

NEUERSCHEINUNGEN

Die Geschichte der Natur

CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER

Stuttgart 1948, S. Hirzel-Verlag, 138 Seiten.

Dieses ausgezeichnete Buch sind Vorlesungen, die im Sommersemester 1946 in Göttingen gehalten wurden. Es ist zu hoffen, obwohl es nicht dasteht, daß sie vor Hörern aller Fakultäten stattfanden, und zu wünschen, sie möchten auch an anderen Universitäten im Studium Generale vorgelesen werden. Das Buch ist ein durchaus humanistisches Werk, ein Werk der Allgemeinbildung im allerbesten Sinn. Jetzt kann niemand mehr sagen, er verstehe das neue Weltbild nicht, das nach allen Gesetzen der Geistesgeschichte unvermeidlich den Nihilismus überwinden wird. Mathematische Formeln sind ganz zurückgestellt, weil ein klarer Verstandesbegriff der Welt als ganzer mit lauter meßbaren Größen gewonnen, ja in den groben Zügen auch eine gewisse Anschaulichkeit geschaffen ist.

Der Titel schon ist eine philosophische Entscheidung, die eben auf Grund der neuen Lehre von der Welt getroffen wird. Die Welt hat mit der Zeit vor drei bis fünf Milliarden Jahren begonnen und strebt seitdem nicht umkehrbar dem Wärmetod entgegen. Es gibt also insofern einen ausgezeichneten einzigen Zeitverlauf, um nicht zu sagen eine absolute Zeit, weil diese Zeit keineswegs unendlich ist; auf diesen Zeitverlauf können alle anderen bezogen werden. Mit dieser grundlegenden Geschichte des Weltgebäudes ist der Rahmen geschaffen für die Gesamtgeschichte der Natur, die den Gesamtentwurf des Buches ausmacht. Der Weltverlauf im astronomischen Ganzen umfaßt die Geschichte der Milchstraßensysteme, der Sterne, der Erde, des Lebens und zuletzt auch des Menschen nach seiner Naturseite. Es gibt also eine Summa der Naturwissenschaften, was wieder eine philosophische Entscheidung ist.

Die eminente pädagogische Leistung des Werkes ist namentlich auch seinem schlichten Stil zu danken und der Kraft, die Zahlen- und Zeitenverhältnisse des Kosmos verständlich zu machen. Die Vorstellung wird von der kleinsten Länge 10^{-13} cm bis zur größten Strecke, dem vermutlichen Radius der Welt mit drei Milliarden Lichtjahren, 10^{27} cm, tabellarisch durch alle 40 Stufen hindurchgeleitet.

Die räumliche Struktur des Kosmos ist gegeben durch die wahrscheinlichste kosmogonische Hypothese, daß die ganze Masse aller Atome in Kerndichte am Anfang vereinigt war, also etwa den Raum unseres Planetensystems einnahm und seitdem in Ausdehnung begriffen ist.

Die zeitliche Struktur ist zunächst mit zwei Ueberlegungen festgelegt, durch die Fluchtgeschwindigkeit der Spiralnebel, die nicht größer werden kann als die Lichtgeschwindigkeit, und durch die Raumkrümmung nach der allgemeinen Relativitätstheorie.

Zu diesen beiden Daten kommen die drei entscheidenden Gruppen von Berechnungen, die im Rahmen der gleichen Größenordnung konvergieren: die Zurückrechnung der Fluchtgeschwindigkeit der Nebel auf einen noch nicht bestimmten Ausgangspunkt ergibt zwei Milliarden Jahre. Ueber die mögliche Korrektur dieses Datums ist im Bericht über H e c k m a n n s Vortrag in diesem Heft das Nötigste gesagt. Die Erde hat nach der Berechnung des Uranzerfalls ein Alter von drei Milliarden Jahren, ähnlich die Sonne und Nebel.

Das Alter der radioaktiven Atome insgesamt, errechnet aus dem heutigen Verhältnis ihrer Zerfallsprodukte in den Gesteinen und Meteoriten, ergibt vier Milliarden Jahre.

Es sind also eigentlich fünf konvergierende Gruppen der Berechnung des Weltalters. Die Wahrscheinlichkeit, durch ihre gegenseitige Ergänzung und Berichtigung das Richtige zu treffen, ist enorm, aber wegen der außerordentlichen philosophischen Tragweite für das Ganze der Welt müssen sie immer wieder neu überprüft werden, vor allem, weil auch immer noch Ausflüchte vor der Endlichkeit der Welt gesucht werden.

So schließt W. eine prinzipielle Ueberlegung über den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik vom Wärmetod der Welt im Ganzen an. Er macht darauf aufmerksam, daß der Satz doch schon hundert Jahre bekannt ist und seine Fassung zusammenfiel mit dem Darwinismus, der als erwünschte These ein außerordentliches Echo fand, während dieser nicht in das damalige Weltbild passende Satz in sei-

ner prinzipiellen Bedeutung kaum beachtet und gewürdigt wurde.

In diesem Zusammenhang gibt W. eine eigene Vorlesung über die Unendlichkeit. Das ist nun eine geistesgeschichtliche, aber gleichfalls von großer philosophischer Tragweite. Sie geht von der überraschenden Erfahrung aus, daß diese Frage der Endlichkeit oder Unendlichkeit der Welt so erregende Debatten auführt wie wenige andere, die aber meist sachlich unentschieden ausgehen. „Der Gläubige, der Zweifler, der Träumer, der Eiferer, der Pedant haben je ihre eigene Weise der Antwort“ (47). Es sind aber nicht nur diese persönlichen Unterschiede, die hier verschiedene menschliche und typische Haltungen offenbaren, auch die Zeiten haben hier je anders gedacht; es gibt eine Geistesgeschichte des kosmozentrischen Denkens, die den mythischen Charakter dieser Vorentscheidungen deutlich macht. W. zieht eine Parallele zwischen dem pragmatischen Bedürfnis der Weltbeherrschung, zwischen der Macht und dem vermeintlichen Wissen von einer unbeschränkten Welt.

„Die Vorstellung der an sich seienden unendlichen Natur, auf die wir verzichten müssen, ist der Mythos der neuzeitlichen Wissenschaft. Die Wissenschaft begann damit, den Mythos des Mittelalters zu zerstören; jetzt zwingt ihre eigene Konsequenz sie zu der Einsicht, daß sie einen anderen Mythos an seine Stelle gesetzt hatte. . . . Wer gewußt hat, daß der Mythos des naturwissenschaftlichen Objektes eine Ersatzsymbolik war, wird zwar seine Auflösung als Befreiung empfinden. Aber dieser Schritt ist noch rein negativ. Ich glaube nicht, daß er den Weg zu den älteren Mythen der Religion wieder frei macht. Wir haben hier auf die Mythen der Wissenschaft ja nicht verzichtet, weil sie Wissenschaft, sondern weil sie Mythen sind. Ich glaube allerdings, daß die Antwort auf die Fragen, vor die wir damit gestellt sind, im Raum der Religion liegt“ (53).

W. meint, daß mit dem Fortfall der Ersatzsymbolik des naturwissenschaftlichen Objekts

die Frage des Nihilismus neu aufgeworfen sei. Er versteht darunter eine Haltung, die auf dem Erleben des Nichts ruht. Aber unseres Wissens ist der Begriff Nihilismus von Jacobi. Baader und Jean Paul gerade für den Glauben an jenes „tote Weltgebäude“ geprägt worden, das eine rein mechanistisch-deterministische Weltgesetzlichkeit für sich sein sollte. Nihilismus meinte damals, es gibt nichts von dem, was bis dahin den Sinn des Lebens ausmacht, keinen Gott, keine Freiheit und unsterbliche Seele, eben jenen philosophischen Unglauben, der mit der späten Aufklärung der Diderot und Voltaire einsetzte. Dieser Nihilismus ist also gerade der Absolutismus des mechanischen Weltgebäudes selber, das als einziges Absolutum betrachtet wird. Und zweifellos ist der Sturz der Unendlichkeit und Ewigkeit des Weltgebäudes durch die neue Physik gerade das geistesgeschichtliche Ereignis, das diesen philosophischen Unglauben überwinden kann.

