondern nur von dem relativen Raum und der relativen Zeit *bestimmter* Realitätsbereiche, Bezugskörper oder Koordinatensysteme. Albert EINSTEIN erklärt in seinen Erläuterungen der speziellen Relativitätstheorie:

«Jeder Bezugskörper (Koordinatensystem) hat seine besondere Zeit; eine Zeitangabe hat nur dann einen Sinn, wenn der Bezugskörper angegeben ist, auf den sich die Zeitangabe bezieht.»[9]

Im Sinne dieses erkenntnistheoretischen Prinzips der modernen Physik können physikalische Aussagen nur über raum-zeitliche Veränderungen *bestimmter* Realitätsbereiche oder Bezugskörper getroffen werden, die der Erfahrung und Messung zugänglich sind. Aussagen über raum-zeitliche Veränderungen *aller* – auch nicht meß- und erfahrbarer – Realitätsbereiche oder Bezugskörper der Welt sind dann ausgeschlossen.

8 Vgl. dazu: Peter MITTELSTAEDT: Philosophische Probleme der modernen Physik. - Mannheim: Bibliographisches Institut 1963, S. 29 – 32

9 Albert EINSTEIN: Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie. - Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn 1920, S. 18

Unter Zugrundelegung dieses Prinzips ist eine *Kosmologie*, die Aussagen über raum-zeitliche Veränderungen des *gesamten Universums* –als Einheit aller Realitätsbereiche und Gesamtheit aller Geschehnisse und Bezugskörper – trifft, *unmöglich.*

III. RAUM-ZEITLICHE VERÄNDERUNGEN ALS MATERIELLE EREIGNISSE

Hermann MINKOWSKIs Konzeption des *vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuums* als Grundlage der Relativitätstheorie richtet sich gegen die Annahme, daß Raum und Zeit nichts miteinander zu tun hätten:

«Von Stund an sollen Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art Union der beiden soll Selbständigkeit bewahren.»[10]

Wie EINSTEIN erläutert, sei durch die Relativitätstheorie die vierdimensionale Betrachtungsweise der Welt geboten, da 'gemäß dieser Theorie die Zeit ihrer Selbständigkeit beraubt werde' und eine Zeitangabe nur dann als sinnvoll erachtet wird, wenn der *Bezugskörper* angegeben ist, auf den sie sich bezieht.[11]

Wie EINSTEIN erklärt, sei keine Aussage banaler als die, daß unsere gewohnte Welt ein vierdimensionales zeiträumliches Kontinuum sei; es sei

«... die Welt des physikalischen Geschehens, von M i n k o w s k i kurz «Welt» genannt, natürlich vierdimensional im zeiträumlichen Sinne. Denn sie setzt sich aus Einzelereignissen zusammen, deren jedes durch vier Zahlen, nämlich drei räumliche Koordinaten x, y, z und eine zeitliche Koordinate, den Zeitwert t beschrieben ist. Die «Welt» ist in diesem Sinne auch ein Kontinuum; denn es gibt zu jedem Ereignis beliebig «benachbarte» (realisierte oder doch denkbare) Ereignisse, deren Koordinaten x_1, y_1, z_1, t_1 sich von denen des ursprünglich betrachteten Ereignisses x, y, z, t beliebig wenig unterscheiden.[12]

10 Hermann MINKOWSKI: Raum und Zeit. - Vortrag, gehalten auf der 80. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Köln am 21. September 1908; veröffentlicht in: H. A. LORENTZ, A. EINSTEIN, H. MINKOWSKI: Das Relativitätsprinzip. - Leipzig/Berlin: Teubner Verlag 1920, S. 54

11 Vlg. Albert EINSTEIN: Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, S. 38

12 Derselbe, ebenda, S. 37 und 38

Physikalische Realität sollen nur Konstatierungen *zeit-räumlichen Charakters über materielle Begegnungen beanspruchen* können:

«Betrachten wir z. B. einen beliebig bewegten materiellen Punkt! Hätte derselbe nur eine momentane Existenz ohne Dauer, so wäre er raum-zeitlich beschrieben durch ein einziges Wertsystem x_1, x_2, x_3, x_4. Seine bleibende Existenz ist also durch eine unendlich große Zahl von solchen Wertsystemen charakterisiert, deren Koordinatenwerte sich stetig aneinanderreihen; dem Massenpunkte entspricht also eine (eindimensionale) Linie im vierdimensionalen Kontinuum. Vielen bewegten Punkten entsprechen ebensowohl derartige Linien in unserem Kontinuum. Die einzigen diese Punkte betreffenden Aussagen, welche physikalische Realität beanspruchen können, sind in Wahrheit die Aussagen über Begegnungen dieser Punkte. ... Daß solche Begegnungen in Wahrheit die einzigen tatsächlichen Konstatierungen zeiträumlichen Charakters sind, die wir in physikalischen Aussagen antreffen, wird der Leser nach eingehender Überlegung ohne Zweifel zugeben.»[13]

IV. RELATIVISTISCHE KOSMOLOGIE

Unter der Voraussetzung, daß Aussagen zeit-räumlichen Charakters, denen ein Anspruch auf physikalische Realität zukomme, nur Aussagen über *materielle* Ereignisse sein könnten, ist Kosmologie unmöglich. Denn kosmologische Überlegungen können sich nicht nur auf den materiellen Teilaspekt des Universums beziehen.

Das erste *relativistische Weltmodell* der Kosmologie (EINSTEIN, 1917) geht von der *allgemeinen Relativitätstheorie* aus. Diese sieht die kosmologischen Modelle als eine besondere Form von Lösungen der Feldgleichungen für das Gravitationsfeld. Hierbei wird davon ausgegangen, daß das *Gravitationsfeld* – und nur dieses – die raumzeitliche Struktur des Kosmos im Großen bestimmt.[14]

Der Massenanziehung (Gravitation) zufolge sei der Raum nicht euklidisch (eben, offen, unendlich), wie die klassische Theorie angenommen hatte: Die Gravitation soll zu einer Abweichung von der Euklidizität des Raumes führen, zu einer 'Raumkrümmung', die von Ort zu Ort verschieden sein soll je nach der Größe der Masse bzw.

13 Derselbe, ebenda, S. 64 und 65

14 Vgl.: Hans-Jürgen TREDER: Relativität und Kosmos. Raum und Zeit in Physik, Astronomie und Kosmologie. - Berlin: Akademie Verlag 1968, S. 88

Massenanziehung. Dem Raum wird dann eine *elliptische Geometrie* zugrundegelegt (die Winkelsumme im Dreieck ist größer als 180 Grad). Es läßt sich ein Maß angeben für die Abweichung einer solchen Geometrie von der euklidischen, das als 'Krümmung' bezeichnet wird. Über die 'Struktur des Raumes nach der allgemeinen Relativitätstheorie' äußert sich EINSTEIN wie folgt:

«Gemäß der allgemeinen Relativitätstheorie sind die geometrischen Eigenschaften des Raumes nicht selbständig, sondern durch die Materie bedingt. ... Wir wissen bereits aus früheren Überlegungen, daß das Verhalten der Maßstäbe und Uhren durch die Gravitationsfelder, d. h. durch die Verteilung der Materie beeinflußt wird. Hieraus folgt schon, daß von einer exakten Gültigkeit der euklidischen Geometrie in unserer Welt keine Rede sein kann. Aber es ist an sich denkbar, daß unsere Welt von einer euklidischen wenig abweicht, diese Auffassung liegt umso näher, als die Rechnung ergibt, daß selbst Massen von der Größe unserer Sonne die Metrik des umgebenden Raumes nur ganz minimal beeinflussen.»[15]

Die *Welt* sei endlich und quasi-sphärisch:

«Soll es aber in der Welt eine wenn auch noch so wenig von null abweichende mittlere Dichte der Materie haben, so ist die Welt nicht quasieuklidisch. Die Rechnung ergibt vielmehr, daß sie bei gleichmäßig verteilter Materie notwendig sphärisch (bzw. elliptisch) sein müßte. Da die Materie in Wahrheit im einzelnen ungleichmäßig verteilt ist, wird die wirkliche Welt vom sphärischen Verhalten im einzelnen abweichen, sie wird quasi-sphärisch sein. Aber sie wird notwendig endlich sein müssen.»[16]

