

der Kraft der skrupellose Eigennütz, hinter dem Gleichmaß und der Biederkeit der Mangel an Fülle und Lebendigkeit, hinter der Willensanspannung der nüchterne und phantasielose Erwerbssinn.

Aber man darf trotz der Richtigkeit dieses charakterologischen Ansatzes nicht vergessen, daß der Wert des Menschen in seinen Bemühungen, in den Anstrengungen sittlich-religiöser Art zu suchen ist, die sich dem ausdrucksdiagnostisch Faßbaren entziehen. Dies übersehen hieße hier Anlagen und Tatsachenzusammenhänge, nicht aber das Streben selbst zum Wertmaßstab nehmen. Das Ideal des Menschen: Güte und Wohlwollen, Fülle und inneren Reichtum zu verbinden mit geistiger Kraft und Selbstbehauptung, Strebsamkeit und Lebensleistung ist ein Ziel, das manche Menschen anstreben, aber nur wenige erreichen mögen, weil es an den notwendigen Voraussetzungen — Anlage und Umwelt — fehlt.

Die Grenze der graphologischen Analyse ist die Unmöglichkeit, im einzelnen Fall das Maß des guten Willens — im religiös-sittlichen Sinn — zu erkennen. Aber muß nicht in ihm der „Wesenskern“ der Person, das „Eigentliche“ des Menschen gesehen werden?

Das Alter der Welt im Spiegel der Atomphysik

Von DIEDRICH WATTENBERG

Die Materie, aus der Himmel und Erde, Weltall und Sterne aufgebaut sind, und die letztthin den Hintergrund der Welt des Lebens bildet, wurde noch um die Jahrhundertwende als „von Ewigkeit her“ bestehend angesehen. So wie das Universum als unendlich angenommen wurde, sollte die Sternenwelt als solche einen dauernden Bestand gehabt haben. Es schien deshalb einen Anfang der kosmischen Welt ebensowenig zu geben wie ein Ende, zumal sich auch in physikalischer Hinsicht keine ausreichenden Möglichkeiten darboten, das kosmische Geschehen in einen zeitlichen Rahmen zu spannen. Seither haben Physik und Astronomie einen gewaltigen Aufschwung genommen und unsere Kenntnisse vom Wesen der Materie, die in erster Linie durch die bahnbrechenden Errungenschaften der Atomphysik ihre Prägung erhielten, entscheidend verändert, so daß auch das Problem eines zeitlosen oder zeitlichen Weltalls im Lichte der modernen Forschung in gewandelter Form erscheint.

Bausteine alles Stofflichen im Weltall sind die Atome, deren Existenz noch im Ausgang des vorigen Jahrhunderts zweifelhaft war, von denen wir aber heute wissen, daß sie aus Atomkern und Elektronenhülle bestehen, während der Kern wiederum aus positiv geladenen Protonen und neutralen Neutronen aufgebaut wird. Es ist ferner bekannt, daß die Kerne in ihrem Wesen nicht unveränderlich sind; denn sie lassen sich zertrümmern und umwandeln. Sehen wir von künstlichen oder gewaltsamen Eingriffen in das Gefüge der Atome ab, so zeigt sich doch, daß eine große Zahl von Elementen natürlichen Veränderungen durch spontane Zerfallsprozesse, die das Erscheinungsbild der Radio-

aktivität darstellen, unterworfen ist. Bekannte Beispiele dieser Art sind Radium und Uran. Beide Atome besitzen (wie viele andere) die Eigentümlichkeit, innerhalb einer bestimmbarer Zeit unter Aussendung von Strahlung von selbst zu zerfallen. So zerfällt von einer Menge Uran in rund 4,5 Milliarden Jahren (der sogenannten Halbwertszeit) jeweils die Hälfte zu Helium und Uranblei. Findet man nun in einem uranhaltigen Gestein Spuren von Helium und Blei, deren Entstehung durch radioaktive Vorgänge (Uranzerfall) unzweifelhaft ist, so bietet sich damit eine Möglichkeit dar, aus dem mengenmäßigen Verhältnis der daran beteiligten Elemente zu einer Altersbestimmung des betreffenden Erzes zu gelangen. Insofern hat sich das Alter der äußeren Hülle der Erde auf etwa 2 Milliarden Jahre bestimmen lassen. Es mag hinzugefügt werden, daß die ältesten Spuren des irdischen Lebens annähernd 1 Milliarde Jahre zurückreichen.

