Zeitschrift: Divus Thomas
Band: 27 (1949)

Artikel: Scholastische Kosmologie und Naturwissenschaften
Autor: Thum, Beda
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-762345

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Scholastische Kosmologie und Naturwissenschaften [1]

Von Dr. P. Beda THUM O. S. B., Rom

Das Verhältnis von Naturphilosophie und Naturwissenschaften ist in den letzten Jahrzehnten von scholastischen Autoren zu wiederholten Malen eingehend untersucht worden [2]. Die Ergebnisse stimmen zwar in den Einzelheiten nicht überein, sind aber doch von weitgehend ähnlichen Auffassungen und Gesichtspunkten bestimmt. Die Naturwissenschaften, namentlich die Physik, werden charakterisiert durch Hervorhebung der bloß symbolischen oder indirekten Repräsentationsweise ihrer Begriffe und der « empiriologischen » Natur ihrer Erklärungen, die erfolgen durch Rückgang nicht auf das ontisch Frühere und Grundlegendere, sondern auf Gesetze, die selbst nur allgemeine Züge der Phänomene oder Koordinationsbeziehungen zwischen ihnen ausdrücken. Im Gegensatz dazu ist das naturphilosophische Denken darauf gerichtet, die Wesenheiten in sich in einer ihrer Stellung als Seinsformen angemessenen Begrifflichkeit zu erfassen. Seine Erklärungen suchen den realen Begründungszusammenhängen zu folgen und ruhen letztlich auf einsichtig-notwendigen Wahrheiten. Nach Bestimmungsrücksicht und Weise der Erklärung und Einsichtigmachung bestehen also Unterschiede, die Naturwissenschaften und Kosmologie als zwei wesentlich verschiedene Wissensweisen festlegen.

Diese Ergebnisse waren von substanzieller Wichtigkeit, insofern sie die Eigengesetzlichkeit der beiden Erkenntnisweisen ans Licht stellten und die Verfehltheit unkritischer Übernahmen naturwissenschaftlicher Begriffe und Theorien in die kosmologische Spekulation ersichtlich machten. Sie haben aber sehr wenig beigetragen zur Klärung der posi-

[1] *Anmerkung der Redaktion.* Indem wir diesen Artikel den Lesern unterbreiten, geben wir gerne dem Wunsche des H. H. Verfassers Ausdruck, es möchte derselbe als Anregung und Grundlage für eingehendere Erörterungen im *Divus Thomas* dienen.

[2] Vgl. etwa P. HOENEN, De valore theoriarum physicarum, Acta I^i Congressus Thomistici, Romae 1925 ; J. MARITAIN, La philosophie de la nature, Paris, Téqui ; FULTON J. SHEEN, Philosophy of Science, Milwaukee 1934 ; dazu die Besprechung von YVES SIMON in Revue de Philos. 1935, p. 53 ff.

tiven Beziehungen zwischen den beiden Wissenschaften und haben keine Richtpunkte für die Bestimmung der kosmologischen Bedeutung und Tragweite der von den Naturwissenschaften ermittelten Erfahrungstatsachen entwickelt. Diese Aufgaben bestehen indes und sie sind von nicht minderer Bedeutung als die angeführten Unterscheidungen. Kosmologie und Naturwissenschaften differieren als zwei verschiedene Erfassungs- und Verarbeitungsformen der empirischen Feststellbarkeiten, sie sind aber in Kommunikation mindestens hinsichtlich der Tatsachen der schlichten Beobachtung. Die spezielle Forschungsrichtung und Ermittlungsmethode der Wissenschaften ändert nichts daran, daß unsere Kenntnis der Ausgangsfakten durch sie ungeheuer verbreitert und verfeinert worden ist. Auch wenn man einräumen muß, daß ein wissenschaftliches Faktum noch nicht ohne weiteres auch für die Kosmologie bedeutsam ist, kann man doch auch nicht den Standpunkt vertreten, am wenigstens bei Zugrundelegung der aristotelischen Erkenntnislehre, daß die wissenschaftliche Forschung, die alle Formen des Sich-Kundgebens der Dinge systematisch verfolgt, zur Erweiterung und Präzisierung der empirischen Ausgangspunkte der Kosmologie nichts beizutragen habe. Die naturwissenschaftlichen Theorien werden ja auch immer wieder Anfänge und Grundlagen von Weltbildern, gegen die der Philosoph zwar sehr vieles einzuwenden haben mag, denen er aber wenigstens nicht absprechen kann, daß sie echt kosmologische Probleme aufgreifen und zu beantworten suchen.

Man ist auf scholastischer Seite im allgemeinen auch wohl bereit, einen Zusammenhang zwischen Kosmologie und Wissenschaften im besagten Sinn anzuerkennen. Daß diese Anerkennung in den Darstellungen der Kosmologie meist wenig in Erscheinung tritt, beruht vermutlich auf der unausgesprochenen Annahme, daß den möglichen Auswirkungen der neuerschlossenen Tatsachen von vorneherein bestimmte Grenzen gesetzt sind. Man begegnet tatsächlich zuweilen der Auffassung, die eventuelle Bedeutung wissenschaftlicher Beobachtungen beschränke sich darauf, der Kosmologie Ausgangspunkte für genauere Bestimmungen und Spezifizierungen ihrer allgemeinen, auf die unmittelbar offen liegenden Gegebenheiten der natürlichen Erfahrung gegründeten Wahrheiten zu liefern. Ein Grundriß der Kosmologie, der sich mit der Entwicklung dieser allgemeinen Einsichten begnügt, kann demgemäß von der Erweiterung unserer Tatsachenkenntnis durch die wissenschaftliche Forschung weitgehend absehen. Wir wollen keineswegs bestreiten, daß sich gewisse Fragen der naturphilosophischen

Spekulation schon auf Grund der natürlichen Erfahrung und der allgemeinen Prinzipien des Seins in endgültiger Form stellen und beantworten lassen. Doch kann man sich bei der Aussonderung dieser Fragen nicht nach dem oben erwähnten Gedanken richten. Die Physik erreicht in ihren Prinzipien eine Universalität, die alles umfaßt, was Körper oder von Körpern ausgehende Wirkung ist. Die wissenschaftliche Beobachtung bringt zudem Tatsachen bei, die die natürliche Erfahrung nicht nur ergänzen und bereichern, sondern auch in wesentlichen Punkten berichtigen. Da die Prozesse der Analyse und Auswertung, die sich zwischen die schlichte Beobachtung und die Ermittlung ihrer kosmologischen Bedeutung legen, ziemlich komplizierter Art sein können, wird sich zudem auch eine bloße Ergänzung oder Verfeinerung unserer Feststellungen nicht immer nur in einer Spezifizierung bereits gewonnener Einsichten auswirken. Auch wenn der Fortschritt unserer Kenntnis der einfachen Tatsachen sich in der Weise einer stetigen und gleichsinnigen Ausbreitung vollzogen hätte, müßte man damit rechnen, daß neue Entdeckungen die Rolle und Bedeutung früherer Erfahrungen für die seinsmäßige Erschließung der Natur einschneidend verändern. Ein einfaches Mittel, sich über die Tragweite der neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse ein angenähertes Bild zu verschaffen, bieten die Vorstellungen über die Natur und den Bau des Kosmos, die die Modernen von den Naturwissenschaften ausgehend entwickelt haben. So sehr sie es im allgemeinen an klarer Einsicht in die Voraussetzungen eines solchen Unternehmens fehlen lassen, können sie für ihre Versuche doch beanspruchen, daß sie Ausdruck der natürlichen Tendenz nach einer realistisch-direkten Erfassung der Naturwirklichkeit sind und daß sie in etwa partizipieren an der Sicherheit der allgemeinen Orientierung, die dem Vollzug und dem Verfolgen ursprünglicher Geistestendenzen gegeben ist. Die Prüfung der modernen Weltbildentwürfe zeigt aber, daß ihre Konzeptionen zu fast allen Thesen der scholastischen Kosmologie in Beziehung stehen. Um nur einige Hinweise zu geben, erwähnen wir die Folgerungen, die an den Satz von der Energie-Massen-Aequivalenz geknüpft worden sind, Folgerungen, die in einen neuen Dynamismus münden und in Gegensatz zu gerade dem formalsten Moment des scholastischen Materiebegriffs stehen. Die Quantenmechanik, die physikalische Theorie also, die nach dem heutigen Stand der theoretischen Forschung am weitesten vordringt in der Erfassung der elementaren Einheiten der anorganischen Welt, ist ganz auf der Konzeption aufgebaut, daß mögliche Zustände die Rolle von aktuell bestimmenden

Faktoren innehaben. Sie stellt also Fragen sehr grundlegender Art, die die Anwendung der Potenz-Aktlehre auf die materiellen Prozesse betreffen.