Alle Modelle der relativistischen Kosmologie sind *mathematische Lösungsmodelle*, die ein Zutreffen bestimmter Geometrien auf die Struktur des Weltraums behaupten. Dabei gibt es, wie BECKER et al. darlegen, verschiedene theoretische Möglichkeiten:

«Die relativistische Kosmologie wendet die allgemeine Relativitätstheorie auf ein Weltall an, in dem die Materie gleichförmig verteilt ist (1. und 2. kosmologisches Prinzip). Nach den Prinzipien dieser Theorie wird von einem vierdimensionalen *Raum-Zeit-Kontinuum* ausgegangen, um die Bewegung der Lichtstrahlen und Teilchen zu beschreiben. Es hat sich gezeigt, besonders durch die Arbeiten von *A. Friedmann*, daß viele mathematische Modelle für das Weltall theoretisch möglich sind. Sie unterscheiden sich dadurch voneinander, daß sie dem dreidimensionalen Raum verschiedene Krümmungen zuschreiben: Er kann eben (euklidisch), sphärisch (positive Krümmung) oder

15 Albert EINSTEIN, Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, S. 76 und 77

16 Derselbe, ebenda, S. 77

hyperbolisch (Krümmung negativ) sein. Ferner kann der Raum statisch sein, expandieren oder kontrahieren oder auch pulsieren, also abwechselnd expandieren und kontrahieren. Sphärische Weltmodelle sind geschlossen. Genauso wie eine Kugeloberfläche, die zwar einen bestimmten Flächeninhalt, aber keinerlei Begrenzung hat, ist der sphärische Raum endlich, aber unbegrenzt. Die euklidischen und hyperbolischen Räume sind dagegen offen und unendlich.»[17]

Treffen solche kosmologische Lösungsmodelle Aussagen über eine Endlichkeit oder Unendlichkeit, eine Geschlossenheit oder Offenheit, eine Krümmung, Statik oder Expansion, ein Pulsieren oder Oszillieren des Universums, so handelt es sich dabei um *mathematische Gedankenkonstrukte*, deren Übereinstimmung mit der Wirklichkeit nicht gegeben ist. Wie Bernulf KANITSCHEIDER verdeutlicht, besteht keine Möglichkeit, dem Raum eine beliebige Struktur zuzuschreiben. Diese sei mit den *geometrischen Aussagen* der physikalischen Theorie verknüpft. Die Frage nach der *Geometrie des Universums* sei *empirischer* Natur. Die uns zur Verfügung stehenden empirischen Daten (Beobachtungsfakten) erlauben jedoch *keine* Entscheidung über das Zutreffen oder die Unrichtigkeit eines bestimmten theoretischen (geometrischen) Weltmodells:

«Welches von den vielen vorgeschlagenen Modellen die wahre, d. h. wirkliche Raum-Zeit-Struktur beschreibt, ist bei der heutigen Menge der verfügbaren Beobachtungsdaten nicht entscheidbar.»[18]

Wie aus der Explikation Gerhard FREYs klar wird, bezieht sich die relativistische Raum-Zeit-Auffassung nur auf einen *Teilaspekt der Wirklichkeit*:

«Denn in die Metrik des Raum-Zeit-Kontinuums geht nur die Masse ein. Körper und Materie ist mehr als bloß Masse. – Masse ist nur eine Eigenschaft der materiellen Körper, die in ganz bestimmter Weise gemessen wird. Es gibt aber wohl keine Materie ohne elektrische Eigenschaften. Nur ein «Teil» der Materie hat sich in den Vorstellungen der Relativitätstheorie mit Raum und Zeit verbunden, der andere besteht immer noch gesondert. Die relativistische Auffassung von Raum und Zeit kann daher nicht endgültig sein.[19]

17 Udo BECKER / Rolf SAUERMOST (Redaktion und Bearbeitung): Erforschter Weltraum. Ein Sachbuch der modernen Astronomie. - Freiburg im Breisgau: Verlag Herder KG 1975, S. 233

18 Bernulf KANITSCHEIDER: Geometrie und Wirklichkeit. - Berlin: Duncker & Humblot 1971, S. 268

19 Gerhard FREY: Erkenntnis der Wirklichkeit. Philosophische Folgerungen der modernen Naturwissenschaften. - Stuttgart: Kohlhammer 1965, S. 54

FREY gelangt nach Erörterung auch anderer Lösungsversuche zu dem Resultat,

«... daß die Fragen nach den geometrischen Eigenschaften des physikalischen Raumes und des Raum-Zeit-Kontinuums keineswegs als vollständig gelöst angesehen werden können.»[20]

Hinsichtlich der Übereinstimmung der Aussagen der Geometrie mit den realen Gegenständen hatte sich EINSTEIN wie folgt geäußert:

«Der Begriff «wahr» paßt nicht auf die Aussagen der reinen Geometrie, weil wir mit dem Worte «wahr» in letzter Linie stets die Übereinstimmung mit einem «realen» Gegenstande zu bezeichnen pflegen; die Geometrie aber befaßt sich nicht mit der Beziehung ihrer Begriffe zu den Gegenständen der Erfahrung, sondern nur mit dem logischen Zusammenhang dieser Begriffe untereinander.»[21]

In einer als Zweig der Physik zu behandelnden Geometrie könne jedoch

«... gefragt werden, ob jene Sätze zutreffen auf diejenigen realen Dinge, welche wir den geometrischen Begriffen zugeordnet haben.»[22]

Es stellt sich die Frage, ob der Raum überhaupt ein derartiges *reales Ding, ein Gegenstand der Erfahrung und Beobachtung* ist, dem geometrische Eigenschaften zugeordnet werden können. Das grundsätzliche Problem ist, welche *beobachtbaren Eigenschaften* der Raum (und nicht die Materie) überhaupt besitzt: Denn deren Feststellbarkeit wäre die einzige Möglichkeit für eine Lösung des Raumproblems auf *naturwissenschaftlicher Basis.*

Georgi SCHISCHKOFF äußert sich dazu wie folgt:

«Auch die Psychologie der Gegenwart stellt fest, daß der Raum als solcher uns nie gegeben ist, daß er vielmehr stets von einer Mannigfaltigkeit umfassenderer und engerer B e z u g s s y s t e m e , zu denen die verschiedenen Gegenstände gehören, erfüllt ist. ... 'Außer der Möglichkeit, ausgefüllt zu werden, hat der Raum keine weitere Eigenschaft; er ist, abgesehen von der Festlegung der Einzelorte und ihrer Ausfüllung, ein leeres und totes Nichts.' (W. Metzger, Psychologie, 1957).»[23]

Aus diesem *«Nichts» – dem Raum* – besteht das Weltall zum überwiegenden Teil. Wenn man die in Himmelskörpern zusammengeballte

20 Derselbe, ebenda, S. 55
21 Albert EINSTEIN, Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, S. 2
22 Derselbe, ebenda, S. 3
23 Georgi SCHISCHKOFF: Philosophisches Wörterbuch. - Stuttgart: Kröner Verlag 1961, S. 475

Materie gleichmäßig auf den Raum verteilt, gelangt man zu einer Dichte, die millionenfach geringer ist als im besten Hochvakuum unserer Laboratorien.[24]

V. ÜBERLEGUNGEN HINSICHTLICH EINES ENDZUSTANDES DES UNIVERSUMS

Kosmologische Erklärungen geometrischer Weltmodelle hinsichtlich einer *«räumlichen Endlichkeit»* des Universums sind nicht so zu interpretieren, daß das Weltall tatsächlich *begrenzt* sei. So legt Hans-Jürgen TREDER klar:

«In der Kosmologie ist also eine behauptete räumliche Endlichkeit der Welt nicht als eine räumliche Begrenzung des Universums zu verstehen, sondern als eine bestimmte Geometrie des Raumes im 'Großen'.»[25]

Es gibt keinen Grund zu der Annahme, daß der Kosmos durch *Körper begrenzt* sei, daß es sich bei ihm um ein *abgeschlossenes System* handle. Dies wäre jedoch die Voraussetzung für eine kosmologische Anwendung der Wärmelehre (Thermodynamik). So werden aus dem II. Hauptsatz der Thermodynamik oft kosmologische Spekulationen über einen bestimmten mutmaßlichen *Endzustand des Universums*, den *«Wärmetod»*, abgeleitet.