Nach dieser geistesgeschichtlichen Vorlesung nehmen die übrigen ihren vorgezeichneten Weg. Die Sternsysteme werden nach ihrer Morphologie erörtert, besonders glänzend ist die Darstellung der Energiebilanz der Sterne nach ihren Typen und insbesondere unseres Sonnen- und Planetensystems nach einer neuen interessanten Theorie, zu deren Erforschung W. selber Entscheidendes beigetragen hat. Die Geschichte der Erde zielt auf die parallelen Gestalten der geologischen Epochen und ihrer Faunen und Floren. Die Vorlesungen über das Leben, die Seele und den Menschen sind bedeutsame Versuche des Physikers, mit seiner Betrachtungsweise zu den vorliegenden Problemen Stellung zu nehmen. Wir stellen ihre Erörterung zurück, bis wir im Zusammenhang der nächsten Hefte darauf zurückkommen können.

Diese Betrachtungen münden aus in ein Bekenntnis, das wegen der ungeheuren Steigerung der Macht des Menschen bis zur möglichen Selbstvernichtung die Notwendigkeit der Gnade betont.

A. D.

Die Herkunft der Sterne

EASCUAL JORDAN

Stuttgart 1947, Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft, 70 Seiten.

In dem kleinen, aber außerordentlich inhaltsgeladenen Büchlein bietet der Verfasser im ersten Teil eine zusammenhängende Darstellung seiner bekannten Kosmologie und in den folgenden einige Anwendungen auf die Theorie der entarteten Sterne und der veränderlichen.

Das charakteristische Merkmal seiner Theorie sieht J. in der induktiven Methode. Während alle anderen heutigen Kosmologen deduktiv vorgehen und z. B. aus der Einsteinschen Gravitationsformel ein mögliches Weltmodell a priori ableiten, um es dann nachträglich mit der Erfahrung zu vergleichen, will sich J. zu-

nächst streng an die Erfahrung halten und geht von Dimensionsbetrachtungen und Größenordnungsanalysen aus. Ohne eine bestimmte synthetische Idee kommt freilich auch J. nicht aus. Das schwierigste Problem in der Kosmologie sind von Anfang an die riesigen dimensionslosen Konstanten der Mikrophysik. Während in der Makrophysik die dimensionslosen Konstanten immer von der Größenordnung 1 sind, gibt es z. B. in der Atomphysik die

Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante $\frac{hc}{2\pi c^2} \cong$

137, das Verhältnis der Protonen- zur Elek-

tronenmasse = 1838 oder gar das Verhältnis der Coulombschen Anziehung zwischen Proton und Elektron zur Gravitationsanziehung $\gamma \approx 10^{40}$. Bestünde diese Konstante wirklich, so müßten die Gesetze der Mikrophysik von großer Kompliziertheit sein. Den Versuch Eddingtons, auch für diese riesigen Zahlen ein Verständnis zu gewinnen, bezeichnet J. als hoffnungslos gescheitert.

So bleibt heute als der einzige Weg, der einer gründlichen Durchdenkung wert ist, die Diracsche Idee, diese vermeintlichen Konstanten nicht als wirkliche Konstanten, sondern als Funktionen des Weltalters aufzufassen. Das heutige Weltalter, ausgedrückt in mikrophysikalischen Einheiten, ist selber eine sehr große dimensionslose Zahl. Anderweitig auftretende sehr große Zahlen könnten als geeignete Potenzen des Weltalters gedeutet werden, so daß als Koeffizienten Zahlen von der Größenordnung 1 oder wenigstens von der Größenordnung der (gravitationsfreien) mikrophysikalischen Naturkonstanten übrig bleiben. Ob dann diese letzteren (insbesondere

$\frac{m_p}{m_e}$ und die Feinstrukturkonstante) doch als

echte Konstanten zu betrachten sind oder ebenfalls noch als Funktionen des Weltalters, etwa logarithmische, muß vorläufig allerdings offen bleiben. Die Möglichkeit zu letzterem hat aber Dirac bereits hervorgehoben. Eine empirische Entscheidung wäre nur durch Beobachtung und Messung von Multiplettaufspaltungen an fernen Spiralnebeln möglich, die aber mit den heutigen Mitteln noch undurchführbar sind.

Das Weltalter selber betrachtet J. als empirische Größe. Es ist ermittelbar aus der geologischen Altersbestimmung der Erde, aus der Bestimmung des radioaktiven Zerfalls in irdischen Gesteinen und Meteoriten, durch Altersabschätzungen an der Sonne, den Fixsternen und Spiralnebeln. J. nimmt als wahrscheinlichsten Wert $A = 7 \cdot 10^8$ Jahre = $2 \cdot 10^{17}$ sec, obwohl gewisse Ueberlegungen allerdings nur für den halben Wert sprechen.

Dazu kommen noch zwei weitere durch terrestrische Messungen ermittelbare Größen: die Lichtgeschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec und die Größe $\kappa = \frac{8\pi f^*}{c^2} = 1,87 \cdot 10^{-27} \frac{\text{cm}}{g}$, wobei f die Gravitationskonstante bedeutet.

Aus der Statistik der Spiralnebel sind ferner ermittelbar die Hubble-Konstante α , definiert durch die Rotverschiebung:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \alpha \frac{\lambda}{c},$$

die kosmische Massendichte $\mu = 10^{-28}$ g. cm^{-3} als wahrscheinlichster Wert, und der Krümmungsradius R , definiert durch die im Entferntungsintervall r , $r+dr$ zu beobachtenden Massen; sie sind nicht $\mu \cdot 4\pi r^2 dr$, sondern wegen der Raumkrümmung:

$$dM = \mu \cdot 4\pi r^2 dr \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right).$$

Hypothetisch kann man auf Grund dieser Werte und Dimensionen folgende Proportionalitäten ansetzen:

$$\alpha \approx A^{-1}, \quad R \approx cA, \quad \mu \approx \frac{1}{\kappa \cdot c^2 \cdot A^2}.$$

Diese Gleichungen legen aber eine anschauliche Deutung nahe: Die zweite Gleichung weist auf eine Expansion des Weltalls hin. J. betont aber a. a. O., daß dies ein Bild sei, auf das man ebensogut verzichten könne. Als Positivisten kommt es ihm nur auf die mathematische Abhängigkeit von α , R , μ vom Weltalter an. Man könnte sich z. B. auch den Weltradius als konstant vorstellen und dafür die Elementarlänge sich verkleinern lassen. J. sieht sich freilich veranlaßt, diese Definition als unzweckmäßig zu bezeichnen und die seinige demgegenüber als zweckmäßig, was wahrscheinlich also doch auf einen größeren Wahrheitsgehalt des Bildes von einer expandierenden Welt hinweisen dürfte, sofern man sich einmal entschließt, diese Ueberlegungen nicht nur in positivistischer Manier als bloße Definitionsangelegenheit mit dem alleinigen Zweckmäßigkeitskriterium anzusehen.

Nun aber kommt der entscheidende Punkt:

Die zweite und dritte Gleichung zusammen machen die Annahme einer zeitlichen Konstanz von κ und M zugleich unmöglich. Mindestens eines muß sich verändern. Um die dritte Gleichung kann man sich nicht dadurch herumdrücken, daß man sie als nur für die heutigen Werte von A bzw. R als zufällig gültig ansieht, denn sie ist schon aus der Relativitätstheorie bekannt in der Form $\kappa M = 4\pi^2 R$. In der Forderung der Allgemeingültigkeit der dritten Gleichung stützt sich J. also nun doch auf die Relativitätstheorie. Da $\kappa = 8\pi f/c^2$ ist, kann man diese Gleichung auch schreiben:

$$f \frac{M^2}{R} \approx M c^2,$$

d. h. die Summe der Einzelenergien aller Elementarteilchen der Welt (ihre Gesamtmasse im Energiemaß) ist großordnungsmäßig gleich dem Betrag ihrer wechselseitigen Gravitationsenergie.