Es wäre indes methodisch unrichtig, die Erweiterung und Überprüfung unserer Kosmologie an solche weltbildliche Vorstellungen anzuknüpfen. Sie übernehmen zu unbedenklich wissenschaftliche Begriffe in den Zusammenhang von Betrachtungen, die ihrem ursprünglichen empiriologischen Charakter nicht mehr entsprechen. Sie übersehen, daß die Formulierungen der Wissenschaften einer sorgfältigen Kritik unterworfen werden müssen, bevor der Naturphilosoph in ihnen die Fakten finden kann, die für seine Forschungsrichtung relevant sind. Allen Auseinandersetzungen mit den Ergebnissen der Naturwissenschaften hat eine Kritik der Methodik der wissenschaftlichen Begriffs- und Theorienbildung vorauszugehen, eine Kritik indes, die auch die Normen und Richtlinien einer möglichen positiven Auswertung herausarbeitet und die Kriterien fixiert, nach denen die seinserschließende Leistung der wissenschaftlichen Erkenntnisse beurteilt werden kann. Die Entwicklung einer solchen Kritik, die auch eine Hermeneutik darstellt, ist die erste Aufgabe, die sich dem Philosophen heute angesichts der modernen Wissenschaften stellt.

* * *

Eine Überlegung über die prinzipielle Tragweite dieser Aufgabe zeigt, daß ihre Ansatzpunkte sehr tief und in einer Ebene mit denen einer Kriteriologie der kosmologischen Erkenntnis überhaupt liegen. Es ist sicher nicht möglich, die aus der gewöhnlichen Erfahrung abgeleiteten kosmologischen Auffassungen allgemein als Beurteilungsinstanzen einer Kritik der Wissenschaften zu verwenden. Wenn wir oben die Notwendigkeit einer sorgfältigen Nachprüfung und Wertung der physikalischen Begriffe behaupteten, geschah das nicht, weil sie zu Widersprüchen mit einer auf die gewöhnliche Erfahrung gebauten Naturphilosophie Anlaß geben, wenn sie als seinsmäßige Erfassungen verstanden werden, sondern weil die Reflexion auf ihre Bildungs- und Verwendungsweise es begründet und weil sie in einigen, aber wichtigen Fällen, zu Undenkbarkeiten und Widersprüchen mit der formalen Ontologie und Metaphysik führen [1]. Man kann, um Beispiele anzu-

[1] So etwa mit dem Prinzip der Deindividualisierung der Elementarteilchen, die gleichwohl als bestimmte Mehrzahl und mit ihrer Ladung und Masse bestehen bleiben oder mit der Behauptung eines Indeterminismus des physischen Geschehens. Vgl. die weiter unten folgenden Bemerkungen zu diesen Fragen.

führen, die These von der Relativität der Synchronisierungen örtlich distanter Ereignisse nicht auf Grund der natürlichen, von der herkömmlichen Kosmologie übernommenen Vorstellung einer universellen Zeit kritisch bewerten [1] oder die Bedeutung der elementaristischen Theorien für das Problem der mixta anorganica unter Berufung auf kritisch ungeprüfte Feststellungen über die schlicht wahrnehmbaren Eigenschaften der chemischen Verbindungen. Die naturwissenschaftliche Methodik verwendet Verfahren der Phänomenanalyse und -verarbeitung, die die der spontanen, unmittelbar an die Sinneserfahrung anknüpfenden Naturauffassung an Feinheit und kritischer Sicherheit übertreffen. Das Problem der naturphilosophischen Auswertung der wissenschaftlichen Phänomenerfassung betrifft nicht eine spezielle Form, einen Sonderweg des Vordringens zum Sein der Naturdinge, neben dem es andere gleicher Reichweite und Zuverlässigkeit gäbe, sondern die kosmologische Erkenntnis überhaupt in der Phase ihres näher und präziser fassenden Zugriffs. Die wissenschaftlichen Methoden sind die von der Weise des objektiven Sich-Kundgebens und Sich-Erschließens der Dinge geforderten Formen der forschenden Erkundung. Gewiß hat nicht jede naturphilosophische Einsicht sich notwendig auf wissenschaftliche Feststellungen zu gründen. Wahrheiten, wie die der Substanzialität des Naturseins, der Mehrheit der Substanzen, ihrer Veränderlichkeit und Wechselwirkung haben ihre gültigen, keiner weiteren Bestätigungen bedürfenden Grundlagen in den Urtatsachen der Erfahrung. Ihre kritische Sicherung erfolgt im Zusammenhang oder im unmittelbaren Anschluß an die Überlegungen der allgemeinen Kriteriologie. Aber schon die genauere Bestimmung dieser Wahrheiten, die für sich genommen sicherlich nur einen Teil der kosmologischen Thematik enthalten oder aus sich entwickeln lassen, weist den Philosophen an die Tatsachenermittlungen der Wissenschaften und die Probleme ihrer Deutung.

Die beschriebenen Verhältnisse scheinen uns entscheidend zu sein für die Frage der Beziehungen zwischen Naturphilosophie und Wissenschaften und für die heutige Problematik der Kosmologie. Die Naturwissenschaften haben Methoden der Wirklichkeitserschließung gefunden, die weitreichender, eindringender und, wenigstens gewissen Irrtumsmöglichkeiten gegenüber, sicherer sind als die natürlichen Formen der Beobachtung und ersten Erfahrungsverarbeitung, mit denen die aristotelische Kosmologie ihre empirischen Grundlagen gewonnen hat. Um

[1] Wohl aber ist dies möglich durch Rückgang auf die zeitlich koordinierende Beziehung zwischen Ursache und unmittelbar aus ihr folgender Wirkung.

diese Grundlagen in einer dem heutigen methodischen und kritischen Bewußtsein angemessenen Weise zu prüfen, zu sichern oder zu korrigieren, bleibt für einen nicht apriori abgrenzbaren Teil der naturphilosophischen Probleme nur der Weg, gewissenhaft von den Daten der Wissenschaften Kenntnis zu nehmen, ihre theoretische Darstellung zu prüfen und sie in Hinsicht auf die Seinsstrukturen, die sich in ihnen offenbaren, auszuwerten. Der Kosmologe hat dabei sowohl sich von den Wissenschaften belehren zu lassen, wie sie zu übersteigen und übertreffen. Er muß in der Festlegung seiner empirischen Ausgangstatsachen den methodischen und kritischen Errungenschaften der Wissenschaften Rechnung tragen und sie zugleich in einer prinzipielleren Reflexion noch einmal auf ihre genaue Tragweite für die Seinserkenntnis prüfen. Bezüglich der Ergebnisse dieser Untersuchungen und die Gestalt der Kosmologie, die sich auf ihnen errichten wird, läßt sich zunächst nur voraussehen, daß sie die modernen Weltbildentwürfe einer einschneidenden Kritik unterwerfen und daß sie andererseits mit der herkömmlichen scholastischen Naturphilosophie in den Aufstellungen in Übereinstimmung bleiben werden, die aus den primären Erfahrungstatsachen hergeleitet sind.

Der erste Schritt zur Durchführung der gestellten Aufgaben besteht in einer genauen Reflexion auf die Eigenschaften der wissenschaftlichen Methode, durch die sie eine seinsaufschließende Funktion zu üben vermag. Wir können hier nicht auf systematische Ordnung und Vollständigkeit abzielen; unsere Überlegungen werden sich darauf beschränken, einige wesentliche Züge der physikalischen Methode ans Licht zu stellen und die Gesichtspunkte hervorzuheben, die geeignet sind, zu ergänzen, was die oben aufgestellten Behauptungen an Begründung vermissen lassen. — Als die wichtigste methodische Neuerung der neuzeitlichen Wissenschaft wird gewöhnlich die Einsetzung der Messung zum Schlüsselverfahren der Tatsachenermittlung betrachtet. Man hat auf sie, offenbar unter dem Eindruck der besonderen und einengenden kartesianischen Deutung der neuen Methode, die Folgerung gegründet, daß die Physik nur die quantitative Seite der Naturvorgänge untersuche und durch ein bereits an der Schwelle ihres Forschungswegs wirkendes Selektionsprinzip außerstande gesetzt sei, die Körperwelt allseitig zu erfassen. Eine kurze Besinnung darauf, daß Kraft, Energie und Entropie, die Grundbegriffe der modernen Physik, offenbar nicht in die Kategorie der Quantität gehören und daß die Physik sicher sehr viel beigetragen hat zur Unterscheidung und Kennzeichnung der ver-