Beim I. wie auch beim II. Hauptsatz der Thermodynamik handelt es sich um *reine Erfahrungssätze*; sie haben sich in einer begrenzten Anzahl von Anwendungen als fruchtbar erwiesen[26]. Eine Verallgemeinerung dieser Sätze über die konkret beobachtbaren Naturprozesse hinaus – in denen sie sich als zutreffend gezeigt haben – ist jedoch nicht möglich; *die Sätze der Thermodynamik können nicht zu allgemein gültigen Naturprinzipien erklärt werden*; ihr Charakter ist hypothetischer Art.[27]

Nach dem I. Hauptsatz der Thermodynamik bleibt die Gesamtenergie eines *abgeschlossenen Systems*, die Summe aus mechanischer

24 Bernulf KANITSCHEIDER: Philosophisch-historische Grundlagen der physikalischen Kosmologie. - Stuttgart: Kohlhammer 1974, S. 100

25 Hans-Jürgen TREDER: Relativität und Kosmos, S. 60 und 61

26 Vgl.: DTV-Lexikon der Physik, Band 4. - München: Deutscher Taschenbuch Verlag 1970, S. 83 und 84

27 Vgl.: Gerhard FREY: Gesetz und Entwicklung in der Natur. - Hamburg: Richard Meiner Verlag 1958. S. 144

und thermischer Energie, konstant. Der II. Hauptsatz trifft eine Aussage über die *Richtung des beobachteten Wärmeaustausches zwischen Körpern*[28]. Bringt man zwei Körper verschiedener Temperatur zusammen, und können sie nach außen keine Wärme abgeben, so gleicht sich ihre Temperatur aus, indem der wärmere Körper an den kälteren thermische Energie abgibt. Thermische Vorgänge sind auf einen solchen *Wärmeausgleich* ausgerichtet und unumkehrbar (irreversibel). Aussagen über einen Wärmeaustausch bestimmter Körper sind nur unter der Voraussetzung möglich, daß keine Wärme von außen zugeführt und keine nach außen abgeleitet wird; es muß sich daher um ein *von Körpern abgeschlossenes System* handeln. Es gibt jedoch keinen Grund zu der Annahme, daß es sich beim *Universum* um ein derartiges System handle. Dies wäre jedoch die *Voraussetzung für eine kosmologische Anwendung des II. Hauptsatzes der Thermodynamik.* Dieser Satz wurde als Bestandteil der kinetischen Gastheorie aufgestellt. Er wird zu einem *spekulativ-weltanschaulichen Satz*, wenn er aus der kinetischen Gastheorie losgelöst und zu einem auch unabhängig von der Theorie geltenden Satz hypostasiert wird[29]. Dies ist bei einer kosmologischen Deutung des II. Hauptsatzes der Fall, wenn also gefolgert wird, das gesamte Universum gehe einem sogenannten *«Wärmetod»* entgegen, d. h. einer gleichmäßigen Verteilung aller Wärmeenergie:

«Aus dem II. Hauptsatz der Thermodynamik folgt, daß ein Prozeß, der ohne Aufwendung äußerer Arbeit nur bei Vorhandensein einer Temperaturdifferenz selbständig abläuft, diese Temperaturunterschiede allmählich ausgleicht. Dies führt zu dem Schluß, daß letzten Endes jede Temperaturdifferenz in einem abgeschlossenen System verschwindet und daher alle Prozesse aufhören. Überträgt man dies auf das als abgeschlossen vorausgesetzte System «die Welt», so strebt auch sie einem Zustand vollkommen gleicher Temperatur zu, so daß keine Energie mehr verwertet werden kann. Der *«Wärmetod»* wäre eingetreten. Da diese Ausgleichstemperatur die niedrigst erreichbare sein muß, wird auch von einem «Kältetod» gesprochen.

28 DTV-Lexikon der Physik, Band 4, S. 84: «Der Richtungscharakter des II. Hauptsatzes wird besonders deutlich in der Formulierung von R. Clausius (1850): 'Die Wärme kann nicht von selbst aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen.'»

29 Vgl.: Gerhard FREY, Gesetz und Entwicklung in der Natur, S. 142 – 144, sowie: Derselbe: Philosophie und Wissenschaft. - Stuttgart: Kohlhammer 1970, S. 101

Die daran angeknüpften z. T. pessimistischen Gedankengänge gehen über das Gebiet der reinen Physik weit hinaus. Sie sind zudem keineswegs allgemein anerkannt.»[30]

Derartige Überlegungen sind völlig unbegründet. In ihrem Sinne müßte das Universum, wie FREY ausführt,

«... einem Zustand vollständiger thermischer Ausgeglichenheit zustreben. Dieser Schluß wäre aber nur zulässig, wenn das Universum als abgeschlossenes System aufzufassen wäre. Eine solche Annahme hat naturwissenschaftlich keinen angebbaren Sinn. Manches spricht sogar dafür, daß sie falsch ist. Die Möglichkeit, daß innerhalb des Universums ständig Materie und Energie entstehen, ist nicht auszuschließen. Alle Spekulationen über den sogenannten Wärmetod des Universums sind somit unzulässig.»[31]

VI. KOSMOLOGISCHE PRINZIPIEN

Kosmologische Aussagen sind nur unter der Voraussetzung möglich, daß bestimmte Annahmen betreffend die Globalstruktur des Universums zugrundegelegt werden. Eines dieser *«kosmologischen Prinzipien»* besagt, daß das Universum *homogen* sei, daß es in ihm, im Großen gesehen, keine ausgezeichneten Punkte gäbe, daß die mittlere Raumdichte der Materie und das Verhältnis von kondensierter und unkondensierter Materie für alle Bereiche des Universums etwa gleich groß sei. Diese Annahme muß jedoch erweitert werden, wenn die Kosmologie überhaupt als Wissenschaft betrieben werden soll; und zwar besagt, wie FREY erläutert, das sog. *«vollständige kosmologische Prinzip»*,

«... daß das Universum nicht nur homogen und stationär in Bezug auf seine Zustandsgrößen (mittlere Raumdichte usw.) ist, sondern auch in seinen physikalischen Gesetzen. Es wird angenommen, daß alle physikalischen Gesetze, wie wir sie durch Experimente gefunden und bestätigt haben, überall im Universum und zu allen Zeiten in gleicher Weise gelten. ... Sollte dieses vollständige kosmologische Prinzip vielleicht nicht zutreffen – ein Beweis dafür ist selbstverständlich nicht möglich – so könnten wir mit den Methoden unserer empirischen Naturwissenschaften überhaupt keine auch nur einigermaßen gesicherten Aussagen über den Aufbau des Universums machen.»[32]

30 DTV-Lexikon der Physik, Band 4, S. 270
31 Gerhard FREY: Gesetz und Entwicklung in der Natur, S. 144
32 Derselbe, ebenda, S. 167

Nach Udo BECKER et al. stützen sich alle kosmologischen Modelle auf drei Prinzipien:

«1. Materie und Bewegung im Weltall sind statistisch gleichmäßig (homogen) und isotrop verteilt.
2. Keine Eigenschaft ist ausgezeichnet: statistische Homogenität bzw. statistische Isotropie.
3. Das Weltall hat kein Zentrum und keine Achse.»[33]

Laut TREDER haben die EINSTEINschen Gravitationsgleichungen rein *lokalen* Charakter, sodaß sie *keine* hinreichenden Bedingungen für eine theoretische Bestimmung des Kosmos geben: Hinreichend werden die Bedingungen erst durch zusätzliche *Postulate über die Globalstruktur des Universums, die jedoch nicht aus den lokalen Gleichungen allein folgen:*

«Es werden drei Wege beschritten, um zu solchen globalen Postulaten zu gelangen:
1. Generalisation der Beobachtungen des uns zugänglichen Teiles des Universums auf den ganzen Kosmos,
2. Einführung von kosmologischen Postulaten (Isotropie, Homogenität, universelle Zeit), ...
3. Forderung der universellen Gültigkeit der lokalen Naturgesetze, präzisiert zu der Forderung der globalen Erfüllbarkeit der grundlegenden physikalischen Gleichungen in der Raum-Zeit-Welt.