Da über die Formulierung und Bedeutung des Energiesatzes in der allgemeinen Relativitätstheorie schon lange diskutiert worden ist, weiß sich J. berechtigt, diese Gleichung hypothetisch zu verschärfen zur Annahme einer Gesamtenergie Null für das Weltall, wie es schon früher von verschiedenen Verfassern vertreten wurde.

Es erübrigt nun noch die zeitliche Veränderlichkeit von κ und M festzulegen. Dies geschieht mittels der Haas-Eddingtonschen Beziehungen, die schon vor dem Hubble-Effekt gefunden wurden:

$$\kappa \approx \frac{1}{\gamma} \frac{1}{M_M}, \quad R \approx \gamma l, \quad M = \gamma^2 M_M.$$

Dabei bedeuten l die Elementarlänge (March) $\approx 2 \cdot 10^{-13}$ cm, M_M die Mesonenmasse $\approx 10^{-1}$ Protonenmasse und $\gamma = 10^{40}$. Es ist dabei jedoch nicht sicher, daß γ in der 2. und 3. Gleichung identisch ist.

Was sollen wir aber mit einer so riesigen Naturkonstanten anfangen? Eddingtons (aprioristischen) Erklärungsversuche überzeugen

nicht. Dirac sprach den Gedanken aus $A \cong \gamma \tau$, wobei $\tau = \frac{1}{c}$ die Elementarzeit bedeutet.

Wenn γ wirklich in allen Gleichungen dieselbe Größe bedeutet (und wir es wenigstens nur mit einer monströsen Konstanten zu tun haben), dann ergibt sich aus diesen Gleichungen:

$$\kappa \cong \frac{l^2}{R M_M}, \text{ oder was wegen } R \cong \kappa M$$

dasselbe ist:

$$M \cong \frac{R^2 M_M}{l^2}, \text{ wodurch die Veränderlich}$$

keit von κ und M einzeln festgelegt ist.

Wenn aber nun κ veränderlich ist, so muß man es als Feldgröße auffassen, was zu einer 5-dimensionalen oder projektiven Relativitätstheorie führt.

M muß also mit dem Weltradius quadratisch wachsen, indem die durch die Neuerzeugung von Materie zunehmende Gravitationsenergie des Weltalls durch die neuentstehenden Massen kompensiert wird, so daß der Energiesatz (mathematisch zumindest) erfüllt bleibt.

Diese Neuentstehung von Materie nimmt J. hypothetisch in den Supernovaausbrüchen an. Die wahrscheinlich hier entstehende Höhenstrahlung mit ihren extrem hohen Energien entzog sich wie der Ausbruch selbst bisher jeder physikalischen Erklärung. Wenn er allerdings annimmt, daß dies die Gelegenheit der Neuerzeugung von Materie ist, sieht er sich mit der Erfahrung einigermaßen in Widerspruch. Seine Theorie würde einen Supernovaausbruch pro Jahr in einem Spiralnebel fordern gegenüber der tatsächlichen in unserem Milchstraßensystem beobachteten Häufigkeit von einem Ausbruch in 200 bis 300 Jahren. Er hilft sich mit der Hypothese, daß in jüngeren Spiralnebeln die Häufigkeit wesentlich größer sein müsse als in der Milchstraße.

Mit der Hypothese von Weizsäcker u. a., die annehmen, daß die gesamte Weltmaterie anfangs in einem Urklotz zusammengepreßt war, steht seine Theorie in Widerspruch, die für den Anfang vielmehr ein einziges Neutronenpaar fordert und eine sukzessive Neuerzeugung von weiteren Elementarteilchen mit fortschreitender Expansion. Den Vorteil dieser Anschauung sieht er vor allem darin, daß man sich keine an sich berechtigten Gedanken über die Vorgeschichte dieses fraglichen

Urbreies zu machen braucht, da ja hier die Frage berechtigt wäre, welche inneren Prozesse ihn zur Explosion gebracht haben, eine Frage, die seiner Meinung nach an sich berechtigt wäre, sich aber trotzdem jeder Inangriffnahme entzieht. Sonderbar allerdings, daß er als Positivist überhaupt der Meinung sein kann, daß es physikalisch unbeantwortbare Fragen geben könne, die berechtigt sind. Außerdem wäre noch festzustellen, daß auch die Neuerzeugung von Materie noch zu verschiedenen Fragen Anlaß geben könnte, die an sich berechtigt, aber physikalisch unbeantwortbar sind.

Gar nicht positivistisch nehmen sich auch seine Äußerungen über die Nichtumkehrbarkeit der Zeitrichtung aus, die er als Grundsache aller Naturbeschreibung bezeichnet. Während sie in der Mikrophysik keine Begründung findet, erhält sie hier eine kosmologische Verankerung.

Im zweiten Abschnitt des Buches gibt J. eine zum vorigen in keinem unmittelbaren Zusammenhang stehende kritische Untersuchung der Chandrasekharschen Theorie und zeigt, daß im Gegensatz zu letzterer jeder Stern mit beliebiger Masse vollständig entarten (d. h. sich bis zum absoluten Nullpunkt abkühlen) könne. Sofern aber seine Masse größer als 1,44 Sonnenmassen ist, bildet sich in ihm, wenn er genügend ausgekühlt ist, eine zentrale Massenkonzentration, in der Kern dicht an Kern steht und das Ganze dann somit gewissermaßen eine riesige Neutronenmasse darstellt. Der Uebergang von dieser extremen Massendichte des Zentralkerns zur Gashülle soll fast sprunghaft stattfinden.

Im dritten Kapitel bringt J. dann noch Gründe, die dafür sprechen, daß die Veränderlichkeit mancher Riesen (sog. Cepheiden) auf eine Pulsation dieser Zentralmasse zurückzuführen ist, wobei sich diese innere Pulsation bei Resonanz auf die äußere Gashülle überträgt. Die Novaausbrüche beruhen jedoch auf Explosionen durch Kernreaktionen in der Gashülle, deren Erschütterung auf den inneren Zentralkern übertragen wird, der dadurch wieder zu Pulsationen angeregt wird, die sich wieder auf die Gashülle übertragen, bald aber abklingen und dadurch das periodisch pulsierende Erlöschen der Novasterne bedingen.

W. B.

Der Weg des Universums

ARTHUR MARCH

A. Francke, Bern 1948. Sammlung Dalp, Bd. 65, 190 Seiten.

M. ist durch seine Theorie der Elementarlänge schon rühmlich bekannt, auch den Nichtphysikern, die seine populären Werke gelesen haben. Auch hier rekapituliert er gelegentlich noch einmal seine bisherigen Einsichten mitsamt dem erkenntnistheoretischen Gedankengang, der zur Annahme der Existenz einer Elementarlänge hinführen soll (105 ff.).

Gegen letzteren könnten zwar verschiedene Bedenken vorgebracht werden, vor allem, ob es einem fiktiven Mikrobeobachter überhaupt möglich sein kann, Elementarteilchen wie Maßstäbe aneinanderzulegen, sofern auch für ihn die Unsicherheitsrelation gelten soll und die Konstatierung dieser Nachbarschaft nur durch Lichtstrahlen erfolgen könnte, die die ganze

Kette von aneinandergereihten Elementarteilchen heillos durcheinanderbringen müßten . . . M. gibt jedoch selber die Fraglichkeit dieses Gedankenganges zu (111) und will für die objektive, nicht nur durch die unzureichenden Maßstäbe bedingte Existenz der Elementarlänge einen Beweis darin sehen, daß sich auf ihrer Annahme eine Theorie gründen läßt, die die experimentellen Tatsachen viel besser wiedergibt als eine, die auf sie keine Rücksicht nimmt. (Setzt man den wirklichen Längen keine untere Grenze, so verwickelt man sich z. B. bei der Berechnung der Energie einer Hohlraumstrahlung in Widersprüche mit der Erfahrung, da bei Möglichkeit unendlich kleiner Wellenlängen die Energie theoretisch unendlich wird.) Man gewinnt den besten Anschluß an die Erfahrung, wenn man annimmt, daß die kleinste Länge eine universelle Konstante ist, also in der Raumstruktur selber begründet liegt und unabhängig ist von der Art der Teilchen (Löcherstruktur des Raumes). Sie ist von der Größenordnung 10^{-13} cm.