In Verbindung mit diesen Erkenntnissen gewinnen neue Untersuchungen von Prof. F. G. Houtermans¹ in Göttingen (1947) eine entscheidende Bedeutung, nach denen dem Uran selbst (mit einer Unsicherheit von 300 Millionen Jahren) ein Alter von 2,9 Milliarden Jahren beizumessen ist, so daß seit der Entstehung des Urans (und damit auch der Erde) nicht mehr als rund 3 Milliarden Jahre verflossen sein können.

Wesentlich anders schienen sich die Sterne in ihrem Alter zu verhalten. Hier ist zunächst als eine der wichtigsten Ergebnisse der neuzeitlichen Astrophysik die Aufteilung aller Sterne in Riesen und Zwerge hervorzuheben. Zwischen beiden Gattungen wurden entwicklungsmäßige Zusammenhänge in dem Sinne vermutet, daß die Sterne als massereiche Riesensonnen ihren Lebenslauf beginnen und als lichtschwache, massearme Zwerge beschließen. Und zwar sollten die Sterne im Laufe ihres Daseins den größten Teil ihrer ursprünglichen Masse durch Umwandlung in Strahlung verlieren, so daß die Zwergsterne gewissermaßen als Sonnen zu betrachten wären, die ihre ursprüngliche Riesenmasse völlig zerstrahlt haben. Zudem schien in einer solchen Vernichtung von Materie (entsprechend dem zeitläufigen Stand des physikalischen Wissens) die einzige Energiequelle zu bestehen, die eine Deckung des dauernden Energieverlustes der Sterne durch den Strahlungsvorgang gewährleistete. Doch bedingte ein derartiger Prozeß ein Sternalter von mehr als 1 Billion Jahre, woraus sich sehr bald unlösbar erscheinende Widersprüche zu anderen astronomischen Tatsachen ergaben. Deshalb mußte diese Hypothese in dem Augenblick als unhaltbar abgetan werden, als sich auf atomphysikalischer Grundlage die wirklichen Energiequellen aufspüren ließen, die den Strahlungsvorgang der Sterne speisen. Als solche erwiesen sich vor allem Atomkernprozesse, insonderheit die im Innern der Sterne dauernd erfolgende Umwandlung von Wasserstoff in Helium (also der Aufbau von schweren Elementen aus leichten), die von einer so gewaltigen Energieerzeugung begleitet werden, daß sie ein hinreichendes Lebensalter der Sterne zu garantieren vermögen,

¹ F. G. Houtermans, Zeitschr. f. Naturforschung, Bd. 2a, S. 322—328 (1947).

das sich in den äußeren Rahmen des (aus astronomischen Beobachtungstat-
sachen hergeleiteten) Weltalters ohne Schwierigkeit einfügt.

Kennt man den quantitativen Anteil der einzelnen chemischen Elemente am Aufbau der Sterne, besonders das Verhältnis von Wasserstoff und Helium, so läßt sich auf Grund der Annahme, daß das vorhandene Helium weitgehend aus Wasserstoff hervorging, die Zeit bestimmen, die ein solcher Umwandlungs-
prozeß erforderte. Diese Zeit erwies sich tausendfach kürzer als das aus der Vernichtung von Materie abgeleitete Sternalter von einigen Billionen Jahren. Vor allem war damit nur ein unwesentlicher Verlust an Masse verbunden. So ließ sich berechnen, daß sich im Innern der Sonne (bei Annahme einer unverändert gebliebenen Strahlungsintensität) während der letzten 3 Milliarden Jahre (dem Alter der Erde) zwar 3 v. H. des bei ihrer Entstehung vorhandenen Wasserstoffs in Helium umwandelte, daß dabei aber von der an den Umwandlungsprozessen teilhabenden Gesamtmasse des Wasserstoffs lediglich 0,7 v. H. durch den Umsatz in Strahlung verlorenging.² Nähere auf dieser Basis durchgeführte Untersuchungen von Prof. P. ten Bruggencate³ in Göttingen (1947) ergaben ein wahrscheinliches Sonnenalter von rund 4 Milliarden Jahren. Dieses Alter steht in seiner Größenordnung in befriedigendem Gleichklang mit den auf anderen Wegen gewonnenen Alterswerten, unter denen die Forschungen des bekannten Pioniers der Radiumforschung Prof. Stefan Meyer⁴ in Wien (1938) hervorzuheben sind, die durch sorgfältigste Diskussion der Zerfallskonstante des Actinurans ein mittleres Sonnenalter von 4,5 Milliarden Jahren ergeben hatten. Wir dürfen daher wohl behaupten, daß Erd- und Sonnenalter sich in hinreichender Übereinstimmung befinden.