Tatsächlich sind alle drei Wege gleichzeitig zu beschreiten, sie müssen sich gegenseitig abstützen und korrigieren. Man sieht auch, daß alle drei Wege die gemeinsame Grundlinie haben, daß es möglich ist, aus unseren notwendig beschränkten Erfahrungen auf das Universum als Ganzes zu schließen.»[34]

Dies setze jedoch die Annahme voraus, daß *der von uns durch Beobachtungen erschlossene Teil des Kosmos bereits einen wesentlichen Ausschnitt des Universums darstelle*[35] – eine keineswegs unbestrittene Voraussetzung.

Mit dem Zeitbegriff der modernen Physik scheint außerdem die Einführung einer *universellen («kosmischen») Zeit* als 2. kosmologisches Postulat unvereinbar. So betraf ein Einwand DE SITTERs gegen das «Universum Einsteins» die *«kosmische Zeit»*, die er für *nicht vereinbar mit dem Relativitätsprinzip* hielt[36]. Denn im Sinne des

33 Udo BECKER / Rolf SAUERMOST, Erforschter Weltraum, S. 233
34 Hans-Jürgen TREDER, Relativität und Kosmos, S. 89
35 Derselbe, ebenda, S. 90
36 Vgl.: W. DE SITTER: On the relativity of inertia. - Amsterdam: Proc. Roy. Akad. Wet., Section of Science, Vol. 19, 1917, S. 1223, in: Bernulf KANITSCHEIDER, Philosophisch-historische Grundlagen der physikalischen Kosmologie, S. 101

eingeführten relativistischen Zeitbegriffs besitzt jeder Bezugskörper seine eigene Zeit, und Zeitangaben sind nur sinnvoll bei Angabe des Bezugskörpers; es ist jedoch kein Bezugskörper bekannt, auf den eine *kosmische, universelle («absolute») Zeit bezogen werden könnte.*

VII. URKNALL-KOSMOLOGIE/EVOLUTIVES LÖSUNGSMODELL

Zu Beginn der zwanziger Jahre wurde entdeckt, daß die Spektren der Mehrzahl der galaktischen Objekte (Galaxien, Spiralnebel) eine *Rotverschiebung* zeigen: Ihre Spektrallinien sind nach den größeren Wellenlängen hin verschoben. Diese Erscheinung wird häufig als *Doppler-Effekt* gedeutet, nämlich als Radialbewegung der betreffenden Galaxien vom Beobachter weg, woraus geschlossen wird, daß sich die Galaxien voneinander entfernen und das Universum als Ganzes expandiert.

Licht setzt sich aus elektromagnetischen Wellen verschiedener Wellenlänge zusammen. Mit einem an ein Fernrohr montierten Spektrographen wird das Sternlicht in seine verschiedenen Wellenlängen (Farben) zerlegt und das Spektrum wird auf eine fotografische Platte abgebildet. An verschiedenen Stellen im Sternspektrum treten *dunkle Absorptionslinien* auf. Ihre Ursache ist, daß die aus dem Inneren des Sterns stammende Strahlung auf ihrem Weg verschiedene Atmosphärenschichten des Sterns durchdringt, deren chemische Elemente unter bestimmten Bedingungen die Strahlung in einzelnen Wellenlängen absorbieren. Die *Spektrallinien des Sternlichts* werden identifiziert, indem sie mit den Spektrallinien der im irdischen Labor gemessenen Linien aller Elemente verglichen werden. Eine Identifikation ist nur unter der Annahme möglich, daß die Spektrallinien des Sternlichts durch dieselbe Art chemischer Elemente verursacht werden wie die Spektrallinien des irdischen Labors. Es wird also die Existenz dieser chemischen Elemente in den Sternen vorausgesetzt; die Möglichkeit, daß gleiche Spektrallinien durch andere – der Naturwissenschaft unbekannte – Faktoren verursacht werden könnten, kann allerdings prinzipiell nicht ausgeschlossen werden.

Das *Doppler'sche Prinzip* besagt: Wenn sich die Quelle eines Wellenprozesses vom Beobachter fortbewegt, so wird für ihn die Wellenlänge größer und die Frequenz kleiner. So erscheint der Ton eines pfeifenden Zuges dem Beobachter tiefer, wenn er von ihm wegfährt. Die Übertragung dieses Doppler'schen Prinzips vom akustischen Bereich auf das Licht – wie FREY aufzeigt, ließ es sich dafür im Experiment allerdings nicht nachweisen[37] – führt nun zu der Annahme, daß beim Licht eines sich von uns entfernenden Sterns die Wellen auseinandergezogen werden: Denn was für bewegte Schallquellen gilt, sollte auch für bewegte Lichtquellen gelten. Während bei einem Stern, der keine Bewegungskomponente in Richtung der Sichtlinie hat, die Absorptionslinien an ihrer «normalen» Stelle liegen, wird angenommen, daß sich das ganze Spektrum mit seinen Absorptionslinien bei einem sich entfernenden Himmelsobjekt zum Roten hin verschiebt. Man spricht in diesem Sinne von einer *«Rotverschiebung der Galaxien»*. Diese wird häufig als Doppler-Effekt und als eine allgemeine «Fluchtbewegung» der Galaxien gedeutet, wobei die Schlußfolgerung in Richtung einer generellen *Expansion des Universums* und *«evolutiven» Tendenz des Kosmos* geht.

Soferne man die Beziehung zwischen Entfernung und Rotverschiebung als bekannt voraussetzt, kann man die aus der Rotverschiebung gefolgerte «Fluchtbewegung» der Galaxien rückwärts extrapolieren und kommt so zu einem Zeitpunkt, bei dem die Expansion begonnen hätte: Vor 10 bis 20 Milliarden Jahren wäre der ganze Kosmos auf unvorstellbar engem Raum zusammengedrängt gewesen. Georges LEMAÎTRE legte schon 1931 eine Hypothese über die Expansion aus einem Anfangszustand höchster Dichte vor. Er nahm an, daß die gesamte Materie des Kosmos ursprünglich in einem äußerst dichten «Uratom» vereinigt war, das aus dicht gepackten Neutronen bestand. Dieses «Uratom» soll durch eine gigantische Kernexplosion auseinander gesprengt worden sein. LEMAÎTREs Hypothese gibt jedoch keine Erklärung über die Entstehung der Elemente. Diesem Mangel versuchte die *«Urknall-Kosmologie»* («Big-Bang-Kosmologie») von George GAMOW abzuhelfen. Auch hier handelt es sich um das Modell einer *finiten Kosmologie*: Vor 10 bis 15 Milliarden Jahren sei alle Materie des Weltalls mit einer unendlich

37 Vgl.: Gerhard FREY: Gesetz und Entwicklung in der Natur, S. 159

großen Dichte auf engstem Raum zusammengepreßt gewesen. Nach dem dann erfolgten *«Urknall»* sei das Weltall explodiert, das «Ylem», wie GAMOW die Urmaterie aus äußerst dicht komprimierten Neutronen nennt. Schon in den ersten 100 Sekunden hätten sich Neutrinos gebildet, aber auch Antineutrinos, Photonen, Elektronen, Positronen und Neutronen, sowie das meiste des heute noch vorhandenen Heliums[38]. Diese «Schöpfungsgeschichte» findet allerdings keine ungeteilte Zustimmung. So wird aus den Darlegungen TREDERs klar, daß das in der *Urknall-Kosmologie* erfolgende Zurückrechnen bis zur kosmologischen Singularität, zum «Uratom», zum Urknall-Status des Universums, *sinnlos ist*:

«Ein Zurückrechnen bis zum Zusammenschrumpfen aller Distanzen auf Null (die kosmologische Singularität) mit unendlichen Dichten und Drucken hat keine physikalische Bedeutung, da nichts über die Zustandsgleichungen der Materie unter so abnormen Verhältnissen bekannt ist.»[39]

FREY legt klar, daß alle Hypothesen, die eine solche «Urexplosion» erklären wollen, reine *Spekulationen* bleiben müssen. Es sei in keiner Weise ersichtlich, wie darüber etwas erfahren werden könnte, wie irgendwelche Annahmen über das Wesen und das Zustandekommen jener Urexplosion bestätigt werden könnten[40]. FREY führt aus:

«Die meisten heute erörterten kosmologischen Modelle gehen auf Grund der Rotverschiebung und ihrer Deutung von einer Radialbewegung aus. Die einfachste Deutung der Radialbewegung ist das, was man auch den «Urknall» bezeichnet hat. Danach muß alle Masse eng zusammengedrängt gewesen sein, um dann durch einen einmaligen explosionsartigen Vorgang auseinander gejagt zu werden. Diese These scheint in dieser einfachen Form nicht allzu wahrscheinlich zu sein.»[41]

Die Kosmologie, die annimmt, daß sich das Weltall in dauernder Ausdehnung befinde, bezeichnet MEURERS als *«evolutives Standardmodell»*. In seinem Sinne befindet sich das Weltall

«... in einer Ausdehnung, deren Geschwindigkeit und Struktur sehr gut bekannt ist, wofern die Deutung überhaupt richtig ist. Man kann jetzt zurückrechnen, bis zu jenen 10 Milliarden Jahren in der Vergangenheit, wo das Universum irgendwie in einem Punkt oder in einem ganz kleinen Raum, darüber weiß man eben nichts, zusammengepfercht gewesen sein muß...