Das würde eine Geometrie erfordern, die nicht mehr auf den strengen Punktbegriff eingestellt ist, in der vielmehr Punkte, die unter einer gewissen Grenze benachbart sind, nicht mehr unterschieden werden (113 f.). Man ist allerdings versucht, dagegen einzuwenden, daß wohl auch eine solche Geometrie von der Punktgeometrie ausgehen müßte und also der bisherige geometrische Raumbegriff nach wie vor die Grundlage bleibt.

Doch M. stellt sich hier ja eigentlich eine ganz andere Aufgabe. Die Theorie der Elementarlänge wird nur behandelt, weil das Kleinste in enger Beziehung steht zum Größten und vermutlich die Existenz einer Elementarlänge im Zusammenhang mit der Endlichkeit des Weltalls gesehen werden muß (Eddington stellt die Beziehung auf: $l_0 \cong R\sqrt{N}$

In sehr angenehm lesbaren und oft witzigen Formulierungen schildert M. den Weg des Universums von der Expansion des ersten Urklotzes bis zum Kältetod der Einzelsterne. Schade, daß diese angenehme Lektüre besonders am Anfang häufig durch Äußerungen vergällt wird, die allzu auffällig von historischer und philosophischer Verständnislosigkeit zeugen. Auch daß die Abgrenzung zwischen Physik und Metaphysik bei Newton schon besonders ausgeprägt war, wo er doch in entscheidender Weise vom Neuplatonismus beeinflusst wurde, muß man betonen (19 ff.). Sein „hypotheses non fingo“ war doch wohl nur ein für den speziellen Fall der Anziehungskraft gemeinter Verzicht und kein grundsätzlicher, denn über den absoluten Raum hat er ja doch verschiedene Spekulationen angestellt. Er war auch geneigt, für die Anziehungskraft ein vermittelndes Medium anzunehmen, während die positivistische Physik heute auf das Kontinuum verzichtet und nur die Zahlenverhältnisse der punktuellen Quanten in Matrizen ordnet, wodurch sie zwar Voraussagen zu treffen, jedoch nicht mehr an die materielle Wirklichkeit heranzuführen vermag.

Auf Newton folgt Olaf Römer, der die Lichtgeschwindigkeit maß (25 ff.) und William Herschel, der in die Tiefen des Weltraums vorrang (29 ff.). Nach der Darstellung der Me-

thoden der Entfernungsmessung bei den am weitesten entfernten Spiralnebel (36 ff.) erfahren wir die Geschichte ihrer Entstehung nach der Theorie von Eddington (40 ff.) aus dem ersten Urnebel, die dahin modifiziert wird, daß nicht die Spiralnebel, sondern die Sterne sich als erste durch Verdichtung des Urnebels gebildet haben sollen und dieses riesige Sternemeer erst nachträglich in die einzelnen Spiralnebel auseinanderfiel. Eine besondere theoretische Schwierigkeit bildet dabei die Erklärung ihrer Rotation. Sie können ihr Drehmoment nur im Verband mit den anderen Spiralnebeln erhalten haben, die alle gleichzeitig aus dem Urnebel hervorgegangen sind, was auf einen engen Kontakt zwischen ihnen am Anfang und dann erst nachträglich erfolgende Auseinanderückung hinweist (44 ff.).

So kommt man auf das Bild eines expandierenden Weltalls, welches durch die Entdeckung der Rotverschiebung durch Hubble (und nicht durch die Relativitätstheorie) (79) bestätigt wurde. Rechnet man diese Expansionsbewegung zurück auf den Urnebel, so kommt man auf ein Alter von ca. 2.10^9 Jahre. Die Berechnung und Beobachtung der Energieverteilung unter den Sternen des Milchstraßensystems ergibt ferner bei Berücksichtigung der Expansion für dieses ein Alter von weniger als 100.10^9 Jahre (53 f.).

Der Urnebel war noch nicht der Anfang der Welt, denn in keinem späteren Stadium seiner Entwicklung können die schwereren Elemente entstanden sein. (Zu ihrer Bildung sind die ganz extremsten Drucke und Temperaturen erforderlich, wie C. F. v. Weizsäcker gezeigt hat.) Man muß daher annehmen, daß die gesamte Masse dieses Urnebels am Anfang auf Kerndichte komprimiert war und erst aus der „Explosion“ dieser von einem rasenden inneren Feuer glühenden Urmasse von der Größe unseres Planetensystems der Urnebel hervorgegangen ist.

Im vierten Hauptteil schildert M., nachdem er im dritten das Nötige über Atom- und Kernphysik beigebracht hat, den Haushalt der Sterne, ihre Klassifizierung in Größen- und Spektralklassen (129 ff.) und den auf Grund des Russeldiagramms vermutlichen Lebensweg der Sterne. Sobald sich der Stern als verdichtete Gaswolke aus dem Urnebel herausgesondert hat, beginnt er sich langsam infolge der Gravitation weiter zusammenzuziehen und gebraucht die dabei freiwerdende Energie, soweit sie nicht ausgestrahlt wird, um sich langsam auf die nötige Temperatur zu bringen, die zum Anlauf einfachster Kernreaktionen ausreicht, z. B. zur Bildung von ${}^3_2\text{He}$ aus ${}^2_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$. Dadurch steigt die Temperatur weiter an, so daß auch das Lithium in den Kernprozeß eingreifen kann, dann auch Beryllium und Bor. Schließlich steigt die Temperatur so weit, daß der Kohlenstoff-Stickstoff-Zyklus anlaufen kann, der auch auf unserer Sonne die Hauptenergiequelle ihrer Strahlung ist. Es wird dabei Wasserstoff in Helium verwandelt unter der Katalyse von Kohlenstoff und Stickstoff. Wenn aber sämtlicher Wasserstoff verbraucht ist, ist der Stern ausgebrannt. Gegen seine endgültige Abkühlung setzt er sich noch eine Zeitlang durch weitere Zusammenziehung zur Wehr und

wird zum weißen Zwerg. Die Kontraktion geht so lange vor sich, bis die Höchstdichte erreicht ist. Dann kühlt der Stern endgültig aus bis zum absoluten Nullpunkt, denn eine weitere Zusammenziehung ist nicht mehr möglich.

Ist seine Masse dabei genügend groß, dann drücken die oberen Schichten durch ihre Gravitation die Atomschalen im Innern ein und pressen die Elementarteilchen auf engstem Raum im Zentrum des abgestorbenen Sternes zusammen. Kern lagert dabei dicht an Kern, was eine ungeheure Massendichte bedingt und andererseits eine sehr weitgehende Verkleinerung des Sternradius, so daß z. B. unsere Sonne, sobald sie ausgekühlt ist, keinen größeren Radius besitzt als unsere Erde. Ein Körper von der 1,44fachen Sonnenmasse sollte nach der Theorie von Chandrasekhar sogar auf den Radius Null zusammenschrumpfen, also aus dem Raum überhaupt verschwinden (159 f.). Die gesamte Materie des Sternes ist dann auf Kerndichte zusammengepreßt (und sein Volumen besteht gleichsam nur mehr aus Löchern). M. veranschaulicht dies dadurch, daß er sagt, der Stern habe durch seine immense Massenkonzentration eine so große Raumkrümmung (Ausbuchtung) im Einsteinschen Kontinuum erzeugt, daß er sich gewissermaßen vom übrigen Weltraum abschneürt und wie ein Blinddarm sich einen eigenen Privatraum schafft. Dieses Bild dürfte allerdings insofern unzulänglich sein, als ja der eigentliche Weltraum an dieser Stelle nicht vollständig ausgeglättet sein wird, sondern vielleicht mehrfach zusammenhängend (Weyl) und infolgedessen in seiner Metrik doch irgendwie die Existenz des verschwundenen Sternes anzeigen dürfte. Besser wird es wohl sein, im Sinne der Märchschen Raumtheorie zu sagen, das Körpervolumen des abgestorbenen Sternes bestehe jetzt nur noch aus elementaren Innenräumen und seine wirkliche Ausdehnung habe daher keinen physikalisch feststellbaren und ausmeßbaren Radius mehr.