Allerdings läßt sich das Alter der Sonne für die übrigen Sterne nicht ohne weiteres verallgemeinern. Es erweist sich vielmehr nur für solche Sterne als zutreffend, die nahezu dieselbe Masse wie die Sonne besitzen, da nach modernen kosmologischen Gesichtspunkten der Massenunterschied der Sterne durch ihren Altersunterschied bedingt erscheint, freilich nicht in dem bereits erwähnten Sinne eines Massenverlustes durch Strahlung und Entwicklung, sondern in der Weise, daß im Jugendzeitalter des Weltalls allgemein nur Sterne mit kleinen Massen und in der jüngsten Vergangenheit ausschließlich Riesensterne mit großen Massen entstanden sind. Das würde bedeuten, daß sich die Zwergsterne auch als solche gebildet haben und demgemäß die chronologisch älteste Generation des Weltalls darstellen, der auch die Sonne angehört, während die Riesensterne, die vereinzelt über eine vierzig- bis fünfzigfache Sonnenmasse verfügen, die jugendlichen Bürger der Sternenwelt verkörpern. In diesem Zusammenhang sind Forschungen von Prof. A. Unsöld in Kiel (z. Z. im Druck) bemerkenswert, die für die sehr heißen und massigen, nahezu vollständig aus-

² Vgl. H. Vogt, Aufbau und Entwicklung der Sterne (Probleme der kosmischen Physik, Bd. XXIV), Leipzig 1943.

³ P. ten Bruggencate, Nachrichten d. Akademie d. Wiss. in Göttingen, Math.-Phys. Klasse 1945, S. 29 und: Zeitschr. f. Astrophysik, Bd. 24, S. 48–58 (1947).

⁴ St. Meyer, Forschungen u. Fortschritte, Jg. 14, S. 41 (1938).

Wasserstoff bestehenden B-Sterne das verblüffend geringe Alter von 20 Millionen Jahren (kaum ein Hundertstel des Erdalters) ausweisen, und wonach wahrscheinlich wird, daß im Weltall auch heute noch Sterne entstehen.

Schon früher hatte Prof. F. Paneth⁵ in England (1931) Untersuchungen über das mutmaßliche Alter von Meteoriten angestellt und auf Grund der Annahme, daß sich das in ihnen nachgewiesene Helium aus eingeschlossenen radioaktiven Substanzen gebildet habe, gefunden, daß unter 24 näher analysierten Meteoriten keiner älter war als 3 Milliarden Jahre. Die jüngsten darunter erwiesen sich kaum 500 Millionen Jahre alt, während das Durchschnittsalter zwischen 1 und 2 Milliarden Jahre lag. Da anderseits etwa 20 v. H. aller Meteore hyperbolische Bahnen besitzen, muß der Ursprung dieser Meteore außerhalb des Sonnensystems liegen, so daß infolgedessen die nachgewiesenen Meteoralter ebenfalls für ein allgemeines kosmisches Alter im Rahmen einiger Milliarden Jahre an Bedeutung gewinnen.

Es erhebt sich jetzt die Frage, inwieweit sich aus den Verhältnissen im Sternsystem und aus den Eigenschaften der kosmischen Nebelwelt Anhaltspunkte für ein Weltalter herleiten lassen. Betrachten wir zunächst das Milchstraßensystem, dem auch die Sonne angehört und das in seiner äußeren Gestalt Spiralform aufweist, womit es sich den fernen Spiralnebeln, die ihrerseits wiederum Milchstraßensysteme sind, ebenbürtig an die Seite stellt. Dieses gewaltige Weltengebilde, das etwa 50 Milliarden Sterne umschließt, vollführt in 220 Millionen Jahren eine Rotation um seinen Mittelpunkt, der fern im Sternbild des Schützen hinter dichten Stern- und Staubwolken verborgen liegt. Jedoch zeigen sich im Innern der Milchstraße (ebenso wie in den Spiralnebeln) hinsichtlich der Massenverteilung beträchtliche Ungleichmäßigkeiten, die es unwahrscheinlich machen, daß die Milchstraßenwelt seit ihrer Entstehung schon viele Rotationen ausgeführt, da andernfalls zu erwarten wäre, daß genügend zahlreiche Umdrehungen zu einer weitgehenden Homogenisierung des Massenausgleichs geführt haben würden. Da dies augenscheinlich nicht der Fall ist, wird man das Milchstraßenalter, wie der englische Astrophysiker Prof. A. S. Eddington († 1944) meinte, nur einem geringen Vielfachen der Rotationszeit, also allenfalls einigen Milliarden Jahren gleichsetzen dürfen.⁶