schiedenen Kraftformen, hätte davon abhalten können, der genannten Auffassung so leicht zuzustimmen. Ohne Zweifel bestimmt die Messung selbst das in Untersuchung stehende Datum im Hinblick auf seine Quantität, im weiten, analogen Sinn des Begriffs genommen ; aber sie ist ja nur eine methodische Stufe im Gesamtprozeß der physikalischen Erkenntnis, aus der Ausrichtung und Objekt desselben nicht ohne weiteres entnommen werden können. Die Messung spielt zunächst die Rolle eines Mittels der genauen Kennzeichnung der Variationen, in denen ein bestimmter, zumeist qualitativ charakterisierter Typ von Zuständen oder Vorgängen realisiert werden kann. Die zu messenden Zustände oder Vorgänge hat eine vorausgehende, vorläufige Analyse als die mit Rücksicht auf die kausalen Abhängigkeiten maßgebenden Daten ausgesondert. Die folgende Stufe der physikalischen Methodik, d. i. die Stufe der quantitativ-funktionalen Gesetze, vermag in gewissen Fällen schon Indizien über den Wert der ansatzmäßigen ersten Kausalanalyse zu liefern. Einfache Abhängigkeitsgesetze, die sich im ganzen Variationsbereich der Determinanten und der Effekte bewahrheiten, setzen eine Präsumption zu Gunsten eines unmittelbaren oder in einfacher Weise vermittelten kausalen Zusammenhangs ; komplizierte und unregelmäßige deuten auf eine unvollständige Analyse oder eine inadäquate Beschreibung der bestimmenden Faktoren. Die abschließende Phase des methodischen Wegs der Physik, die mit der Bildung einer Theorie erreicht wird, vermag die bestehenden Unsicherheiten wenigstens hinsichtlich der Vollständigkeit der Faktorenermittlung zu beseitigen. Wenn es gelingt, die ganze Variabilität einer bestimmten Klasse von Prozessen auf Grund eines geschlossenen Systems von Beziehungsgesetzen und Grundcharakteristiken darzustellen, müssen tatsächlich alle Bestimmungsfaktoren irgendwie erfaßt sein : die veränderlichen explicite in den Variabeln der Gesetze, die gleichbleibenden mindestens implicite in den Konstanten der Gleichungen der Theorie. Darüber hinaus erschließen die Theorien aber auch oft direkt die Kombinationsprinzipien der physikalischen Ursachen. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß die theoretische Ableitung komplexer Phänomene etwa durch Integration oder nach einem Superpositionsprinzip ihrem tatsächlichen Zustandekommen entspricht. Die Theorien vermögen also auch die Funktion zu erfüllen, das komplizierte Gewebe der kausalen Abhängigkeiten zu entwirren und unter der Komplexheit der unmittelbar erfahrbaren Vorgänge die Elementarformen des Wirkens aufzufinden. Es ist demnach nicht richtig, die Theorien der Physik allge-

mein als bloß formale Zusammenfassungen von speziellen Gesetzen zu betrachten und ihre Erklärungen als mathematische Ableitungen zu bewerten, denen keine realen Begründungszusammenhänge entsprechen. Aufstellungen dieser Art sind zwar zutreffend für gewisse Theorien und bestimmte Formalismen ; in die allgemeine Charakteristik der physikalischen Theorie können sie aber höchstens in dem Sinne aufgenommen werden, daß die Wissenschaft von sich aus keine methodischen Richtpunkte besitzt, die sie vor dem Abgleiten in formalistische, für die Aufdeckung der wirklichen Kausalbeziehungen bedeutungslose Systematisierungen bewahren. Als sichere positive Leistung der Theorien bleibt jedenfalls bestehen, daß sie, abgesehen von einer Einschränkung, über die weiter unten zu handeln sein wird, die kausalen Determinanten der untersuchten Prozesse herausarbeiten, die Weisen ihrer Variabilität angeben und ihre Beziehungen untereinander und zu den vermutlichen substanziellen Trägern erkennbar werden lassen.

Wir wählen zur Illustration des eben Ausgeführten ein Beispiel aus der Quantentheorie, die mit Benutzung der kühnsten Möglichkeiten mathematisch-formaler Beziehungssetzungen aufgebaut ist und deshalb eine besonders schwer auszuwertende Theorie darstellt. Trotz der ungelösten Probleme, die sich beim Versuch der Bestimmung ihrer kosmologischen Bedeutung einstellen, können wir gemäß dem oben vorgelegten Gedankengang eine Antwort auf die viel diskutierte Frage der substanziellen Einheit der Atome und chemischen Komplexe entnehmen. Die Theorie umfaßt mit ihrem Formalismus die Prozesse der Molekül- und Atombildung und leitet die Existenz derselben als relativ stabiler Konfigurationen sowie ihre charakteristischen Eigenschaften aus den allgemeinen Prinzipien der mikro-physikalischen Vorgänge her. Das spricht zunächst durchaus im Sinn einer Systemtheorie : wenn die Kausalfaktoren, die die Physik beim Studium des Verhaltens isolierter Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern ermittelt hat, sich als hinreichend erweisen, das Zustandekommen und die Beständigkeit der atomaren und molekularen Konfigurationen in den Feldern der Kerne theoretisch zu erklären und Rechenschaft über ihre Eigenschaften zu geben, scheint nur der Schluß zu bleiben, daß die Annahme eigener substanzieller Ganzheitsfaktoren überflüssig und unbegründet ist. Indes ist die Voraussetzung dieser Folgerung nicht genau erfüllt. Um eine Theorie der chemischen Elemente und Verbindungen aufbauen zu können, muß die Physik ihren für den Fall des isolierten Elektrons aufgestellten Prinzipien zwei weitere hinzufügen. Das erste derselben er-

klärt die Zustände eines Systems, die sich durch den Rollentausch zweier Elektronen auseinander ergeben, als beobachtungsmäßig und theoretisch nicht unterscheidbar. Das zweite, das sogenannte Pauli'sche Prinzip, verschärft die Folgerungen des ersten in einer hier nicht näher zu erläuternden Weise. In diesen Prinzipien tritt zutage, daß Systeme mit zwei und mehr Elektronen Eigenschaften besitzen, die nicht einfach aus der Kopräsenz mehrerer Teilchen und ihrer nach der Grundtheorie vorauszusehenden Wechselwirkung verstanden werden können. Die Mikrosysteme verhalten sich, als ob die gleichartigen in ihnen enthaltenen Elementarteilchen ihrer Individualität verlustig gingen, obwohl sie paradoxerweise als numerisch bestimmte Mehrheit fortbestehen. Man hat versucht, diese schwer verständliche Eigentümlichkeit als die physikalisch greifbare Kundwerdung der substanziellen Einheit der Atome und Moleküle zu interpretieren und sie mit Hilfe der Idee einer bloß virtuellen Wirklichkeit der Elektronen im Ganzen der höheren Einheiten verständlich zu machen. In eine genauere Prüfung der inneren Möglichkeit und Berechtigung dieses Vorschlags brauchen wir hier nicht einzutreten. Er erledigt sich schon durch den einfachen Vergleich der Anwendungsbereiche einerseits des physikalischen Prinzips der Individualitätsaufhebung, andererseits der kosmologischen Konzeption komplexer substanzieller Ganzheiten. Der quantenphysikalische Grundsatz gilt und bewährt sich auch im Fall instabiler oder, genauer zu sprechen, der Bildung einer Einheit positiv widerstrebender Konfigurationen. Vorgänge wie Stoß und Repulsion von Atomen oder von Elektronen und Atomen regeln sich ebensosehr nach jenem Prinzip, wie Anziehung und Vereinigung. Man muß in ihm also den Ausdruck von Naturfaktoren erblicken, die je nach den Umständen als Mitursachen der Bildung stabiler Konfigurationen oder der Nicht-Verbindbarkeit von Konfigurationsteilen auftreten können und demnach sicher nicht mit einer ganzheitsstiftenden substanziellen Form identifiziert werden dürfen. So wenig durchsichtig, vom Gesichtspunkt des Kosmologen aus beurteilt, die Quantenmechanik auch sein mag, die Faktorenanalyse, die sie leistet, ist doch klar genug, um hinsichtlich der Atom- und Molekülkonstitution zwei sichere, wenn auch negative Antworten zu geben : die elementaristischen Erklärungen alten Stils erweisen sich als unzureichend, die Theorie der substanziell geeinten höheren Ganzheiten als unbegründet.