Noch anfechtbarer dürfte es aber sein, wenn M. auch den Urbrei, aus dem der ganze Kosmos durch Expansion hervorgegangen ist, unter diesem Bild des vom Raum abgeschnürten und noch nicht im Raum vorhandenen Urkörpers faßt (85 ff.). Von welchem Raum sollte die Urmasse abgeschnürt sein? Hat es schon einen Raum gegeben, bevor überhaupt noch

ein Weltkörper existiert hat? Es hat allerdings den Anschein, als ob M. dem Raum eine Priorität vor den Körpern zuspräche, da er ja auch die Existenz von Elementarteilchen auf eine atomistische Struktur des Raumes (die cum grano salis verstanden werden muß) zurückführt. In dieselbe Richtung weisen seine Ausführungen über den Aether, dessen Existenz der Michelson-Versuch widerlegt haben soll; der Raum stünde also leer. Wie aber kann ein leerer Raum die atomistische Struktur der Materie begründen? M. beachtet offenbar hier nicht, daß durch die allgemeine Relativitätstheorie der Aether als gekrümmtes Kontinuum wieder hereingekommen ist. Denn nur als deformierbares Medium kann er derart verbeult sein, daß ihm Löcherige oder wabige Struktur zugesprochen werden kann (daß er mehrfach zusammenhängend ist). Wie aber kann der Raum als deformierbares Kontinuum schon vor der Welt und unabhängig vom Urbrei existiert haben? Offenbar ist doch der gekrümmte Weltraum und die physikalische Zeit erst aus der Expansion der Urmasse hervorgegangen, wie die meisten heutigen Kosmologen dafürhalten. Oder nimmt M. an, daß möglicherweise außer dieser Urmasse mit ihrem Privatraum noch andere davon verschiedene Urmassen mit ebenfalls eigenen Privaträumen existiert haben könnten und erst später innerhalb eines höherdimensionalen Raumes zusammengefloßen sind? Das wäre denkbar, würde aber M. geradewegs zur neuplatonischen Raummetaphysik führen, was für ihn als Anhänger des Positivismus, zu dem er sich bekennt, doch wohl kaum annehmbar wäre.

Aber das hätte wenigstens den einen großen Vorteil, daß ihm für seine ersehnte, auf das Lebensgeschehen erweiterte Schrödingergleichung noch beliebig viele Dimensionen zur Verfügung stünden. Wobei aber im Gegensatz zu M. nachdrücklich zu betonen ist, daß die ψ -Funktionen nicht Wesen sind, die dem Geschehen erst Sinn und Form verleihen, sondern nur mathematische Gebilde, in denen wir die Gestalttheit und Sinnhaftigkeit des Universums begrifflich fassen. Was und wo aber sind die Faktoren, die den Sinn verleihen und das Geschehen sinnvoll gestalten? Nach ihnen fragt der Vitalismus!

W. B.

Die Innenwelt der Atome

ZENO BUCHER

Zur Frage der Teleologie im Anorganischen.

Zeno Buchers Werk „Die Innenwelt der Atome“, das bereits 1946 in der Schweiz erschien und seither viel diskutiert wurde, ist nun durch den Verlag Cassianeum auch der breiteren deutschen Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden, und man möchte wünschen, daß sie die Gelegenheit wahrnimmt, denn das Buch ist eine schöne Bestätigung der Eingangsworte des Verfassers: „Es wurde redlich versucht, die Ergebnisse der neuesten Atom-

lehre auch Nichtfachleuten, die an diesen Fragen von der Philosophie her interessiert sind, so verständlich als möglich darzubieten.“ Der Versuch ist in einer seltenen Einheit von Fachkenntnis, pädagogischer Begabung und sprachlicher Kraft gelungen. Von den philosophischen Deutungen Buchers aber kann man sagen, daß sie den Schummer von der „Urdummheit“ in der Natur, als welchen man jeden usurpatorischen Mechanismus anspre-

chen kann, zumindest empfindlich stören. Damit sind wir beim Herzanliegen dieser Untersuchungen, der Anerkennung eines teleologischen Faktors in der Innenwelt der Atome und damit im Ursprungsbereich der anorganischen Natur. Daß Bucher diesen ordnungstiftenden, zielbestimmenden Faktor nicht einfach von einem metaphysischen Grenzland her „einschmuggelt“, sondern ihn mit aller Gewissenhaftigkeit im physikalischen Bereich sucht und als denkbar erweist, zeigt der erste Teil des Werks über die Ergebnisse der Atomphysik, über die er nicht nur sehr exakt, sondern mit klarer Sicht für das Wesentliche berichtet; denn die physikalischen Erscheinungen sind ihm ja „Widerschein des Wesens“, man darf nicht positivistisch an ihnen haften bleiben, noch sie kühn überspringen. Während die bildhafte Ausdrucksart Buchers das Verständnis auch der abstrakten Formeln erleichtert, schränkt er doch im gleichen Zuge den Wirklichkeitswert aller Modelle ein, deren Bedeutung er eben in ihrer Analogie-Funktion sieht; denn „für Wirklichkeiten, die empirisch nicht unmittelbar erfahrbar sind, ist eine andere als die analoge Erkenntnis überhaupt nicht möglich“. Man darf sagen, daß Bucher in diesem sauberen Auseinanderhalten von positiven Aussagen und subjektiven Gleichnissen eine einwandfreie Grundlage für die philosophische Diskussion schafft.

In dieser Diskussion kann — „wie man sich durch ein aufmerksames Durchlesen des ersten Teils dieser Arbeit leicht überzeugen kann“ — nicht geleugnet werden, daß die Atomwelt für den Schluß auf einen entelechialen Faktor reiches Material darbietet. „Die Stabilität der Atome, die stationären Zustände, an denen das Atom festhält bzw. sie immer herzustellen sucht, der ganze Strahlungs-, Mechanismus“, das Pauli-Prinzip als das den Schalen-aufbau regierende Gesetz usw. sind ebenso viele Tatsachen, die auf ein zielstrebiges immaterielles Moment hindeuten.“ Sie sind zum Teil in einer Gesetzmäßigkeit inbegriffen, die Bucher „das ektropische Verhalten der Atome“ nennt: die Atome bilden, für sich genommen, eine Ausnahme vom Gesetz der Entropie, d. h. der Vermehrung des für energetische Umsetzungen nicht mehr verfügbaren Energievorrats, sie sind Gefüge, die sich in der Regel nicht dauernd, sondern nur vorübergehend verändern — wenn man von den radioaktiven Vorgängen absieht. Sie erstreben und stellen ihre ursprüngliche Architektur nach Störungen immer wieder her. Zwar sind das klassische Beispiel für eine Ektropie die Lebewesen, die bei aller Vermehrung der Entropie ihrer Umwelt doch „stetsfort durch aktive Innenprozesse freie Energie schaffen und so dem Zerfall entgegenwirken“. Aber auch das Atom bewahrt „gegenüber einer ständig sich verändernden Umwelt seine stabile Eigenständigkeit“. „Nach dem Entropiegesetz müßte das Atom durch den fortwährenden Energieverbrauch seiner inneren Dynamik sich verbrauchen und einem Endzustand zutreiben.“ Daß dies nicht geschieht, weist Bucher darauf hin, „daß der Naturtendenz, Energiegefälle zu nivellieren, ein wirksames Prinzip entgegenspielt“. Auch die Verhaltensweisen des Atoms im energie-

tisch angeregten Zustand, der „Rücksprung“ des Elektrons in den Grundzustand, andererseits das Einfangen und Einordnen neuer Elektronen in die Ganzheit des Systems, dem zunächst Teile entrissen wurden, deutet Bucher als Ektropie.