Darüber hinaus lassen sich neuere Forschungen über die Stabilität in den Kugelsternhaufen heranziehen. Kugelsternhaufen sind recht merkwürdige kosmische Gebilde, die oft aus 100 000 und mehr zu einem förmlichen Sternknäuel zusammengeballten Sternen bestehen und in dieser Eigenschaft Schwerpunkte des Milchstraßensystems darstellen. Obwohl sich nach Untersuchungen von Prof. E. v. d. Pahlen⁷ in Basel (1947) der eigentliche Kontraktionsvorgang von einer Sternwolke zu einem Kugelsternhaufen bereits in 100 Millionen Jahren vollzogen haben kann, so besagen doch Ergebnisse des ameri-

⁵ F. Paneth u. W. Koeck, Zeitschr. f. physikal. Chemie, Festband, S. 145 (1931).

⁶ A. S. Eddington, The Rotation of the Galaxy, Oxford 1931.

⁷ E. v. d. Pahlen, Zeitschr. f. Astrophysik, Bd. 24, S. 68—120 (1947).

kanischen Astronomen L. Spitzer⁸ (1940), daß ein aus 100 000 bis 1 000 000 Sonnenmassen bestehender Kugelsternhaufen erst in 100 Milliarden Jahren die Hälfte seiner Sterne durch Auflockerung wieder verlieren kann. Da aber angesichts der erforderlichen kurzen Kontraktionszeit anzunehmen ist, daß die Kugelsternhaufen nahezu gleichzeitig mit dem Milchstraßensystem entstanden sind und anderseits kein Beispiel für eine inzwischen weit vorangeschrittene Auflösung bekannt ist, müssen wir sie als kosmisch junge Gebilde ansehen, deren Alter allenfalls nur wenige Milliarden Jahre beträgt.

Das Alter der Welt erhält seine entscheidende Prägung jedoch durch ein anderes weittragendes kosmologisches Problem. Die außerhalb des Milchstraßensystems zu Milliarden und aber Milliarden als Spiralnebel den Raum erfüllenden Weltsysteme zeigen nämlich, wie Messungen in ihrem Spektrum erweisen, daß sie mit großen Geschwindigkeiten in den Raum hinausfliehen. Je weiter sie entfernt sind, um so größer wird ihre Fluchtbewegung, deren meßbarer Wert bei Angehörigen eines Nebelhaufens im Sternbild des Großen Bären bereits 42 000 Sekundenkilometer erreicht, der aber bei dem weitesten bisher bekannten Spiralnebel (in einer Entfernung von 500 Millionen Lichtjahren) einer Geschwindigkeit von fast 100 000 km/sec entsprechen dürfte. Dieses Verhalten der Spiralnebel, das aus der Rotverschiebung der Linien in ihrem Spektrum zu entnehmen ist, führt zu der unumgänglichen Folgerung, daß sich darin eine fortgesetzte Ausweitung des Weltalls, ein dauerndes Wachstum des Raumes ausprägt. Man hat dieses Raumbild sehr treffend mit dem Beispiel einer platzenden Granate verglichen und daran die Vermutung geknüpft, daß umgekehrt einst die gesamte Masse des Alls, die wir heute zu Sternen und Weltsystemen vereinigt finden, in einem einzigen Urstern zusammengeballt war, bis (vor einigen Milliarden Jahren) eine gewaltige kosmische Explosionskatastrophe diesen Stern zum Bersten brachte und die gesamte Materie mit ungeheurer Wucht in den Raum hinausschleuderte, wo wir sie noch heute in unaufhaltbarer Flucht begriffen sehen.