Um die oben gegebene Bestimmung der Beziehungen zwischen Kosmologie und Wissenschaften noch genauer zu erläutern, müssen wir

wenigstens in aller Kürze das Verhältnis zwischen natürlich-spontaner und methodisch-wissenschaftlicher Erfahrungsverarbeitung betrachten. Unsere natürliche Weltinterpretation knüpft unmittelbar an die Auffassungsweisen unserer äußeren und inneren Sinne an, an Auffassungsweisen also, die in erster Linie auf die Orientierung in der Umwelt und ihre praktische Beherrschung ausgerichtet und abgestimmt sind. Ihre Gesichtspunkte der Auswahl, der Verknüpfung und Synthese entsprechen den Erfordernissen der Selbstbehauptung und Selbstentfaltung gegenüber den Gewalten des Außen. Die theoretische Erkenntnis, die diese vorbereitenden Auffassungsformen ohne Kontrolle zum Ausgang nimmt, ist der Gefahr ausgesetzt, die Kriterien der sinnesmäßigen Unterscheidungen und Synthesen unbedacht mit den Kriterien zu identifizieren, die für die Anwendung ihrer Begriffe maßgebend sind. Die Einheiten, in die die Umwelt vom Gesichtspunkt der Verhaltenspragmatik aus sich gliedert, werden zunächst auch als individuelle Einheiten des Seins verstanden, die Eigenschaften, die die Stellung und Bedeutung der Dinge im Aktionsfeld des Subjekts bestimmen, als ihre Wesenscharaktere. Die intellektuelle Erkenntnis ist wohl in ihrem Schritt von der sinnenmäßigen Erfassung zur Bestimmung der intelligiblen Bedeutung von der natürlichen Sicherheit einer ihre wesentliche Aufgabe erfüllenden Funktion getragen; aber sie besitzt darin zunächst keine Garantie gegen Irrtümer, die aus der Unvollständigkeit und den Besonderheiten der sinnlichen Auffassungsweise entstehen können. Die kritische Vorsicht, die wir heute allgemein gegenüber Begriffen und Denkweisen beobachten, die ohne Nachprüfung und Kontrolle der Sinneserfahrung folgen, ist zum großen Teil die Folge der verfeinerten und verschärften Methodologie der Naturwissenschaften. Den entscheidenden Fortschritt brachte auch hier die Einführung der messenden Experimentation, die in der Herbeiführung von Bedingungen besteht, in denen das beobachtete Objekt sich durch sein Verhalten gegen andere Objekte kundgibt. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, zu den ersten und unmittelbaren Sich-Erschließungen der Dinge zu gelangen, während die einfache Erfahrung im allgemeinen weitgehend an die inhaltlichen qualitativen Sinnesdaten gebunden bleibt, die durch Vermittlung komplizierter physiologischer Prozeßketten zustandekommen. Die experimentelle Methode, wie die Physik sie übt, setzt erkenntnistheoretisch nicht mehr voraus als die Zuverlässigkeit der Sinneswahrnehmung in der Feststellung von Gleichheiten und Verschiedenheiten in einem Bereich, der sicher über den Unterscheidungsschwellen der

Sinnesorgane liegt, sowie die Möglichkeit, die Naturvorgänge rein typenmäßig zu unterscheiden. Die Erarbeitung der inhaltlichen Charakteristiken der Dinge selbst ist im Prinzip der gedanklich konstruierenden Erkenntnis anheimgegeben. Die physikalische Methode trägt also über die Gefahren und Unsicherheiten, die wir oben beschrieben haben, hinweg. In ihrem epistemologischen Aufbau tritt die sinnliche Erfahrung grundsätzlich genommen nur mehr als diskriminative Funktion auf, die über die Gleichheit oder Verschiedenheit von Daten zu befinden hat, von denen nicht mehr vorausgesetzt wird, daß sie durch ihren eigenen Inhalt die Wirklichkeit erschließen. Auf das Ziel einer streng objektiven, die Begrenztheiten und Besonderheiten der sinnlichen Erfahrung überwindenden Tatsachenfindung hin gesehen, entspricht das Verfahren der Physik durchaus den kritischen Erfordernissen, die sich aus der Lage unserer Naturerkenntnis ergeben ; es kann zum mindesten in einer Weise angewandt und ausgewertet werden, die den strengsten kritischen Maßstäben genug tut.

* * *

Unsere Erkenntnis kann zum In-Sich des Seins nur auf dem Weg über seine « Äußerungen » gelangen, Äußerungen, die entweder selbst Wirkungen nach außen sind oder in solchen Wirkungen in Erscheinung treten. Betreffs der ersteren findet sich die Erkenntnis direkt auf die Kausalanalyse der Wissenschaften verwiesen, betreffs der zweiten Art, deren Erfassung nicht notwendig eine exakte Kenntnis der vermittelnden und tragenden Wirkformen voraussetzt, ist im Interesse der größeren Sicherheit eine möglichst weit getriebene Kenntnis der grundlegenden Wirkungsweisen wenigstens zu wünschen. Angesichts der großen Bedeutung, die die Naturwissenschaften demnach für das Vordringen zum Sein der Naturdinge besitzen, wird es für den Kosmologen wichtig, sich ein Urteil darüber zu bilden, wie weit die heute vorliegenden Theorien die oben in abstracto aufgestellten Ziele erreicht haben und was von den Schwierigkeiten zu halten ist, die sich in der Mikrophysik der völligen Durchführung des oben beschriebenen methodischen Leitgedankens der physikalischen Forschung entgegenstellen. Wir werden die erste Frage mit einigen kurzen, summarischen Bestimmungen zu beantworten suchen, um der zweiten, aktuelleren und weniger geklärten größere Aufmerksamkeit schenken zu können.

Streng genommen erfüllt keine der heute vorliegenden Theorien die Bedingung der vollständigen Wiedergabe aller Variationen einer be-

stimmten Klasse von Vorgängen. Die klassische Mechanik versagt im Falle großer Geschwindigkeiten und vor allem auch vor den Bewegungs- und Kollisionsphänomenen der Mikrophysik. Die klassischen Feldtheorien vermögen den quantenhaften Charakter der Strahlungsprozesse nicht zu umfassen ; ihre Gleichungen erweisen sich von den heutigen Theorien aus beurteilt als Beziehungen zwischen gewissen Mittelwerten. Die Quantentheorien, die die besagten Beschränkungen überwinden, stoßen ihrerseits an Grenzen anderer Art, die ihre Anwendung auf Vorgänge, in denen sehr große Impulse oder Wellenlängen von der Größenordnung des hypothetischen Elektronenradius auftreten, verbieten. Man wird die klassischen Theorien als eine Art von Nachzeichnung der kausalen Beziehungen im Großen auffassen müssen, die die Züge des Geschehens in den großen Gruppierungen und Zusammenordnungen der mikroskopischen Einheiten wiedergibt. Das Verhalten der elementaren Träger des Geschehens zeichnen sie nur, insofern es in den großen Verbänden sich nivelliert und in gemeinsame Formen paßt. Sicher besitzen sie auch als solche ihren Wert für die Erfassung gewisser fundamentaler Züge der Wirk- und Erleidungsweise der Körper. Im Energieprinzip und in den Variationsprinzipien etwa scheinen sich solche allgemeine Eigenschaften des körperlichen Geschehens auszudrücken ; ihre Deutung in terminis einer kosmologischen Theorie der Wirkung- und Gegenwirkung könnte mit Aussicht auf Erfolg versucht werden.

Die Quantentheorie der Partikeln und Felder führt näher an die elementaren Träger des Geschehens und ihre Wirkweisen heran. Sie enthüllt eine Anzahl von höchst überraschenden und vor ganz neue Probleme stellende allgemeine Tatsachen : den Dualismus von korpuskularem und undulatorischem Aspekt in den Elementarteilchen, die schon oben erwähnte Deindividualisierung derselben in Systemen, die mehrere Teilchen gleicher Art enthalten, die Möglichkeit des Entstehens und Vergehens von Massenteilchen mit Energiequanten als zweitem Umwandlungsterm usw. Auch sie indes vermag die Faktoren des mikrophysikalischen Geschehens noch nicht vollständig aufzudecken und zudem auch von denen, die sie erkennbar werden läßt, keine absolute Charakteristik zu geben. Die Begriffe, mit deren Hilfe sie ihr Bild etwa von den materiellen Urteilchen aufbaut, entsprechen streng genommen nur den Grenzfällen ihres Verhaltens. Die neuen Theorien geben deshalb auch auf gewisse Fragen, die für den Kosmologen von primärer Wichtigkeit sind, nicht ohne weiteres klare und eindeutige Antworten. Die Elementarteilchen etwa erscheinen in den ersten

Formen der Theorie als ursprüngliche Einheiten ; auf einer fortgeschritteneren Stufe der theoretischen Verarbeitung dagegen (sogenannte Methode der zweiten Quantelung) ergibt sich die Existenz dieser Teilchen, die Gleichheit ihrer Ladungen und Massen als ein Quantisierungseffekt des kontinuierlichen Feldes der Materiewellen. Wegen der schon oben erwähnten dimensionsmäßigen Begrenzung ihrer Gültigkeit kann die Theorie natürlich auch in Bezug auf die Ausgedehntheit der Urteilchen keine Auskunft geben.