Hier wäre die Frage angebracht, ob man den Rücksprung eines in einen Zustand höherer Energie gehobenen Elektrons ektropisch nennen darf; die durch äußere Einwirkung gewonnene freie Energie wird ja wieder abgestrahlt, das höhere Energieniveau senkt sich wieder, wie es der Richtung der Entropie entspricht. Nur der umgekehrte Vorgang, das Einfangen und Einordnen eines Elektrons zur Ergänzung der ursprünglichen Form, entspräche der Ektropie. Vielleicht ist hier nicht so sehr das Wesentliche die Alternative Entropie—Ektropie, sondern schlechthin die Tendenz des Atoms, seine integrative Ganzheit beizubehalten und sie durch Abgabe freier Energie nach außen oder durch ihre Aufnahme von außen immer wieder herzustellen. Darum widmet Bucher auch dem Begriff der Ganzheit ein ausführliches Kapitel. Den Atom-Individuen kommen nach ihm alle Merkmale der Ganzheit zu: Individuen sind sie als „von innen her zentrierte und unteilbare Wesenseinheiten, die ihre Selbstigkeit im Sein durchhalten“. Als solche sind sie mehr als Summen, ihre konfigurative Stabilität folgt nicht; wie etwa bei einer Uhr, aus mechanischen Gründen, sondern „man sah sich genötigt, der Mechanik wesensfremde ‚Stabilitätsbedingungen‘ einzuführen bzw. andersartige ‚unmechanische‘ Kräfte anzunehmen, um den konstanten Zusammenhalt des Atoms plausibel zu machen“. Bucher zitiert in diesem Zusammenhang Plancks Aeußerung, daß man nur dann zu einer brauchbaren Darstellung der Gesetzmäßigkeit gelange, „wenn man das physikalische Gebilde als ein Ganzes betrachtet“. Er beruft sich auch auf Heisenbergs Vergleich eines planetarischen mit einem atomaren System: das planetarische System würde beim Durchgang eines Kometen großer Masse für immer verändert werden, während das atomare System nach dem Abklingen der Störung wieder in die ursprüngliche Konfiguration zurückgeht.

In dieser individuumshaften Ganzheit sind vielleicht die Elementarteilchen nicht in eigener, aktueller Individualität, sondern nur im Zustand der Potentialität aufgehoben. Die „Einheit aus dem Ursprung“, der atomgebundene Zustand, ist das Primäre und hat den Primat über alle Teile, die ihrerseits wieder in innigster Korrelation stehen: „es zittern alle diese Prozesse durch das ganze Atom hindurch“.

Bucher führt diese ganzheitlichen Betrachtungen auch für die in Molekülen gebundenen Atome, ja mit einiger Vorsicht auch für die Kristalle durch. Die eigentliche Frage an ihnen ist nun, ob die atomare Ganzheit nur echt teleologisch, als „Zielstrebigkeit“ zu diesem Ganzen, anzuerkennen ist. Für Bucher ist „die Annahme eines teleologischen Faktors in der Seinsschicht des Atomaren so wenig zu umgehen wie in der Welt des Biologischen. Es ist hinter der Teleologie als gerichteter Gesetzmäßigkeit ein richtunggebendes Prinzip als

immanente gestaltungsmächtige Anlage anzunehmen, die ihrer Natur nach immateriell ist". Dieses Prinzip sieht Bucher letzten Endes in der Aristotelischen Form, die als innere Komponente der natürlichen Substanz wirkt. „Sie ist keine irgendwie in einem abstrakten metaphysischen Raume schwebende Dinglichkeit, die in eine vorgegebene Seinswelt hineinkommt, sondern sie ist die im Sein selber inkorporierte Wirklichkeit, die sich in der Materie auswirkt.“ Dem aktualisierenden Formfaktor steht die Potentialität der Urmaterie zur Verfügung, als „das reale Substrat, das im Wandel der Dinge bleibt und aus dem das Neue sich bildet“. Gerade der Gedanke der Potentialität von Atombestandteilen, der in der Physik immer hartnäckiger auftaucht, scheint Bucher auf die Berechtigung dieser Lösung hinzuweisen. Die Veränderung der Stoffe ist dann als Wesenswandel zu interpretieren, als Wechsel der substantiellen Form auf dem zugrunde liegenden materiellen Substrat. Wir kommen auf diesen Wesenswandel bei der folgenden Besprechung des Werks von Julius Seiler, „Philosophie der unbelebten Natur“, noch zurück — aber wir haben den Grundgedanken Buchers begriffen, dem er in immer neuen Variationen Ausdruck gibt: „Die Form ist jener geistig-helle Funke in der Tiefe des naturhaften Seins, der alle Blindheit der Nur-Materie sehend macht. Sie ist das eigentliche Aktzentrum, aus dem heraus die Natur sich selbst verwirklicht.“ Letzten Endes aber sind die Formen „die der Materie eingepprägten Siegel Gottes“ — dieses Wort bezeichnet das Schlußkapitel des Werks, das dem Gedanken der Gottinnigkeit, des „Pantheismus“ im weiteren Sinne, gewidmet ist: alle Dinge sind aus Gott, und Gott wirkt zugleich per potentiam in allen Dingen, „Gott höchst transzendent und immanent zugleich“.

Trotz der gleichen theistischen Grundhaltung glaubt Julius Seiler, in seiner „**Philosophie der unbelebten Natur**“ gegenüber den anorganischen und damit auch den atomaren Erscheinungen eine „zurückhaltende Einstellung“ einnehmen zu müssen, „die zwar von der durchgängigen Zweckordnung in der Welt überzeugt ist, aber für die finalen Beziehungen in allen Einzelfällen Beweise verlangt“. Er fordert finale Zusammenhänge, die sich dem Betrachter unmittelbar aufdrängen: „So erkennt man etwa aus dem kausalen Zusammenwirken der verschiedenen Teile des Auges die zugrunde liegende Absicht des Schöpfers, das Sehen zu ermöglichen.“ Diesen unmittelbaren Eindruck teilt Seiler gegenüber den anorganischen Verhältnissen nicht. Für sie scheint ihm die Erklärung aus bloßen Wirkursachen immer noch die legitime zu sein. Denn „oft wird übersehen, daß unsere Kenntnis der Wirkursachen noch eine lückenhafte ist, und daß die Wirkursachen trotz unserer Unkenntnis doch wirklich vorhanden sind. Häufig ist ferner der Irrtum, daß die wirkursächliche Erklärung identisch sei mit einer mechanistischen Erklärung, d. h. mit einem Begreiflichmachen aus vorstellbaren, beweglichen Elementarteilchen“. Seiler weist darauf hin, daß die Geschichte der Philosophie genügend Beispiele von finalen Erklärungsver-

suchen kennt, die eine fortgeschrittene Erkenntnis schon längst durch kausale Auffassungen ersetzt hat. So ist der Höhepunkt seines ebenfalls mit gewissenhaftem Bemühen um die physikalischen Sachverhalte geschriebenen Werks die Auseinandersetzung mit dem Hylomorphismus der scholastischen Autoren. Er stellt ihm die „physikalische Erklärung“ der anorganischen Natur gegenüber, die er keineswegs mit einer mechanisch-atomistischen noch mit einer rein dynamistischen Deutung gleichsetzt, die das materielle Sein und Geschehen entweder nur durch Druck- und Stoßkräfte zwischen den kleinsten Teilchen oder nur durch die Verhaltensweisen der Kraft oder der Energie erklären will. Vielmehr scheint ihm die Physik heute mit „übermechanischen Erklärungsmitteln“ zu arbeiten und „die gründlichste Widerlegung des alten Mechanismus und Dynamismus zu sein“ — für welche Behauptung er allerdings gerade Zeno Bucher zitiert, dessen Satz von der „Abrechnung mit dem Mechanismus in der Physik“ im Rahmen eines Hylomorphismus geschrieben wurde. Davon abgesehen aber bringt Seiler ernst zu nehmende Einwände gegen eine teleologische Stoff-Form-Lehre im aristotelisch-scholastischen Sinne. Wenn die Physik als solche z. B. aus wenigen und einfachen Voraussetzungen das System der Grundstoffe und die Grundeigenschaften sämtlicher Elemente deduzieren kann, so ist dies für Seiler auch eine echte Erklärung des Naturgeschehens, weil dadurch gezeigt wird, in welcher Weise aus gewissen Voraussetzungen das Erklärungsbedürftige abgeleitet werden kann. Es scheint ihm durch die Ableitung der Stoffeigenschaften aus den substantiellen Formen erst recht keine befriedigendere Erkenntnis erreicht zu sein. Er bemerkt dazu, „daß die hylomorphistische Ableitung der Merkmale sich immer auf die einfache Feststellung beschränkt, daß aus den substantiellen Formen die Merkmale folgen und daß grundsätzlich darauf verzichtet werden muß, zu zeigen, auf welche Weise sie sich daraus ergeben“. Der Physiker aber kann genau angeben, „warum es diese Elemente und Isotope gibt und warum keine anderen vorkommen können“.