38 Vgl.: Udo BECKER / Rolf SAUERMOST, Erforschter Weltraum, S. 166 und 167 sowie S. 229 – 236

39 Hans-Jürgen TREDER, Relativität und Kosmos, S. 75

40 Vgl.: Gerhard FREY, Gesetz und Entwicklung in der Natur, S. 166

41 Gerhard FREY, Erkenntnis der Wirklichkeit, S. 60

Das Problem der eben erwähnten Expansion der Welt besteht darin, daß man bis heute keinerlei Vorstellungen hat, durch welche Energie und wodurch überhaupt das Weltall sich in einer Expansionsbewegung von einem irgendwie gearteten Punkt der Vergangenheit her entwickelt und hineinbegeben hat.»[42]

Es handelt sich hier darum, so erläutert MEURERS,

«... daß das Problem der Expansion vor allem darin besteht, daß man keinerlei Vorstellung hat, woher diese plötzliche Auseinander-Bewegung stammt, welches die Energien sind und was sie verursacht hat. Das ist die eine grundsätzliche Schwierigkeit, die sich bis heute nicht hat klären lassen und die natürlich auch dem evolutiven Standardmodell anhaftet.»[43]

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, daß sich bei einer Deutung der Rotverschiebung als Fluchtbewegung die Galaxien umso schneller voneinander fortbewegen, je weiter sie schon voneinander entfernt sind: erreichen sie jedoch die *Lichtgeschwindigkeit*, so kann diese nicht mehr überschritten werden, weil sie – zumindest im Sinne der Erkenntnisse der Naturwissenschaft – die höchstmögliche Geschwindigkeit der Materie darstellt. Eine weitere Anwendung der Theorie über diese Grenze hinaus würde im Widerspruch zur Annahme der Physik stehen, daß es im materiellen Bereich keine höhere als die Lichtgeschwindigkeit gibt.

Umstritten ist insbesondere die Deutung der Rotverschiebung der *Quasare* als Fluchtbewegung. *Quasare* (Abkürzung für quasi-stellare Objekte) sind kosmische Gebilde, die im optischen Bereich als sternartige Objekte zu identifizieren sind. Im Spektrum der rund 1 500 bekannten Quasare tritt eine überaus starke Rotverschiebung auf. Deutet man diese als Doppler-Effekt, so würde dies einer Fluchtgeschwindigkeit der Quasare von teilweise bis zu *90% der Lichtgeschwindigkeit* (also von ca. 300 000 Kilometer pro Sekunde) entsprechen. Wenn diese Deutung richtig wäre, so müßten Quasare unvorstellbare Energiemengen abstrahlen, entsprechend der gesamten Strahlung von ca. 1 000 normalen Galaxien[44]. Die von der Astro-

42 Joseph MEURERS, Sternwarte der Universität Wien: Die Kosmologie der Gegenwart in ihrem philosophischen Aspekt. - in: Natur und Technik im philosophischen Aspekt heute. Internationale philosophische Sommer-Akademie in Brixen vom 28. 7. bis 4. 8. 1979. – in: Philosophia Naturalis, Archiv für Naturphilosophie und die philosophischen Grenzgebiete der exakten Wissenschaften und Wissenschaftsgeschichte, Meisenheim/Glan: Verlag Anton Hain 1980, Band 18, Heft 1, S. 125

43 Derselbe, ebenda, S. 130 und 131

44 Vgl. dazu: Udo BECKER / Rolf SAUERMOST, Erforschter Weltraum, S. 224

nomie festgestellten Fortbewegungsgeschwindigkeiten der meisten Himmelsobjekte sind im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit äußerst gering. Häufig wird daher die Rotverschiebung der Quasare nicht als Doppler-Effekt gedeutet, sondern es wird im Sinn einer *lokalen Hypothese* angenommen, es handle sich bei ihnen um relativ nahe Objekte, etwa im Kern des Milchstraßensystems.

Nach BECKER et al. muß jede *Theorie über die Evolution des Kosmos* als wesentliche Beobachtungen auch die *«Drei-Kelvin-Strahlung»* und die *zeitlich endliche Bildung der Elemente* enthalten[45].

Die *Drei-Kelvin-Strahlung* ist eine intensive, richtungsunabhängige kosmische Radiostrahlung im Wellenlängenbereich zwischen einigen Millimetern und einigen Dezimetern. Diese kann kosmologisch gedeutet werden als die «Reststrahlung» eines sehr viel höhere Temperaturen aufweisenden, sehr viel weniger ausgedehnten hypothetischen Weltalls der Vergangenheit[46]. Diese Deutung ist jedoch nicht zwangsläufig. BECKER führt aus:

«Die Drei-Kelvin-Strahlung ist nur ein Teil einer den ganzen Weltraum erfüllenden Strahlungsvielfalt, die von 300 m Wellenlänge im Radiofrequenzbereich bis zur Gammastrahlung von 10^{-14} m Wellenlänge reicht. Der Weltraum ist also jedenfalls von einer nachweisbaren Energiestrahlung erfüllt.
Die Frage, wann und wie die Galaxien aus dem Weltsubstrat entstanden sind, ist noch weitgehend ungeklärt.»[47]

Die von BECKER angeführte *zeitlich endliche Bildung der Elemente* kann ebenfalls keinen stichhaltigen Hinweis auf ein «Alter des Universums» geben. Es kann z. B. das Alter von Gesteinen bestimmt werden, wenn diese Uran und Blei enthalten, da die Halbwertzeit des Zerfallsprozesses des Urans zu Blei bekannt ist. Auch das Alter von Meteoriten ist so bestimmbar. Hier handelt es sich, ebenso wie bei der Altersbestimmung von Sternen, um *Aussagen über einzelne physikalische Objekte.* FREY erläutert:

«Alle «Altersbestimmungen» einzelner Objekte wie Alter von Gesteinen, Meteoriten, einzelnen Sternen oder Sternsystemen zeigen eine Eigentümlichkeit, daß sie über eine bestimmte angebbare Zeitspanne anscheinend nicht zurückreichen. Alle die angebbaren Altersbestimmungen führen zu Zeitdauern von der Größenordnung 10^9, d. h. also von einigen Milliarden

45 Dieselben, ebenda, S. 232
46 Dieselben, ebenda, S. 230
47 Dieselben, ebenda, S. 227

Jahren. In all den besprochenen Fällen sprachen wir von «Objekten», denen wir einen Dingcharakter zusprechen können. Das Gestein, der Meteorit, der Stern oder das Sternsystem ist als physikalisches Objekt mit Dingcharakter identifizierbar über lange Zeiten, sie können als Individuen aufgefaßt werden. Alle Altersbestimmungen sagen also aus, daß diese dinghaften physikalischen Objekte vor dieser Zeit in einem grundsätzlich anderen Zustand waren, daß sie also insbesondere über diese Zeit hinaus nicht mehr als diese Objekte identifiziert werden können. Die angegebene Zeitschranke von einigen Milliarden Jahren hat also anscheinend den Sinn, daß über sie hinaus in die Vergangenheit keine «Dinge» als solche identifizierbar sind.»[48]

Die Annahme, es handle sich beim *Weltall* um ein physikalisches Objekt mit Dingcharakter, dessen Alter feststellbar sei, ist sinnlos:

«Kehren wir nun nochmals zu der Frage nach einem «Alter des Universums» zurück, unter der Annahme, die Fluchtbewegung der Spiralnebel sei real. Dann würde die Aussage eines solchen Zeitraumes nur aussagen, daß auch hier das gesamte Universum vor dieser Zeit in einem ganz anderen Zustand war. Diese Aussage bedeutet aber, daß wir so tun, als ob wir vom ganzen Weltall so reden dürften, als ob es ein physikalisches Objekt mit Dingcharakter wäre. Wir müßten dann sagen, daß das Weltall über diese Zeitspanne hinaus nicht mehr mit sich selbst identifizierbar sei. Diese Formulierung zeigt besonders deutlich die Sinnlosigkeit dieser Annahme, da niemand sagen kann, was es heißen soll, daß das Universum ein physikalisches Objekt mit Dingcharakter, ein Individuum, sei.»
«Der Begriff eines 'Alters des Universums' ist sinnlos.»[49]

Die Feststellung eines «Alters» und einer «Geburtsstunde» des Universums wäre nur unter der Voraussetzung einer universalen kosmischen Zeit möglich, die jedoch physikalisch nicht verifizierbar ist, da kein realer Bezugskörper bekannt ist, auf den eine solche Zeitangabe bezogen werden könnte. Nach FREY *ist die Naturwissenschaft grundsätzlich nicht in der Lage, etwas über einen zeitlichen Anfang des Universums zu erkennen.* Eine solche Aussage müßte von der *Zugrundelegung einer absoluten und universalen Realzeit* ausgehen. Für die *operative Zeit* der experimentellen Naturwissenschaft ist es jedoch sinnlos, von einer universalen Zeit zu sprechen. Alle Operationen (Handlungen, Beobachtungen) vollziehen sich in der *Zeit*: Es entstehen Handlungsabläufe, und *Zeit* ist demzufolge ein operatives Element der Wirklichkeit. Jede Handlung bestimmt oder legt etwas in der Wirklichkeit fest. Zwei Handlungen können parallel oder hinter-

48 Gerhard FREY, Erkenntnis der Wirklichkeit, S. 62 und 63
49 Derselbe, ebenda, S. 63

einander vollzogen werden. Das bedeutet aber, daß die *zeitliche Ordnungsfunktion* der Handlungsabläufe *nicht eindeutig* ist:

«Für diese operative Zeit, auf die alleine unsere Maßbegriffe als eindeutig definiert bezogen werden können, hat es, wie wir gesehen haben, keinen Sinn, von einer universalen Zeit zu sprechen. Die operative Zeit kann auch mehrdeutig sein, sie ist jedenfalls nicht eindeutig. Aus diesem Grunde hat es vom Standpunkt der operativen Zeit auch keinen Sinn, von einer Reihe aufeinander folgender Zustände der Welt zu sprechen. Es ist für uns ein «Zustand der Welt» gar nicht eindeutig definierbar. Das würde ja eine eindeutige Bestimmbarkeit gleichzeitiger Ereignisse erforderlich machen. Wir haben aber oben ausgeführt, daß dies allgemein nicht möglich ist. Die Frage, ob es einen Anfang des Universums gibt oder nicht, liegt also vollkommen außerhalb der Naturwissenschaften. Diese haben grundsätzlich keine Möglichkeit, darauf eine Antwort zu geben.»[50]

Grundsätzlich kann die Rotverschiebung der Spiralnebel (Galaxien) auch auf einen anderen Effekt als eine Fluchtbewegung zurückgeführt werden:

«Eine sorgfältige Diskussion der Nebelphotometrie führt allerdings, unter Berücksichtigung aller unsicheren Faktoren, vorläufig zu dem Ergebnis, daß die Unbewegtheit der Nebel wahrscheinlicher ist als die Fluchtbewegung. Dann müßte man aber die Rotverschiebung doch auf einen bisher noch unbekannten Effekt schieben. Die derzeitige Lage ist aber so, daß schon ganz geringfügige Beobachtungsfehler und falsche Abschätzung der unsicheren Faktoren das Ergebnis ändern können. Einer der wichtigsten Faktoren der modernen Kosmologie ist also sehr ungewiß, viel unsicherer, als dies gemeinhin dargestellt wird.»[51]

Alle kosmologischen Thesen besitzen stark spekulativen Charakter. Dies gilt insbesondere auch hinsichtlich der *kosmogonischen* Überlegungen, die die Frage nach dem Ursprung des Universums zu beantworten suchen. FREY betont:

«Eine Kosmogonie, im Sinne der Frage nach der Weltentstehung, ist aber anscheinend eine müßige Frage. Jede Kosmogonie bedeutet ein Aufgeben der Homogenität von Raum und Zeit. Niemand kann endgültig sagen, ob das Homogenitätsprinzip richtig ist, aber wenn wir es ablehnen, müssen wir zugestehen, daß wir über den Kosmos kaum noch etwas wissen können.»

«Insgesamt müssen wir also feststellen, daß vorläufig alle kosmologischen Überlegungen stark spekulativen Charakter haben.»[52]

50 Gerhard FREY, Gesetz und Entwicklung in der Natur, S. 170; vgl. dazu ebenda S. 110 und 111

51 Gerhard FREY, Erkenntnis der Wirklichkeit, S. 58

52 Derselbe, ebenda, S. 64

VIII. DAS STATIONÄRE LÖSUNGSMODELL DER KOSMOLOGIE

Stationäre kosmologische Modelle verneinen sowohl das «Uratom» als auch den «gekrümmten Raum». Die von F. HOYLE, T. GOLD und H. BONDI[53] entwickelte *Steady-State-Theorie* des Universums lehrt eine *räumliche und zeitliche Unendlichkeit* der Welt: *Das Weltall sei unendlich weit ausgedehnt und existiere seit Ewigkeit.*

Eine Expansion würde in einer solchen Welt euklidisch erfolgen. Infolge der Expansion müßte dann aber die Dichte der Materie im Weltall ständig abnehmen. Dies würde jedoch im Widerspruch zur Idee des *stationären Weltzustandes* stehen, sodaß angenommen werden müßte, *daß ständig neue Materie entsteht.* Man spricht von einer *«kontinuierlichen Schöpfung».* Wie FREY verdeutlicht, trägt diese Hypothese *spontaner Materieentstehung* alle Merkmale einer ad-hoc-Erfindung, die sonst in keiner Weise in der Erfahrung begründet ist[54]. Allerdings ergibt sich dieses Problem für das Modell eines in Raum und Zeit *unendlichen stationären Universums* nur in Verbindung mit der Annahme, daß es sich in Expansion befinde.

MEURERS stellt die Steady-State-Theorie als *Statisches Standardmodell* dem *Evolutiven Standardmodell* gegenüber: Im Gegensatz zu der dauernden Ausdehnung des Universums im evolutiven Entwurf gäbe es im statischen Entwurf keine in der Zeit ablaufende Entwicklung des Universums als Ganzem. Es handle sich bei diesen Modellen um die *beiden großen kosmologischen Entwürfe der Gegenwart.* Das Statische Standardmodell erklärt, daß das Universum nicht nur bezüglich des Raumes keine Auszeichnung haben solle, sondern daß es auch in der Zeit in seiner Konstitution immer dasselbe sei; in diesem Modell wird, so erklärt MEURERS,

«... mit dem Gedanken Ernst gemacht, dem Universum nicht nur in bezug auf den Raum, sondern auch in bezug auf die Zeit keinerlei ausgezeichnete

53 Vgl. dazu: H. BONDI und T. GOLD: The Steady State Theory of the Expanding Universe, Monthly Not. Roy. Astr. Soc., Vol. 108, 1948; H. BONDI: Assumption and Myth in Physical Theory. - Cambridge 1967; H. BONDI: Cosmology, Cambridge 1961; T. GOLD: Cosmology. - in: A. Beer (Ed.): Vistas in Astronomy II, London 1956; F. HOYLE: On the Cosmological Problem. - Monthly Not. Roy. Astr. Soc. Vol. 109, Nr. 3, 1949; F. HOYLE: A Covariant Formulation of the Law of Creation of matter. - Monthly Not. Roy. Astr. Soc. Vol. 120, 1960; F. HOYLE: Das grenzenlose All. - Köln 1959