In der Perspektive unserer methodologischen und erkenntnistheoretischen Überlegungen stellen die neuen Theorien indes Probleme prinzipiellerer Art. Wie wir ausführten, besteht einer der kritischen Leitgedanken der physikalischen Forschungsmethode darin, die rigorose Objektivität ihrer Kennzeichnungen zu sichern durch ausschließliche Benutzung von Begriffen, die das Verhalten der Untersuchungsgegenstände zu anderen Objekten charakterisieren. Dieser Gedanke gelangt in der Bestimmung der Zustände und Eigenschaften der Mikroobjekte an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit. Wie immer fein die verwendeten Reaktive auch sein mögen, ihre Rückwirkung auf das zu bestimmende Objekt ist unvermeidlich derart, daß ein eindeutiger und präziser Schluß vom Meßresultat auf die Beschaffenheit des Objekts vor und unabhängig von der Messung unmöglich wird. Zwischen das An-Sich der Dinge und unsere Beobachtungsdaten schieben sich unkontrollierbare Einwirkungen der Beobachtungsmittel auf das untersuchte Objekt. Dazu kommt ein anderes. Ein physikalischer Meßvorgang kann nur ausgewertet werden auf Grund bestimmter Voraussetzungen über seine Natur und seine Determinanten. Die Quantenphänomene nun bringen keine qualitativ neuen Daten ins Spiel ; ihre Beschreibung erfolgt darum auf Grund der klassischen Begriffe und mit Hilfe der denselben entsprechenden Meßverfahren. Andererseits aber ist es nicht möglich, mit diesen Begriffen ein kohärentes und exaktes theoretisches Bild der Vorgänge zu konstruieren. Es führt zu Unrichtigkeiten und Widersprüchen, etwa einer Partikel zugleich einen präzisen Ort und eine genau bestimmte Geschwindigkeit zuzuschreiben oder einem Feld in zwei benachbarten Weltpunkten exakt bestimmte Feldstärken. Das bedeutet, daß es unmöglich ist, mit Hilfe der Größen, deren Werte die Meßverfahren ermitteln, eine exakte theoretische Rekonstruktion der Prozesse zu geben. Da die Physik aber über keine anderen Kategorien der Zustandskennzeichnung verfügt, scheint damit die präzise Wiedergabe der Kausalfaktoren überhaupt unerreichbar zu werden. Die neuen

Theorien entsprechen darum nicht mehr dem Postulat der vollständigen, die Faktoren des Geschehens bis zur eindeutigen Voraussehbarkeit der Effekte nachzeichnenden Erfassung und man kann Gründe dafür anführen, daß sie ihm nie werden gerecht werden können. Die Methode der Physik scheint also vor eine Schranke gelangt zu sein, die ihr eigentliches und wesentliches Ziel der Faktorenanalyse selbst betrifft. Es ist auf dem bisher eingehaltenen Weg nicht möglich, durch Messung und theoretische Konstruktion die bestimmenden Ursachen des Geschehens präzis zu ermitteln und zwar nicht etwa nur, was die quantitativen Werte betrifft, die sie im konkreten Fall annehmen, sondern was ihre spezifische Beschaffenheit selbst angeht.

Diese letzte Konklusion hängt allerdings von einer Voraussetzung ab, die in den Diskussionen des Indeterminismus der Quantentheorie nicht immer für gewährleistet angenommen worden ist [1]. Man hat sich tatsächlich zu fragen, ob die Annahme von eindeutig determinierenden Faktoren, die jenseits der physikalisch faßbaren Bestimmungen liegen, nicht einfach die ungewährleistete Absolutsetzung einer methodischen Voraussetzung der klassischen Physik bedeutet. Man wird zwar im Namen des Kausalprinzips zu fordern haben, daß im Bereich des rein kosmischen Geschehens jedes Ereignis im Gesamtkomplex der beteiligten Faktoren den adäquaten und eindeutig bestimmenden Grund aller seiner Bestimmtheiten besitzt ; aber darauf darf man nicht die Folgerung bauen, daß eine präzise Erfassung dieser Kausalzusammenhänge ein mögliches Ziel unserer wissenschaftlichen Erkenntnis darstellt. Unsere Philosophie stellt hier eine prinzipielle Einschränkung auf. Nach ihr sind wohl die spezifischen Eigenschaften der Kausalfaktoren und ihre spezifische Wirkungsweisen und Ausrichtungen intelligibel, nicht aber ihre individuellen, von den Dispositionen der materia prima bedingten Besonderheiten. Man darf also aus dem Versagen der Quantenphysik nicht ohne weiteres den Schluß ziehen, daß die Physik sich als außerstande erwiesen habe, ihre Aufgabe bis zum Ende durchzuführen. Es könnte sein, daß die Schranke, an die ihre faktorenanalytische Methode stößt, eben die Schranke der objektiven Intelligibilität der materiellen Dinge ist.

Gegen diese Annahme spricht in erster Linie der Umstand, daß das Zu-Ende-Kommen der physikalischen Forschungsmethode offen-

[1] Vgl. Ch. De Koninck, Réflexions sur le problème de l'indéterminisme, Rev. Thomiste, 1937.

kundig in ihr selbst, genauer : in der Unvollkommenheit, die ihr mit Hinsicht auf das Ziel einer rigoros objektiven Erkenntnis anhaftet, ihren Grund hat. Die Begrenzung der wissenschaftlichen Erschließbarkeit, die der eben dargelegte Einwand ins Auge faßt, ist dagegen als eine mit dem Wesen des Körperlichen verbundene objektive Unvollständigkeit des Bestimmt- und Geformtseins gedacht. Man kann diesen Gegengrund noch verstärken durch den Hinweis auf eine andere prinzipielle Verschiedenheit : die Quantentheorie behauptet, daß ein System, das mit der Genauigkeit und Vollständigkeit gekennzeichnet ist, die die Theorie erlaubt, einen « reinen » Fall darstellt, d. h. daß es von einem anderen, gleich charakterisierten System auf keine Weise, auch nicht durch eine fortgesetzte Beobachtung seines Verhaltens unter verschiedenen Bedingungen, unterschieden werden kann. Gerade das aber wäre zu erwarten, wenn die realen, individuellen Besonderheiten der Systeme den Grund der Genauigkeitsbeschränkung der Quantentheorie bildeten. Als individuelle Konstanten müßten sie sich ja durch längere Beobachtung feststellen und voneinander unterscheiden lassen.

Wir können also mit guten Gründen an unserer Auffassung festhalten. Beiläufig bemerken wir, daß sich aus ihr eine allgemeine Interpretationsregel für gewisse Aufstellungen der modernen Physik ergibt, die Anlaß zu sehr gewagten naturphilosophischen Spekulationen oder zu sehr resignierten Urteilen über den Wert unserer Naturerkenntnis gewesen sind. Es ist nach der Quantenmechanik z. B. unstatthaft, den mikrophysikalischen Objekten in sich, auch in einer bloß hypothetischen Form, Bestimmtheiten zuzuschreiben, deren Genauigkeitsgrad den der beobachtungsmäßig feststellbaren Charakteristiken übertrifft. Das bedeutet also etwa, daß man einer Partikel, deren Impuls exakt bestimmt ist, keinen Ort zuteilen darf, auch nicht im Sinne einer zwar unbekannten, aber tatsächlich existierenden Lokalisierung. Umgekehrt wäre es unerlaubt und « sinnlos », von der Geschwindigkeit einer in einem gewissen Moment genau ortsbestimmten Partikel zu sprechen. Im ersten Fall ist die Partikel also anscheinend völlig Welle geworden, die den Raum in diffuser Weise erfüllt, im zweiten ist sie vollständig Korpuskel, die keinen Impuls besitzen kann, weil ein solcher nach den de Broglie'schen Grundgleichungen ihr ja sofort eine Materiewelle mit bestimmter Wellenlänge zuordnen würde. Um die seinsmäßige Bedeutung dieser befremdlichen Aufstellungen auszumachen, ist es aber weder nötig, nach der Idee einer proteischen Wandlungsfähigkeit der Mikroobjekte zu greifen, noch die homogene Kontinuität des Raums zu-