Freilich begnügt sich der Physiker an sich mit dem Auffinden der funktionalen Beziehungen zwischen den maßgebenden Größen. Aber „ganz offenbar ist die vollkommene Beherrschung der Naturgegebenheiten durch die Gesetze ein Hinweis darauf, daß den funktionalen Zusammenhängen ein ontologischer oder ursächlicher Sachverhalt zugrunde liegen muß“. „Wer in der Energie einen substantiellen und ursächlichen Faktor erblickt, wird die energetische und naturgesetzbliche Betrachtung des Physikers unschwer zu einer ursächlichen vertiefen können.“ Gerade weil Seiler Energie als Substanz versteht, ist ihm die physikalische Erklärung kein „Dynamismus“ im Sinne einer Lehre von „substanzlosen Akzidentien“. Für ihren substantiellen Charakter aber bürgen ihm der Äquivalenzsatz bzw. das Massen-Energieerhaltungsgesetz. In diesem Sinne stellt er die physikalische Erklärung endgültig über die hylomorphistische, als die letzten Endes einfachere. Er

kann sich mit der Redeweise vom Wesenswandel, vom Wechsel der substantiellen Formen auf dem zugrundeliegenden materiellen Substrat nicht befrieden: „Die Redeweise, der Hylemorphismus führe die ganze Mannigfaltigkeit des materiellen Seins und Geschehens auf zwei Prinzipien (Stoff und Form) zurück, ist . . . unzutreffend.“ Denn den hunderttausenden einzelnen Verbindungen müßten jeweils verschiedene Formen entsprechen. „Eine Theorie, die aber mit einer so großen Zahl von unableitbaren letzten Gründen rechnen muß, ist nicht eine besonders einfache zu nennen. Mit demselben Recht, mit dem der Hylemorphismus alle Substanzen auf Stoff und Form zurückführt, kann der Physiker behaupten, er vermöge alles aus zwei Prinzipien zu erklären, nämlich aus ‚Gesetzen‘ und ‚Substanzen‘ . . . Den Reichtum der Formen (in der Ausdrucksweise des Hylemorphismus) erkannten die Physiker als Auswirkung einiger weniger universaler Gesetzmäßigkeiten.“

So gelangt Seiler dazu, den Hylemorphismus „als eine Theorie, die in summarischer Weise dasjenige ausdrückt, was der Physiker in schärferer Formulierung durch die Naturgesetze wiedergibt“, zu bezeichnen. Die Stoff-Form-Lehre wäre der „weite, aber auch unverbindliche Rahmen, dessen Füllung die physikalische Erklärung darstellt“. Die Frage, ob vielleicht doch die letzten Teilchen noch aus Stoff und Form bestehen, beantwortet Seiler damit, „daß für einen solchen Hylemorphismus der Elementarteilchen dann die Lösung der großen klassischen Probleme (Verschiedenheit, Veränderlichkeit und Einheit der empirischen Stoffe usw.) von der Physik bereits vorweggenommen ist und daß die Theorie somit gegenstandslos wird“. Es besteht nun wohl doch ein wesentlicher Unterschied als der eines unverbindlichen Rahmens und seiner Füllung, wenn wir Hylemorphismus als metaphysische und Physik eben als — physische Erklärung verstehen, womit der Wert der physikalischen Erklärung keineswegs zurückgesetzt werden soll: sie ist es ja, die vor voreiliger metaphysischer Erklärung schützt, um den Weg zur wahren, letztmöglichen Metaphysik freizuhalten. Und wenn Seiler auch die hylomorphistische und damit finale Interpretation der anorganischen Natur methodisch ablehnt, so kann er nicht umhin, in ihr dennoch eine Offenbarung einer überweltlichen Intelligenz zu sehen. Er sieht sie in dem mathematischen Charakter des Naturgefuges, dem er das Gedankenspiel eines

Bewußtseins“ zugrunde legt, dessen Weite und Tiefe der Physiker nicht auszuloten vermag.

Wenn Seiler so auch die Frage der Teleologie aus der Betrachtung der anorganischen Natur verweist und abwartender, philosophisch weniger anspruchsvoll — im Sinne der vorläufigen, vorsichtigen Bescheidung — ist, so ist sein Buch doch ein hervorragender Beitrag zur Klärung der Begriffe, die auf physikalischer und die auf scholastischer Seite richtunggebend sind. Es ist eine einzige Aufforderung an scholastische Autoren, die Naturtatsachen und nur sie zuerst sprechen zu lassen und dann zu deuten — eine Forderung freilich, die bei Zeno Bucher völlig erfüllt ist.

Es bliebe noch zu sagen, daß die durch die beiden Autoren repräsentierte Alternative Hylemorphismus — „Physikalische Erklärung“ die Möglichkeiten der Interpretation des Anorganischen nicht erschöpft, wenigstens nicht in ihrer Fassung. Bucher schreibt einmal: „Die Teleologie ist der im Sosein der Naturdinge verankerte Drang zur Verwirklichung bzw. Erhaltung der Wohlordnung im Ganzen.“ An einer anderen Stelle hält er die materiellen Letztheiten für „von innen her kraftbegabt und von einem seelenähnlichen Prinzip durchwaltet“. Wenn er aber andererseits den „psychischen Nebensinn“ des Strebens, das ja für uns nie ohne Selbsterleben gedacht werden kann, ablehnt und so den materiellen Letztheiten jede, wenn auch noch so geringe Andeutung eines Selbsterlebnisses abspricht — so scheint sein Analogieschluß lückenhaft bzw. in sich widersprüchlich zu sein: wenn schon Zielstrebigkeit in einer „entfernten inneren Ähnlichkeit“ zu unserem Innenleben für eine niedrigere Schicht anerkannt wird, dann muß logisch — ebenfalls in entfernter innerer Ähnlichkeit — eine Art Selbsterlebnis für sie anerkannt werden. Denn wenn ich von der phänomenalen Einheit Zielstrebigkeit—Selbsterlebnis, die wir in uns haben, nur die Zielstrebigkeit für die Analogie gelten lasse, zerreiße ich diese phänomenale Einheit und mache eine halbe und darum nur halbrichtige Analogie. Das bedeutet aber, daß bei konsequenter Durchführung der Analogie nicht der aristotelisch-scholastische Hylemorphismus, sondern ein Psychismus herauskäme, der zumindest dasselbe, ja größere logische Recht hätte als der auf einer unvollständigen Analogie beruhende Hylemorphismus. Beide Arten der wesenhaften Naturbetrachtung würden, recht verstanden, das göttliche Signum wahren. A. N.

Das Urbild des elementaren Atoms

KARL LOTHAR WOLF

Stuttgart 1950, Metzler, 45 Seiten.

Der durch seine in Gemeinschaft mit Wilh. Troll betriebenen Arbeiten um die Erneuerung der Goetheschen Metamorphosenlehre und durch seine Bemühungen um die Einführung morphologischer Betrachtungsweise in die physikalische und chemische Wissenschaft bekannte Gelehrte gibt hier eine Anwendung der

Goetheschen morphologischen Methode auf die Theorie des Atombaus. Eine ähnliche Arbeit über die Molekülstrukturen verspricht er folgen zu lassen.