54 Gerhard FREY, Erkenntnis der Wirklichkeit, S. 64

Punkte oder Situationen zuzusprechen. Das Universum wird betrachtet als ein im Grunde in sich gleichbleibendes Ganzes, das, so wie es heute ist, immer bestanden hat.»[55]

MEURERS betont, *daß jedoch von abschließenden, endgültig gesicherten Einsichten in der Kosmologie nicht die Rede sein könne*[56], und gelangt zu folgender Schlußfolgerung:

«Fragt man schließlich danach, was denn nun eigentlich wirklich an nicht mehr, menschlichem Ermessen nach, überholten Einsichten bezüglich des Anfanges und des Zusammenhanges der Welt durch die beiden Standardmodelle gewonnen ist, so ist diese Ausbeute zweifelsohne sehr dürftig. Es ist auch für den Außenstehenden ohne weiteres einzusehen, daß mehr verhüllt als gesagt ist»[57]

Der Mensch fasse die Gegebenheiten auf und deute sie:

«Deuten heißt aber nichts anderes als jeweils die unmittelbaren Gegebenheiten überschreiten, und zwar ohne Fantasie oder gar Lüge. Das Deuten aber ist etwas, wo sozusagen die Freiheit des Intellekts gegenüber den Gegebenheiten sich repräsentiert, indem er zwar nicht gegen sie etwas formulieren, ausdrücken oder kombinieren kann, wohl aber über sie hinaus mit ihnen. Und der Dichter sagt ja auch nicht Unwahrheit, lügt nicht, obwohl seine Dichtung keine Realität ist.

Vielleicht kommt das alles sehr stark in dieser modernen Kosmologie zum Ausdruck, weil sie eben das Weitestgehende versucht, was menschlichem Intellekt möglich ist, die Wirklichkeit als Ganzes zu erfassen, wobei immer nur Einzelfakten von eben dieser Wirklichkeit gegeben sind, mögen sie noch so tief und weitreichend sein. ...

Die Philosophie aber kann aufklären, wo das legitime Dichten beginnt und die Gegebenheiten legitim überschritten werden. Darum bedarf die Naturwissenschaft der Philosophie und umgekehrt.»[58]

IX. STERNENTSTEHUNG UND STERNENTWICKLUNG

Die heutigen Kenntnisse der Astronomie über die Entstehung und Entwicklung der Sterne in ihren verschiedenen Phasen beruhen auf astrophysikalischen Kenntnissen und Beobachtungsdaten der Astro-

55 Joseph MEURERS, Die Kosmologie der Gegenwart in ihrem philosophischen Aspekt, S. 130

56 Derselbe, ebenda, S. 121

57 Derselbe, ebenda, S. 142

58 Derselbe, ebenda, S. 142 und 143

nomie, auf umfangreichen Berechnungen von Sternmodellen und auf der Möglichkeit der Überprüfung der Theorie an Sternhaufen.

Die erste umfassende Theorie über die Entwicklung der Sterne wurde 1887 von dem englischen Astronomen Norman LOCKYER aufgestellt und von James JEANS et al. weiterentwickelt[59].

Die Theorie über Ursprung, Entstehung und Entwicklung der Sterne besitzt eine starke Aussagekraft für die Deutung des kosmischen Geschehens, da sie *das Weltall als ein Energiereservoir erkennen läßt, in dem die Materie ständig zerstrahlt und sich neu bildet.*

Es gilt als gesichert, daß *die Sterne aus der interstellaren Materie entstehen.* Diese Materie wird ständig erneuert und angereichert durch den Zerfall und die Auswürfe von alten Sternen. Ein Entwicklungsprozeß kommt erst dann in der interstellaren Gaswolke in Gang, wenn sie zu kondensieren beginnt. Eine solche Kondensation (Verdichtung) kann durch die allgemeine Turbulenz oder unter dem Einfluß eines benachbarten heißen Sterns ausgelöst werden, dessen intensive Strahlung die umliegenden interstellaren Gasmassen ionisiert und erhitzt. Diese dehnen sich dadurch aus und drücken in einer Art Stoßwelle die angrenzenden kälteren Gasmassen etwas zusammen. Dabei bilden sich Störungen aus; das kalte Gas ragt in Form von rüsselförmigen Einbuchtungen in die heißen Gasgebiete hinein. Diese sogenannten «Elefantenrüssel» werden durch den Druck der umgebenden heißen Gasmassen weiter zusammengedrückt und schnüren sich schließlich als verdichtete sphärische Gebilde ab, die vermutlich mit den *Globulen* identisch sind, jenen kleinen, runden Dunkelwolken, die sich vom Hintergrund einiger heller Gasnebel abheben und den Anfangszustand der Sternentstehung bilden.

Bei der *Kontraktion der interstellaren Gaswolke infolge der Gravitation* vermindert sich ständig ihre potentielle Energie. Die dadurch freiwerdende Energie bewirkt zunächst keine Temperaturerhöhung, da sie von der optisch noch durchsichtigen Gaskugel weitgehend ungehindert abgestrahlt werden kann. Erst wenn das Zentralgebiet eine bestimmte Materiedichte erreicht hat, wird es undurchsichtig,

59 Vgl.: James JEANS: Problems of Cosmogony and Stellar Dynamics, 1919, dt. 1934; Dynamical Theory of Gases, 1904; Physics and Philosophy, 1945, dt. 1951; Astronomy and Cosmogony, Cambridge 1928

und die freiwerdende Energie führt zu einer immer stärkeren Aufheizung des Kerns. Objekte in diesem Entwicklungsstadium werden als *Protosterne* bezeichnet. Um solche handelt es sich bei den *Herbig-Haro-Objekten*, nebelartigen Protosternen im vermutlich letzten Stadium der Kontraktion. Auch in zwei Infrarotsternen im Orionnebel, dem Becklin-Neugebauer und dem Kleinmann-Low-Objekt, vermutet man Protosterne.

Bei zunehmender Temperatur des Protosterns werden im Verlauf seiner Entwicklung schließlich die Temperatur- und Dichtebedingungen erreicht, die zum *Einsetzen thermonuklearer Reaktionen* führen, bei denen Wasserstoff in Helium umgewandelt wird (Wasserstoff-Brennen). Dieses setzt ein, wenn der Protostern in seinem Kern eine Temperatur von etwa 10 Millionen Grad erreicht hat. In diesem Zustand stabilen Gleichgewichts verbringt ein Stern von der Masse der Sonne mehrere Milliarden Jahre. Er wandelt in dieser Zeit Wasserstoff in Helium um. Die dabei freigesetzte Energie deckt die von seiner Oberfläche emittierte Strahlung. Hat der Stern jedoch einen bestimmten Bruchteil seines Wasserstoffvorrats verbraucht, beginnt er sich aufzublähen. Die Ursache dafür, daß der Stern jetzt durch Expansion zu einem *Roten Riesen* wird, liegt darin begründet, daß die Kernprozesse, bei denen Wasserstoff in Helium umgewandelt wird, nicht mehr im Sternzentrum ablaufen, sondern in der Schale des Sterns. Im Zentrum steigt die Temperatur, sodaß Helium schließlich in schwerere Elemente wie Sauerstoff und Kohlenstoff umgewandelt wird (Heliumbrennen). Das Gleichgewicht zwischen der von der Oberfläche abgestrahlten Energie und der Energieproduktion wird dadurch aufrechterhalten, daß sich die äußeren Schichten des Sterns ausdehnen und kälter werden.

Nach diesem Stadium könnte der Stern instabil werden und in ein *Pulsations-Stadium* gelangen, in dem es zu *Nova-Ausbrüchen* und sogar zu *Supernova-Ausbrüchen* kommen kann. In der Schlußphase setzen die Kernprozesse aus und der Stern kann in seinem *Endstadium* – je nach Sternmasse – zu einem überdichten *Weißen Zwerg*, zu einem *Neutronenstern* oder zu einem *Schwarzen Loch* werden.