gunsten der Hypothese einer zellenartigen Raumstruktur fallen zu lassen [1]. Die oben entwickelte Auffassung führt zu einer anderen Deutung: Wenn die Physik die Nichtanwendbarkeit von gewissen Begriffen und quantitativen Bestimmungen behauptet, bedeutet das, daß die betreffenden Charakteristiken nicht als Determinanten des Verhaltens der Objekte betrachtet werden können, wenigstens nicht als Determinanten, die das Geschehen in der Weise beeinflussen, die die Attribution der in Betracht stehenden Begriffe von seiten der Physik impliziert. Die Bestimmungen, die eine auf dem Weg der theoretischen Systematisation hinreichend fortgeschrittene physikalische Disziplin ihren Objekten zuschreibt, sind Bezeichnungen von Kausalfaktoren. Ort, Geschwindigkeit usw. sind im Rahmen der Quantenmechanik Größen, die die Prozesse gemäß den Gesetzen, die die klassische Physik mit ihnen verbindet, lenken und bestimmen. Ihre begrenzte Verwendbarkeit läßt sich demnach aus dem Versagen der klassischen Kausalschemata befriedigend erklären. Wenn also nach der Physik eine Partikel mit präzis bestimmtem Impuls keinen definiten Ort besitzt, heißt das nur, daß ihr Ort keine Rolle spielt als Determinante der nachfolgenden Ereignisse, soweit die Theorie sie vorauszusehen imstande ist. In gewissen Fällen scheint übrigens eine solche Deutung unausweichlich zu werden, wenn man nicht Gefahr laufen will, sogar mit formalen Notwendigkeiten des Seins und Denkens in Gegensatz zu geraten. Die Nichtanwendbarkeit der Idee des individuellen Teilchens in der Theorie der Mehrkörpersysteme, von der wir oben schon gehandelt haben, läßt kaum eine andere Auslegung zu als die Annahme, daß die individuelle Verschiedenheit gleichartiger Elemente, trotz ihrer aktuellen Wirklichkeit, für die Determinierung der Quantenphänomene bedeutungslos wird. Damit setzen wir nicht etwa nur eine inhaltslose Formel an Stelle einer paradoxen oder widersprüchlichen. Die Bedingungen des Belangloswerdens der individuellen Gesondertheit für den physikalischen Geschehensablauf, wie die Quantenmechanik ihn widergibt, lassen sich genauer erschließen. Es würde hier zu weit von unseren Betrachtungen abführen, dies ausführlicher darzustellen. Wohl aber entspricht unserem Thema der Hinweis darauf, daß der vorliegende Fall ein gutes Beispiel darstellt für die Entstehung einer kosmologischen Fragestellung aus einem Ergebnis der physikalischen Forschung.

[1] Wie z. B. M. Puma, Nuovo Trattato di Geometria e Meccanica quantistiche, Roma 1944.

Das eben Gesagte war bestimmt, unsere These vom Versagen der physikalischen Forschungsmethode zu erhärten, wenn dieselbe mit voller Strenge an ihrem Ziel, der präzisen Ermittlung der Geschehensdeterminanten gemessen wird. Wir glauben uns darnach berechtigt, unseren Gedankengang weiterzuführen und die Frage in Angriff zu nehmen, ob es möglich sei, die Kausalanalyse weiter vorzutreiben. Man wird sich zunächst darauf besinnen, daß die Schranke, an die das beobachtend-messende Verfahren der Physik stößt, noch nicht das Zu-Endekommen der Methode der hypothetischen Konstruktion bedeutet. Namhafte Physiker haben zwar auch diese Möglichkeit verneint [1]. Ihre Gründe schließen aber wohl nur präzisere und stärker deterministische Theorien aus, die die Einführung hypothetischer neuer Faktoren in das Gefüge der Quantentheorie versuchen wollten; sie schneiden nicht die Möglichkeit eines Neubaus auf neuen Grundlagen ab, der sich an der heutigen Quantentheorie nur als an einer auf gewisse Beobachtungsmittel relativen Beschreibung orientieren würde. In dieser Weise konzipiert, verliert die Aufgabe indes jedweden Ausgangspunkt für ihre Inangriffnahme. Die neuen Determinanten müßten durch einen aus den unbestimmten Möglichkeiten des Denkbaren gewählten Ansatz eingeführt werden und ebenso die Beziehungen und Abhängigkeitsgesetze zwischen ihnen. Und selbst wenn es möglich wäre, solche Hypothesen gleichsam aus dem Leeren zu schaffen, wären sie nichts mehr als konstruktive Möglichkeiten, die ohne den Nachweis ihrer Gefordertheit und Notwendigkeit für die kosmologische Forschung wertlos blieben. Die Quantentheorie besitzt aber eine Eigentümlichkeit, die die Anwendung einer anderen, den Erfordernissen einer sicheren Seinserkenntnis entsprechenden Methode gestattet. Sie kann als Ausgangspunkt von Überlegungen dienen, die durch Reflexion auf die Bedingungen und Voraussetzungen der Bestimmungen, die sie vorlegt, schlußfolgernd den Bereich des physikalisch Feststellbaren überschreitet. Die Methode des Erschließens der seinsmäßigen und ontologischen Voraussetzungen der von der Erfahrung ermittelten Tatsachen ist im allgemeinen der Weg der eigentlich philosophisch-kosmologischen Forschung. Der Fall der Quantentheorie bietet indes die Besonderheit, daß er in der Linie der wissenschaftlichen Faktorenermittlung selbst ein schlußfolgerndes Hinausgehen über die Formulierungen der heute vorliegenden

[1] So vor allem v. NEUMANN, Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik, Berlin 1930.

Theorie gestattet. Ihre Voraussagen nämlich über die Ereignisse, die sich aus einer mit maximaler Genauigkeit gekennzeichneten Situation ergeben, haben im Komplex genommen den Charakter von Wahrscheinlichkeitsprognostiken. Sie sind, als Aussagen über einzelne Mikroobjekte oder relativ einfache Mikrosysteme, primär nicht statistischer Natur, obwohl sie natürlich die Aufstellung statistischer Voraussagen ermöglichen [1] und nur vermittels der letzteren durch die Beobachtungsfunde kontrolliert werden können. Wahrscheinlichkeitsaussagen beruhen aber, wenn sie mit realer Bedeutung für den einzelnen Fall aufgestellt werden, auf einer gewissen Einsicht in die maßgebenden Ursachen des ins Auge gefaßten Ereignisses. Wenn sie, wie im Fall der Quantentheorie, den Grad der Wahrscheinlichkeit in präzisen Werten angeben, erfordern sie an sich noch mehr : quantitative Probabilitäten setzen eine Einsicht in die Beziehungen zwischen den verschiedenen Determinanten voraus, insbesondere die Erkenntnis einer systematischen Indifferenz einer Ursachengruppe gegenüber den möglichen Variationen der anderen. Nur auf der Basis einer solchen Einsicht wird es möglich, Urteile über die Gleichwahrscheinlichkeit gewisser alternativer Fälle zu fällen und, auf ihrer Grundlage, Urteile mit quantitativ bestimmtem Wahrscheinlichkeitsindex. Die Möglichkeit, das physikalische Mikrogeschehen wahrscheinlichkeitstheoretisch zu behandeln, deren Nachweis die Quantentheorie erbracht hat, läßt also Rückschlüsse auf die bestimmenden Ursachen der Prozesse zu, die sicher über die von der Theorie selbst geleisteten Faktorenanalyse hinausgehen. Ein Weg, über den nicht voll adäquaten Begriffsapparat der neuen Theorien und ihre unvollkommene Darstellung der kausalen Zusammenhänge hinauszugehen, ist also offen. Allerdings ist zu sagen, daß die Durchführung dieser Aufgabe beträchtlichen Scharfsinn und große mathematische Kenntnisse erfordern wird. Außerdem wird sie vermutlich zu nicht mehr führen, als zu unanschaulichen, in Terminis einer abstrakten Beziehungs- und Strukturlehre formulierten Konklusionen. Damit ist sie aber vielleicht auch wieder dem Begriffssystem, nach dem eine kritisch-realistische Kosmologie letztlich die Naturwirklichkeit zu bestimmen suchen muß, näher und verwandter als die anschauliche Begrifflichkeit der natürlichen Erfahrung und der klassischen Physik.