Goethe trachtete bekanntlich das Verständnis der Gestaltgesetzlichkeit des Pflanzenbaues dadurch zu erschließen, daß er nach

einem Bild oder geometrischen Modell suchte, welches den Typus des Pflanzenbaues möglichst rein ohne Beiwerk festhalten sollte. Dieses Urbild gab ihm den Schlüssel an die Hand, mittels dessen man Pflanzen ins Unendliche erfinden könne, die, auch wenn sie nicht existieren, nichtsdestoweniger existieren könnten, weil sie ja nur dieses Urbild abwandeln, in dem sich allein das Wesen der Pflanzengestalt verkörpere. In analoger Weise sucht W. auch im Bereiche des Unlebendigen nach dem Urbild des Atoms, von dem aus man alle Atomgestalten der 92 natürlichen Grundstoffe systematisch verstehen und beliebige neue hinzukonstruieren kann, die zwar nicht wirklich in der Natur existieren, die aber als Abwandlungen des Typus existieren könnten, wie durch die künstliche Erzeugung neuer Elemente, deren Eigenschaften man auf Grund dieser Systematik genau voraussagen konnte, heute bewiesen ist.

W. findet sich gegenüber Goethe insofern im Vorteil, als es diesem trotz vielem Suchen nicht gelungen ist, eine Pflanze tatsächlich in der Natur aufzufinden, die den Typus möglichst rein zum Ausdruck gebracht hätte, so daß für ihn die Urpflanze Idee, Urbild, konstruiertes Modell blieb, während hingegen W. im Wasserstoffatom tatsächlich den Typus in einer Reinheit verwirklicht sieht, wie man es nicht besser wünschen könnte.

In ihm offenbart sich das Urbild des Atoms am reinsten: „Das elementare Atom besteht aus zwei Gliedern: der Atomhülle und dem Atomkern. Die Atome aller elementaren Stoffe sind als Abwandlungen dieses aus Kern und Hülle bestehenden Uratoms zu verstehen: . . . Um einen in der Atommitte befindlichen, positiv elektrisch geladenen ‚Kern‘, der, obwohl er fast die ganze Masse des Atoms ausmacht, nur einen verschwindend kleinen Teil des Volumens des Atoms einnimmt, lagert sich eine die äußere Gestalt des elementaren Atoms bestimmende Hülle negativer Ladungsträger verschwindender Masse (Elektronen).“ (18, 19)

Gemäß dieser Zweigliedrigkeit der Atomgestalt gibt es zweierlei Eigenschaften der sich aus den Atomen zusammensetzenden Grundstoffe: die allgemeinen Eigenschaften (Röntgenspektren, radioaktiver Zerfall, Atomgewicht) sind bestimmt vom Atominnern. Sie erlauben es, die Atome in eine Reihe zu bringen und fortlaufend zu nummerieren, wodurch jedes eine Ordnungszahl erhält. Die allgemeinen Eigenschaften wachsen daher stetig mit steigender Ordnungszahl (von einigen Ausnahmen abgesehen).

Die Gliederung der elementaren Stoffe in Arten, Gattungen und Familien (wie sie übrigens schon Döbereiner in Anschluß an Goethe 1829 vorgenommen hat) beruht auf Differenzierungen der Atomhülle. Sie liegen den familientypischen Eigenschaften der Grundstoffe zugrunde; diese sind: Atomvolumen (wird durch die Atomoberfläche begrenzt), optische Spektren, chemische Eigenschaften und Bildungswärmen, Ausdehnungskoeffizienten, Leitvermögen für Wärme und Elektrizität, Schmelzpunkte, magnetische Eigenschaften, Farbe, Kompressibilität, Kristallhärte usw.

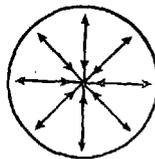
Es gilt also vor allen Dingen, die Gestalt des H-Atoms und seine Abwandlungsmöglich-

keiten zu verstehen. Sie wird am anschaulichsten durch das Modell von Bohr dargestellt. Ein negativ geladenes Elektron kreist um den positiven Kern. Die Möglichkeit verschiedener energetischer Zustände ergibt sich aus der Verschiedenheit der Bahnformen und ihrer Stellung im Raum. W. schildert sehr klar und verständlich die dem Fachmann schon bekannten Dinge über Energieniveaus und zugehörige Bahnformen und ihre Kennzeichnung durch die Quantenzahlen.

Nach diesem Bild des Wasserstoffatoms können dann alle anderen komplizierteren Atomgestalten a priori konstruiert werden, wenn man noch das Pauliprinzip hinzunimmt, wonach keine zwei Elektronen sich in genau gleichen Quantenzuständen befinden dürfen. Hier ist das Individuationsprinzip Leibniz' verwirklicht, wonach keine zwei Monaden im Universum sich vollkommen gleichen, sondern stets ein kleiner, wenn auch noch so geringer Unterschied zwischen ihnen bestehen muß. Leibniz leitete dieses Prinzip aus dem principium rationis sufficientis ab.

So ist in der Enthüllung des Atombaus aus dem Verständnis des Wasserstoffatoms tatsächlich die Forderung Goethes erfüllt, wonach das Urbild der Schlüssel sein soll, mit dem „man alsdann Pflanzen ins Unendliche erfinden kann, die konsequent sein müssen, d. h. wenn sie auch nicht existieren, doch existieren könnten“.

Man vermißt dabei allerdings noch eine Kleinigkeit: W. versucht nicht, seine morphologische Betrachtungsweise mit der kausal-analytischen zur Synthese zu bringen. Man kann auch nicht behaupten, daß er, indem er die kausale neben der morphologischen ergänzend mitverwenden muß, den Weg zu einer wirklichen Synthese gezeigt hätte. Dazu müßten doch die dynamischen Kräfte, die zwischen den Elementarteilchen und dem Kern wirken, irgendwie im Modell festgehalten werden (wie andererseits die vollständige Durchführung der kausalen Betrachtungsweise das Hervorgehen der Gestalt aus dem Zusammenspiel der verschiedenen räumlichen und vielleicht auch psychoidischen Kräfte zeigen müßte). Schon beim Bohrschen Atommodell (auf das er sich allein beschränkt) genügt es doch nicht, das Atombild rein statisch zu konstruieren als bestehend aus Kern und Hülle. Man darf doch dabei nicht vergessen, daß für die Stabilität dieses Modells entscheidend das Gleichgewicht zwischen elektrischer Anziehung und Fliehkraft anzusehen ist. Man müßte in dem Urbild des Wasserstoffatoms doch diese zentral gerichteten Kräfte durch Radiusvektoren verdeutlicht hinzudenken: Auch bei Goethe war doch das Urbild der Pflanze nicht rein statisch gefaßt, sondern es wurden auch die Wachstums- und Entwicklungstendenzen mit hineingesehen, die Goethe in die Begriffe der Expansion und Kontraktion faßte. Obwohl in der Anmerkung 6a auf Seite 44 auf die Analogie zwischen diesen Goetheschen Begriffen und dem periodischen Ab- und Anschwellen des Atomvolumens mit steigender Ordnungszahl



zudenken: Auch bei Goethe war doch das Urbild der Pflanze nicht rein statisch gefaßt, sondern es wurden auch die Wachstums- und Entwicklungstendenzen mit hineingesehen, die Goethe in die Begriffe der Expansion und Kontraktion faßte. Obwohl in der Anmerkung 6a auf Seite 44 auf die Analogie zwischen diesen Goetheschen Begriffen und dem periodischen Ab- und Anschwellen des Atomvolumens mit steigender Ordnungszahl

hingewiesen wird, wird trotzdem dieses statische Modell nicht zum dynamischen ergänzt, obwohl doch erst damit die dynamisch-kausale Betrachtungsweise mit in die typologische hineingenommen wäre. Vollends, wenn man

vom Bohrschen zum wellenmechanischen Atommodell weitergeht, dürfte erst dieses letztere die wellenhaft pulsierende Atomgestalt zum Ausdruck bringen. W. B.

Wie der Strom-Verlag, Hamburg-Bergedorf mitteilt, beträgt der Preis für das im Heft 4/1950 besprochene Werk

Siegfried Gräff, Medizinische und pathologisch-anatomische Forschung und Lehre
nicht mehr DM 19.— bzw. DM 17.— sondern geb. DM 14.— und broch. DM 12.—