Berechnungen zeigen, daß sehr massereiche Sterne im Verlauf ihrer Entwicklung so heiß werden können, daß selbst relativ schwere Elemente wie z. B. Kohlenstoff in noch schwerere Elemente ver-

wandelt werden können (Kohlenstoffbrennen). Steigt die Temperatur bis auf 2 Milliarden Grad, so können noch schwerere Elemente bis hin zum Eisen aufgebaut werden. Das Zentrum eines Sterns besteht dann aus mehreren konzentrischen Schichten, in denen durch die Folge der Reaktionen immer schwerere Elemente entstehen.

Schwere Sterne verlieren einen großen Teil ihrer Masse, bevor sie zu *Weißen Zwergen* werden. Beobachtungen zeigen, daß gewaltige Ausschleuderungen von Materie bei den *Roten Riesen* und *Überriesen* auftreten, Vorgänge, deren Resultat vermutlich die Planetarischen Nebel sind. Infolge schneller Rotation kann Materie in den Weltraum abströmen. Eine andere Möglichkeit ist die, daß der Stern explodiert und zu einer *Super-Nova* wird.[60]

ZUSAMMENFASSUNG

Die kosmologischen Überlegungen sind nicht als naturwissenschaftliche Theorien einzustufen. Sie besitzen alle stark spekulativen Charakter. Wenn kosmologische Lösungsmodelle nicht als naturwissenschaftlich sinnvoll angesehen werden können, so sind dafür folgende Vorgangsweisen verantwortlich:

- unzulässige Verallgemeinerungen: es werden Kenntnisse über bestimmte beobachtbare Wirklichkeitsbereiche auf alle (auch die unbeobachtbaren) Wirklichkeitsbereiche übertragen;
- Erfindung von Naturzuständen oder Naturprozessen, die in keiner Weise in der Erfahrung begründet sind.

Kosmologische Modelle treffen Aussagen über die raum-zeitlichen Veränderungen oder die raum-zeitliche Struktur und Begrenzung des gesamten Universums, der Welt als *Einheit aller Realitätsbereiche.* Dies ist nur möglich unter Verwendung der Begriffe eines *absoluten, einheitlichen Raumes* und einer ebensolchen *Zeit.* Diese bereits von der klassischen Physik eingeführten Begriffe beziehen sich jedoch nicht auf *Beobachtungsfakten*, Erfahrungstatsachen oder Gegenstände der Außenwelt. Erst in der modernen Physik wird eine Beziehung der Begriffe Raum und Zeit zu beobachtbaren Weltbereichen, zu Gegen-

ständen der menschlichen Erfahrung, hergestellt, es werden Meßverfahren zur Feststellung räumlicher und zeitlicher Veränderungen angegeben, reale Maßstäbe und Uhren herangezogen. Dann sind jedoch nur die raum-zeitlichen Veränderungen *bestimmter* – beobachteter – Realitätsbereiche feststellbar. Ein *absoluter, einheitlicher Raum* und eine ebensolche *Zeit* zur Erfassung der raum-zeitlichen Veränderungen *aller* – auch der unbeobachtbaren – Realitätsbereiche ist physikalisch nicht verifizierbar und nicht definierbar. Diese Begriffe haben *keinen naturwissenschaftlichen Sinn*, was sich auf eine Kosmologie auswirkt, die sich ihrer bedient.

Geometrische Weltmodelle treffen Aussagen über eine *räumliche Struktur der Welt.* Diese sei – was bisher nicht entschieden wurde –«endlich» oder «unendlich», «geschlossen» oder «offen», usw. Diese mathematischen Lösungsmodelle gehen von der Zugrundelegung eines «vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuums» aus. In dessen Metrik geht jedoch nur die Masse ein; andere Eigenschaften der Materie (z. B. die elektrischen) oder sonstige Aspekte der Realität werden nicht erfaßt. Dennoch werden Aussagen über die räumliche Struktur der *gesamten* Welt getroffen.

Die Interpretation der Rotverschiebung der Galaxien als Fluchtbewegung kann weder als gesicherte und fundierte naturwissenschaftliche Erkenntnis eingestuft werden, noch ist sie allgemein anerkannt. Sie nimmt an, daß die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Galaxien mit zunehmender Stärke der Rotverschiebung und wachsender Entfernung ebenfalls zunehme. Ab einer bestimmten Entfernung müßten dann die Galaxien mit Über-Lichtgeschwindigkeit fliehen. Die Physik nimmt jedoch an, daß es im materiellen Bereich keine höhere als die Lichtgeschwindigkeit gibt. Häufig wird die aus der Rotverschiebung gefolgerte angebliche Fluchtbewegung der Galaxien in Richtung einer allgemeinen *Expansion des Universums* gedeutet. In Verbindung mit der Annahme, daß das Universum unendlich weit ausgedehnt sei und seit Ewigkeit existiere, wird vorgebracht, daß für die Aufrechterhaltung eines stationären Weltzustandes bei gleichzeitiger Expansion von Galaxien ständig Materie nachgeliefert und neu gebildet werde. Diese These einer «kontinuierlichen Schöpfung» der Materie aus dem Nichts (oder Raum) trägt alle Merkmale einer ad-hoc-Erfindung an sich.

Die Expansion wurde auch auf die Explosion eines «Uratoms» zurückgeführt: alle Materie des Universums sei in der Vergangenheit auf einem einzigen Ort zusammengedrängt gewesen und dann in einem «Urknall» explodiert. Man hat jedoch keine Vorstellungen, durch welche Energie und wodurch überhaupt das Weltall sich in einer Expansionsbewegung von einem Punkt der Vergangenheit her entwickelt haben könnte. Es kommt hier zur Erfindung von Naturzuständen und Naturvorgängen, die in keiner Weise in der Erfahrung begründet sind. Ein Zurückrechnen bis zur kosmologischen Singularität, zum «Urknall»-Status des Universums, ist sinnlos und ohne physikalische Bedeutung, da nichts über den Zustand der Materie unter den abnormen Verhältnissen eines «Uratoms» bekannt ist. Hypothesen, die eine «Urexplosion» erklären wollen, müssen reine Spekulationen bleiben; es ist nicht ersichtlich, wie Annahmen über das Wesen und Zustandekommen einer «Urexplosion» jemals bestätigt werden könnten.

Die Naturwissenschaft ist grundsätzlich nicht in der Lage, etwas über einen *zeitlichen Anfang* der Welt zu erkennen. Der Begriff eines *«Alters des Universums»* ist *naturwissenschaftlich sinnlos.* Das Universum kann nicht als ein physikalisches Objekt mit Dingcharakter angesehen werden, das über eine bestimmte Zeitspanne hinaus nicht mehr mit sich selbst identifizierbar ist.

Auch Prognosen bezüglich eines bestimmten Endzustandes der Welt sind als reine Spekulationen einzustufen. So wurde häufig erklärt, das Universum gehe einem Endzustand der gleichmäßigen Verteilung aller Wärmeenergie, dem sogenannten «Wärmetod», entgegen. Der zur Rechtfertigung dieser Behauptung herangezogene Satz der Wärmelehre, der hier unzulässig verallgemeinert wird, setzt ein *von Körpern abgeschlossenes System* voraus. Es ist jedoch völlig unbegründet, das Universum als ein abgeschlossenes System aufzufassen.

Im Gegensatz zu den Spekulationen der verschiedenen kosmologischen Modelle besitzen die auf Beobachtungsfakten und physikalischem Wissen basierenden Erkenntnisse der *Astronomie* für die Deutung des kosmischen Geschehens eine starke Aussagekraft. *Das Universum wird als ein Energiereservoir erkannt, in dem die Materie ständig zerstrahlt und sich neu bildet.* Materie und Energie, die von

den Sternen in den Weltraum abgegeben wird, bildet die Ausgangsbasis für die Entstehung neuer Sterne. Während in den einen Raumgebieten alte Sterne ausglühen, entstehen in anderen Himmelsregionen neue Sterne. Ein Vergleich zwischen dem Entstehen, Sein und Vergehen der Himmelskörper und der Geburt, dem Leben und Sterben der Lebewesen liegt nahe. Die Ursache, einen Sinn oder eine Bestimmung dieser Seinsformen und Entstehungs-und Vergehensprozesse der Wirklichkeit zu erkennen, liegt jedoch nicht im Bereich der Möglichkeiten der Naturwissenschaft.

Dr. Helga Maria Unterkircher, Schneeburgg. 39, 6020 Innsbruck, Tel. 052 22 / 82 20 83