Die Schwierigkeit, die aus dem Indeterminismus der modernen

[1] Natürlich nur in der Weise von Wahrscheinlichkeitsaussagen, deren Probabilitätsindex sich indes beliebig an 1 annähern läßt.

Physik entstanden war, scheint demnach lösbar. Die physikalische Methode kann zwar nicht selbst die Faktorenanalyse des Geschehens bis zum Ende durchführen, wenigstens wenn wir die Auffassung Bohrs und der Mehrzahl der heutigen Physiker annehmen, aber sie gibt in ihren indeterministischen Theorien den Ausgangspunkt, von dem aus die Reflexion auf die Voraussetzungen von Wahrscheinlichkeitsaussagen weiter zu schreiten vermag. Die Befürchtung, daß auch damit die eigentlichen Geschehensdeterminanten noch nicht erreicht werden können, ist solange unbegründet, als kein Anlaß besteht, die heutigen Theorien als unzulänglich nicht nur für die Erfassung gewisser Grenzfälle, sondern ganzer großer Erscheinungsbereiche zu betrachten.

* * *

Im Bestreben, Naturwissenschaften und Naturphilosophie klar und scharf markierend zu unterscheiden, sind wissenschaftslogische Formulierungen geprägt worden, die nicht ohne eine gewisse Schwierigkeit mit unserer oben entwickelten Auffassung vereinbart werden können. Nach ihr befindet sich ja die Kosmologie, wenigstens in gewisser Hinsicht, in Abhängigkeit von Erkenntnissen, die eine Wissenschaft erarbeitet, deren Formalobjekt verschieden ist und deren Begriffssystem einer andern Denkebene angehört. Dazu ist zunächst zu sagen, daß die Aufstellung dieser Schwierigkeit die Sachlage unzulässig vereinfacht und vor allem, daß ihre Betonung einen mangelhaften Begriff vom Organismus unserer Erkenntnisformen verrät. Es dürfte zuerst schon nicht leicht sein, das Formalobjekt der Naturwissenschaften oder auch nur der Physik in einer befriedigenden Weise zu definieren. Historisch betrachtet ist nicht zu bestreiten, daß ein Newton oder Helmholtz Ziel und Bedeutung ihrer Forschungen ganz anders verstanden haben, als heute etwa ein Eddington oder Heisenberg. Man kann gewiß versuchen in diesen Verschiedenheiten den Ausdruck einer Entwicklung zu sehen, die durch Unklarheiten und Irrtümmer hindurch zum rechten Verständnis des Sinns der wissenschaftlichen Forschung führte. Die Wandlungen in den Auffassungen sind indes so offenkundig mit dem Wechsel der Situation der Forschung vor Gebieten mit verschiedenen Weisen der Erschließbarkeit verbunden, daß man bezweifeln muß, ob die angenommene zielgerichtete Entwicklung nicht viel mehr als eine Sukzession von verschiedenen Formen wissenschaftlicher Betrachtungsweisen zu verstehen ist, die gar nicht dem gleichen wissenschaftslogischen Typ eingeordnet werden können. Außerdem liegt es auf der Hand, daß die

Definition des Formalobjektes einer Wissenschaft in hohem Grad abhängig ist von der Auffassung, die man sich über ihre seinserschließende Leistung bildet. Was die Physik betrifft, wird man zu sehr verschiedenen Formeln gelangen, je nachdem man in ihren Theorien nur mathematisch-deduktive Systematisierungen von Beobachtungsdaten erblickt oder Analysen von realer Bedeutung, die die Komplexheit der Naturprozesse aus ihren elementaren Grundformen zu verstehen lehren. Dabei ist zu sagen, daß jede der erwähnten Auffassungen sich auf Fälle berufen kann, die sie bestätigen und rechtfertigen ; die erste etwa auf die (älteren) Versuche Einsteins und anderer, Elektrodynamik und Gravitationstheorie in einer « unitären » Feldtheorie zu verschmelzen, die zweite auf die ältesten und klassischen Leistungen theoretischen Forschens, die mechanische Statik und Dynamik. Wenn man die epistemologische Stellung der Physik auf Grund der Lehrgebäude zu bestimmen unternimmt, in denen sie sich als bestehende und konstituierte Wissenschaft darstellt, wird man keine einheitliche, die ganze Vielförmigkeit umfassende Definition finden können, es sei denn, man bescheide sich mit Äußerlichkeiten. Die Einheit, die die Etappen der Forschung und die Typenvielheit der theoretischen Konstruktionen zusammenhält, beruht, außer auf den weitgehenden methodischen Übereinstimmungen, vor allem auf dem Einfluß einer Zielidee, die über die theoretische Systematisierung selbst hinausweist, wenn auch in einer Weise, daß die Theorien als die unmittelbaren Vorstufen ihrer Verwirklichung erscheinen müssen. Die Weltbilder, die sich im Zusammenhang mit den physikalischen Theorien gebildet haben, stellen eine von gleichen Gesichtspunkten beherrschte und der gleichen Begriffsebene angehörige Vielheit von Bildungen dar. Nur in Beziehung auf das Ziel einer wenigstens gleichnishaften Erfassung des Wesens der Naturdinge und der in ihnen wirkenden Kräfte gewinnt die moderne wissenschaftliche Forschung ihre Einheit, obwohl dieses Ziel über die eigentliche methodische Forschung hinausgeht und obwohl seine Realisierungen nicht den Rang wissenschaftlicher Leistungen beanspruchen können. Das bedeutet aber, daß die experimentellen Wissenschaften selbst, wenn man sie auf das Gesetz ihres Fortschritts und ihrer Entwicklung hin betrachtet, keine wirklich autonome und sich selbst regulierende Erkenntnisform darstellen. Sie sind im Grunde genommen das methodische Mittel eines Fragenausblicks, der dem einer unentwickelten Kosmologie entspricht. Daß ihre einzelnen Zweige nach dem Status von selbständigen Wissenschaften streben, ist, soweit es sich um er-

klärende Wissenschaften handelt, die Folge des methodischen Grundgedankens der Faktorenanalyse, der die Aufstellung geschlossener deduktiver Systeme fordert, um an ihnen die Richtigkeit der kausalanalytischen Ansätze zu erproben. Vom Ganzen unserer Erkenntnis her betrachtet, haben die Wissenschaften die Funktion, die Erfahrungsdaten im Hinblick auf die Erfassung der bewegenden Kräfte und Prinzipien des Geschehens zu sammeln und zu analysieren. Sie stehen also prinzipiell im gleichen Verhältnis zur Kosmologie wie die natürliche Erfahrung, sofern sie die primitiven Gegebenheiten in Richtung auf die Gewinnung eines Weltbildes aufnimmt und verarbeitet.

Man wird diese Betrachtungsweise vielleicht als ungewöhnlich und vor allem als nicht hinreichend begründet empfinden. Sie ist tatsächlich in der eben gegebenen Darstellung mit einer Anzahl von Aufstellungen belastet, deren Rechtfertigung eingehende Untersuchungen über die den Fortschritt der Wissenschaften beherrschenden Ideen erfordern würde. Wir dürfen darum unsere Antwort auf die oben formulierte Schwierigkeit nicht auf das eben Gesagte beschränken. Man darf in der Tat auch vom Standpunkt aus, daß die Naturwissenschaften eine selbständige, formal in sich geschlossene Erkenntnisform darstellen, nicht folgern, daß sie in Bezug auf die Kosmologie nicht die Rolle von echten und eigentlichen Hilfswissenschaften übernehmen können. Wie immer man das Formalobjekt der Physik bestimmen will, es wird immer in der Weise geschehen müssen, daß es der physikalischen Theorie als der objektgemäßen Systematisierungsform Rechnung trägt. Die Besonderheiten dieses Theorientyps sind aber derart, daß sie ihm vom Ziel der Seinerschließung her gesehen die Bedeutung eines Mittels der Faktorenermittlung garantieren. Auch wenn man also annimmt, daß die Physik ihrer primären Einstellung nach ein der kosmologischen Erkenntnis heterogenes Erkenntnisziel verfolgt, bleibt doch bestehen, daß sie beiläufig zu ihrer Grundfinalität eine Funktion besitzt, die sie in den Zusammenhang der kosmologischen Betrachtungsweise stellt.