Dieses ebenso dramatische wie merkwürdige Geschehen im Kosmos hat Prof. Pascual Jordan⁹ in Hamburg (1945/47) zum Ausgang neuartiger kosmologischer Folgerungen genommen, indem er den Satz aufstellte, daß sich das Weltall mit Lichtgeschwindigkeit ausdehne. Das heißt: Der Radius der Welt wächst in jeder Sekunde um 300 000 Kilometer! Wenn das zutrifft, muß das Weltall früher wesentlich anders ausgesehen haben und wesentlich kleiner gewesen sein. Und wenn wir den Radius der Welt heute mit 6 Milliarden Lichtjahren annehmen, dann läßt sich in Ansehung der dauernden Raumausweitung mit Lichtgeschwindigkeit leicht berechnen, daß das Weltall vor 6 Milliarden Jahren praktisch nur in einem mathematisch definierbaren „Punkt“ vereinigt gewesen sein muß. Die Entwicklung des Kosmos müßte sich folglich in dem seither verflossenen Zeitraum vollzogen haben. Es ist indessen unvorstellbar, daß die heute in der Welt vorhandene Materie im Gewicht von

⁸ Vgl. W. Fricke, Die Himmelswelt, Bd. 55, S. 34 (1947).

⁹ P. Jordan, Die Herkunft der Sterne, Stuttgart 1947.

2 mal 10^{55} Gramm (eine 2 mit 55 Nullen!) am Anfang der Welt in einem ausdehnungslosen Punkt (oder gar in einem kleinen Stern) zusammengepfercht gewesen wäre. Diesen Schwierigkeiten kann man nur dadurch entgehen, daß wir (mit Jordan) annehmen, die Materie sei nach und nach, und zwar zunächst in Form einzelner Neutronen und schließlich in Gestalt von mit der Zeit größer werdenden Neutronensternen entstanden, deren Gesamtmasse mit der jeweiligen Ausdehnung des wachsenden Raumes verhältnisgleich war. Das würde freilich bedeuten, daß dieser Massenzuwachs im Hinblick auf die auch jetzt noch zunehmende Ausdehnung des Weltraums durch eine fortwährende Geburt neuer Sterne auch heute noch andauert und in dem gelegentlichen Auftreten einer sogenannten Supernova ihren sichtbaren Ausdruck zu finden scheint.

Diese Überlegungen besagen im Grunde nichts anderes, als daß vor 6 Milliarden Jahren sowohl Materie als Sterne und hernach auch Weltsysteme durch einen weltzeugenden schöpferischen Elementarakt, in physikalischem Sinne gesprochen: durch die Materialisierung von unwägbarer Energie zu Neutronen und Neutronensternen ins Dasein traten, daß anderseits aber die seit jenem Akt dahingegangene Zeit das wirkliche Alter der Welt darstellt, dem sich die physikalischen und astronomischen Altersgesichtspunkte ohne wesentliche Widersprüche unterordnen. Gleichzeitig wird dadurch die Frage nach einer „kosmischen Vorzeit“, die über mögliche Zustände vor dem besagten Elementarakt Kunde geben könnte, gegenstandslos, da es ein solches „Vorher“ einfach nicht gegeben haben kann.

Zusammenfassend bleibt also festzustellen, daß Astronomie und Atomphysik heute sehr wohl in der Lage sind, mit Hilfe einer die Welt der Sterne und der Atome gleichsam durchdringenden Weltphysik und durch die folgerichtige Deutung von Beobachtungstatsachen in Verbindung mit theoretischen Folgerungen zu einer Chronologie des Weltalls zu gelangen, die den Kosmos als einen zeitlich begrenzten Komplex hervortreten läßt.

Das Glasperlenspiel¹

Buchkritik von HUBERT BECHER S. J.

Der Umstand, daß heute so wenig Bücher erscheinen, bringt es mit sich, daß sich die Kritik ihnen mit größerer Sorgfalt als früher widmet und so einzelnen Werken und ihren Verfassern zu einer größeren Bedeutung verhilft, als ihnen an sich zukommt. Das gilt wohl auch von Hermann Hesse und seinem Glasperlenspiel. In der Form einer, fast möchte man sagen wissenschaftlichen Lebensbeschreibung wird hier ein Bild unserer Zeit und ihres geistigen Zustandes entworfen. Das Buch hat zweifellos den bei Hesse zu erwartenden

¹ Versuch einer Lebensbeschreibung des Magister Ludi Josef Knecht samt Knechts hinterlassenen Schriften, herausgegeben von Hermann Hesse. 2 Bände (409 u. 403 S.), Berlin 1946, Suhrkamp.