Eine Folge unserer Auffassung, die vielen besonders unsympathisch sein wird, besteht in der Abhängigkeit der Naturphilosophie vom jeweiligen Stand der physikalischen Forschung. Es scheint in der Konsequenz des oben Ausgeführten zu liegen, daß ein Kosmologe des 17. und 18. Jahrhunderts sich hätte wenigstens sehr weitgehend dem Mechanismus anschließen müssen, ebenso wie ein Kosmologe des Beginns unseres Jahrhunderts der Äther-Elektronentheorie oder der Feldtheorie der Materie. Die Wissenschaften scheinen nicht imstande, der Spekula-

tion Ausgangspunkte zu bieten, die dagegen gesichert sind, von der weiteren Entwicklung fallen gelassen zu werden oder mindestens radikale Umdeutungen zu erfahren. Bedenken solcher Art lassen es aber an den nötigen Unterscheidungen fehlen. Der Mechanismus war nie eine am gesamten bekannten Erfahrungsmaterial bewährte Theorie, sondern höchstens eine die gesamte physikalische Forschung lange Zeit beherrschende Hypothese. Die Physiker konnten nie mehr als eine begrenzte Phänomenklasse als sicher nach mechanischen Prinzipien erklärbar betrachten, wie ja auch die Gegner des Mechanismus keine Schwierigkeit hatten, in den empirischen Tatsachen Gegengründe gegen ihn zu finden. Ähnliches ist von den beiden anderen Theorien zu sagen, von denen die zweite ja auch nie mehr war als ein theoretischer Versuch, für den nichts sprach als eine größere formale Einheitlichkeit. Der Kosmologe muß gewiß auch den Hypothesen seine Aufmerksamkeit schenken. Sie können unter Umständen das philosophische Denken neue Möglichkeiten und Konzeptionen finden lassen und zu einer bewußteren und kritischeren Erfassung seiner eigenen Voraussetzungen führen. Für die positiv-konstruktive kosmologische Forschung kommen indes als empirische Ausgangspunkte nur wissenschaftlich gesicherte Tatsachen und Theorien in Frage, deren es sicher mehr gibt, als der Außenstehende, der sich von dem raschen Wandel der Hypothesen und weltbildlichen Deutungen beeindrucken läßt, im allgemeinen annehmen wird. Die Prinzipien der Mechanik etwa sind trotz der in vielen Hinsichten umstürzenden nachfolgenden Entwicklung der Physik zwar präzisiert und in neue Zusammenhänge gestellt, aber nicht aus dem System der fundamentalen physikalischen Gesetze ausgeschieden worden. Die Überlegungen, die ein Kosmologe aus der Blütezeit des Mechanismus etwa an das Trägheitsgesetz knüpfen mochte, haben auch jetzt noch ihren Wert. Daß es heute notwendig sein wird, sie fortzuführen, beruht wenigstens ebensosehr auf der Entwicklung unserer Sicht der kosmologischen Probleme als auf den Veränderungen der physikalischen Theorien. Die naturphilosophische Spekulation stützt sich auf zwei Grundlagen : auf die kritisch gesicherten Feststellungen der natürlichen und wissenschaftlichen Erfahrung und auf die Einsichten, die die philosophische Reflexion aus der Idee der endlichen Seinseinheit entwickelt. Von diesen beiden Ausgangspunkten aus bauend, vermag die Naturphilosophie zu sicheren und endgiltigen Ergebnissen zu gelangen. Der Kosmologe, der behutsam und mit der nötigen kritischen Einsicht die sicheren Ergebnisse der Wissenschaften verarbeitet, hat vom Fortschritt

derselben nicht zu fürchten, daß seine Konklusionen von der nächsten großen Neuerung als falsch erwiesen werden, sondern höchstens, daß sie in neue Zusammenhänge rücken und eine Umbestimmung ihrer Tragweite erfahren.

Eine letzte Schwierigkeit bedarf noch einer kurzen Betrachtung. Die neueste Physik bewegt sich in Begriffen und mathematischen Formalismen, die von der Begrifflichkeit und Erfassungsweise der Naturphilosophie so weit entfernt sind, daß eine Auswertung in ihrem Sinne unmöglich erscheinen kann. Läßt die Physik nicht bis heute, trotz ihrer bis an die letzten Grenzen des Beobachtbaren vorgetriebenen Forschungen, eine für die seinsmäßige Erfassung so primäre Frage im Dunkel, wie die nach den substanzialen Einheiten ? Sind ihre Beschreibungen der Elementarprozesse nicht in einer Sprache formuliert, die bei jedem Versuch, sie anders als nach ihrer technisch-physikalischen Bedeutungsweise zu verstehen, zu unvollziehbaren Vorstellungen und Paradoxien führt ? Aufstellungen wie die von der gegenseitigen Verwandelbarkeit von Energie und Masse, von der Identität der Elektronen mit besetzten oder unbesetzten Energieniveaus und andere ähnliche scheinen zu der Folgerung zu zwingen, daß die physikalische Forschung das Geflecht der kausalen Abhängigkeiten in einer Weise durchforscht und theoretisch rekonstruiert hat, daß ihre Ergebnisse der ontologischen Erfassung der Natur nicht nützen können. Zur Beantwortung dieses Einwands ist zu sagen, daß er sich mehr auf vorausnehmend angenommene, als auf wirklich erfahrene und erprobte Schwierigkeiten beruft. An der Substanzialität der Elektronen und Nukleonen zu zweifeln, besteht kein Anlaß. Ihr Wellencharakter ist eine der Kundgebungsformen der Eigenschaften und Beziehungen, die ihre Bewegungen bestimmen. Eine abschließende Theorie der Prozesse der Elektronenneubildung und -zerstrahlung ist noch nicht gefunden. Der jetzige Stand der Forschungen läßt es aber wahrscheinlich erscheinen, daß die besagten Wandlungen Neutrinos zum bleibenden Substrat besitzen. An der Elektronenpaar-Erzeugung hat sicher das Neutrinopaar teil, an das die erzeugende Strahlungsenergie gebunden ist und vermutlich außerdem die Neutrinos, die die Kraftwirkungen der Felder vermitteln, deren Bestehen eine der Voraussetzungen des Prozesses darstellt. Die Elektronen, die von Atomkernen als radioaktive Strahlung ausgesandt werden, entstehen ziemlich sicher aus den « virtuellen » Mesonen des Kerns, die die Vermittler der inneren Kernkräfte darstellen. Man darf vielleicht auch sie als eine der Zustandsformen der Neutrinos betrachten.

Diese Erklärungen mögen noch unsicher und hypothetisch sein ; sie können aber jedenfalls zeigen, wie voreilig und unbegründet es ist, aus der besprochenen Schwierigkeit zu folgern, daß die neueste Physik eine In-Beziehung-Setzung mit dem Begriffssystem der seinsmäßigen Naturerfassung nicht mehr erlaubt. Der allgemeine Satz der Massen-Energie-Aequivalenz, der zunächst ein so stark paradoxes Aussehen hat, läßt ebenfalls eine für den Kosmologen befriedigende und zudem wichtige Perspektiven gebende Ausdeutung zu. Man hat nur zu beachten, daß Masse im Sinne der Physik verstanden ein Trägheitskoeffizient ist, eine Bestimmtheit also, die für die Übertragung und den Ausgleich von Bewegungen maßgebend ist. Sie ist nicht, wie die Masse der scholastischen Physik, eine mit der substanziellen Konstitution gegebene und von ihr untrennbare Größe, sondern ein wandelbares Akzidens, das ja auch, wie der Fall der Neutrinos zeigt, vollständig fehlen kann. Die Zusammenbindung von Masse und Energie im oben genannten Prinzip weist auf ein allgemeines Ausgleichsgesetz zurück, das die räumlichen Verschiebungen der Energie regelt.

Die endgültige Rechtfertigung eines Programms und einer Methode liegt im allgemeinen in ihren Ergebnissen. Nach diesem Kriterium beurteilt, ist allerdings zuzugeben, daß unsere Auffassung sich als arm an überzeugenden Ausweisen darstellt. Die Aufgaben, die die moderne Physik dem kosmologischen Forschen stellt, sind komplex und schwierig und erfordern eine Vereinigung von mathematisch-physikalischen Kenntnissen, kritischer Vorsicht und metaphysischer Einsicht, die sich selten in einem Forscher zusammenfinden. Zudem liegen sie an der Peripherie der heutigen philosophischen Problematik. Wir glauben aber, trotzdem die scholastischen Philosophen zu ihrer Bearbeitung auffordern zu sollen. Spezielle Forschungen eröffnen nicht selten neue Ausblicke auch auf sehr allgemeine und grundsätzliche Fragen. Außerdem dürfte es kaum einen besseren Weg geben, die erkenntnistheoretische Einstellung der Scholastik zu erproben und im heutigen Denken zur Geltung zu bringen, als die Weiterentwicklung unserer Kosmologie auf Grund der wissenschaftlichen Forschungsergebnisse.