

abgesehen von der Unfehlbarkeit seiner Entscheidung, die „sine scripto traditiones tum ad fidem, tum ad mores pertinentes“ ausdrücklich der göttlichen Offenbarung, der „puritas evangelii“, untergeordnet²¹. Demgegenüber besagt es lediglich einen kleinen Vorzug des Provinzialkonzils, wenn seine Ausdrucksweise durch den Zusatz „non expresse in scriptura“ die Möglichkeit einer systematischen Verbindung der beiden Glaubensvermittlungen positiv andeutet, was das Tridentinum völlig offengelassen hat.

²¹ Das wird in dem Dekret des Concilium Senonense zwar nicht abgeleugnet, aber doch auch nicht direkt behauptet, und wenn es einschlußweise darin enthalten sein soll, so erschwert das der Umstand, daß sich die Beispiele auf eine Disziplinartradition beschränken. Es ist jedoch nicht zu übersehen, daß diese auch auf dem Konzil von Trient eine große Rolle spielen und, wenigstens nach einer sehr wahrscheinlichen Interpretation, durch den Begriff „ad mores pertinentes“ in die Definition generell mitaufgenommen worden sind (vgl. dazu Murphy, a. a. O. 292—300: „Faith and Morals“ at Trent). Y. M.-J. Congar meint hingegen: „En prenant act . . . d'une enquête qui emporte la conviction, nous devons cependant remarquer que fides et mores étant une expression classique chez les canonistes et théologiens des XII^e à XIII^e siècles . . .; chez eux, donc classiquement, elle nous paraît proche de ce que nous entendons aujourd'hui par ‚la foi et les moeurs‘. Il faudrait y regarder de plus près“ (La Tradition et les traditions. Paris 1960, 225).

Zur philosophischen Interpretation der Quantentheorie der Felder

Von Wolfgang Büchel S. J.

B. Thum veröffentlichte unlängst eine Studie zur philosophischen Interpretation der Quantenphysik, die es wohl verdient, unter den einschlägigen Arbeiten, welche vom philosophischen Standpunkt eines kritischen Realismus ausgehen, hervorgehoben zu werden¹. Thum schließt nämlich seine philosophische Analyse nicht an die „gewöhnliche“ Quantenmechanik an, sondern an die Quantentheorie der Felder, und er bekommt dadurch alle jene philosophischen Probleme in den Griff, die dieser zur Zeit am weitesten entwickelten Form der quantenphysikalischen Naturbeschreibung eigentümlich sind, die aber wegen ihrer physikalischen Kompliziertheit bei der philosophischen Stellungnahme zur Quantenphysik oft weniger beachtet werden. Thum setzt allerdings voraus, daß sein Leser mit den physikalischen Prinzipien der Quantentheorie der Felder vertraut ist; eine physikalische Einführung hätte den Umfang der Studie auf ein Vielfaches anschwellen lassen. Im folgenden sei versucht, gewisse Grundgedanken Thums herauszuheben und einige Diskussionsbemerkungen anzuschließen.

¹ B. Thum O. S. B., Versuch über die Quantität im Anschluß an die Theorie der Wellenfelder, in: Salzburger Jahrbuch f. Philosophie 5/6 (1961/62) 319—350.

1. Quantität

Thum geht davon aus, daß in der quantenphysikalischen Naturbeschreibung ganz allgemein eine „absolute“ und eine „relative“ Komponente zu unterscheiden ist. Betrachten wir zur Verdeutlichung dieser Unterscheidung etwa die Elektronenhülle eines Atoms: Die Quantenphysik gibt die *Art* und die *Anzahl* der Elementarteilchen an, aus denen die Atomhülle zusammengesetzt ist, und diese Angaben charakterisieren — nach der „gewöhnlichen“ Quantenmechanik — die Atomhülle „*absolut*“, d. h., sie gelten für jede überhaupt mögliche Beobachtung des Atoms und können darum dem Atom „an sich“, ohne Bezugnahme auf bestimmte eingeschränkte Arten von Beobachtungen, zugeschrieben werden. Außerdem gibt die Quantenphysik an, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, bei einer Messung des Ortes oder des Impulses oder des Drehimpulses usw. diesen oder jenen Meßwert zu erhalten, und diese Angaben tragen einen wesentlich *relativen* Charakter: Sie charakterisieren die Elektronen in ihren Reaktionen auf jeweils gewisse eingeschränkte Arten von Beobachtungen, und wie es grundsätzlich unmöglich ist, gleichzeitig eine völlig exakte Orts- und Impulsmessung vorzunehmen, so würde es auch zu Widersprüchen führen, wenn man den Elektronen „an sich“ gleichzeitig einen bestimmten Ort und einen bestimmten Impuls zuschreiben wollte. Diese relativen Charakterisierungen sind es, auf die sich der Wellen-Teilchen-Dualismus, die Unschärfebeziehung, die Komplementarität usw. beziehen.

Eine erkenntnistheoretische Interpretation der Quantenphysik, die vom Standpunkt eines kritischen Realismus ausgeht, muß offenbar den „absoluten“ Charakterisierungen besonderes Augenmerk schenken. Thum weist nun darauf hin, daß in der Quantentheorie der Felder auch die *Quantität*, d. h. das kontinuierliche räumliche Nebeneinander (und übrigens auch das kontinuierliche zeitliche Nacheinander), unter den „absoluten“ Bestimmungsstücken auftritt (indem die transfinite Anzahl der Raumpunkte — und Zeitstellen — zur Anzahl der Freiheitsgrade des Feldes wird), daß also von hier aus neues Licht auf die vieldiskutierte Frage nach der Realität der räumlichen Ausdehnung der Mikroobjekte fällt.

Der Hinweis Thums fordert unbedingt Beachtung. Bei Eigenschaften und Strukturen, die auch im quantenphysikalischen Formalismus als absolute Charakterisierungen der Mikroobjekte auftreten, ist zumindest ernstlich damit zu rechnen, daß es sich um den Ausdruck objektiver Strukturen der Wirklichkeit handelt. Es muß aber auch damit gerechnet werden — und diese Möglichkeit wird bei Thum vielleicht nicht genügend beachtet —, daß der absolute Charakter gewisser Bestimmungsstücke seinen Grund einfach darin hat, daß auf der betreffenden Entwicklungsstufe der physikalischen Theorie noch keine Möglichkeit zu einer relativierenden Darstellung der fraglichen Eigenschaften besteht. Die Entwicklung von der klassischen Physik über die „gewöhnliche“ Quantenmechanik zur Quantentheorie der Felder ist ja gerade dadurch gekennzeichnet, daß in zunehmendem Maß absolute Bestimmungsstücke durch relative ersetzt werden². Die *Anzahl* gleichartiger Elementarteilchen wird beispielsweise in der gewöhnlichen Quantenmechanik absolut, in der Quantenfeldtheorie dagegen relativ charakterisiert. Auch die Unterscheidung zwischen den verschiedenen Teilchenarten ist in der Quantenfeldtheorie schon jetzt hinsichtlich der Unterschei-

² Man kann wohl nicht einwenden, daß die räumliche und zeitliche Kontinuität erst in der Quantentheorie der Felder zu einer absoluten Bestimmung geworden sei, daß also wenigstens in dieser Hinsicht der Übergang von der gewöhnlichen Quantenmechanik zur Quantenfeldtheorie den Übergang von einer relativen zu einer absoluten Charakterisierung mit sich gebracht habe. Denn die in der (zeitabhängigen) Schrödingergleichung der Quantenmechanik ausgedrückte mathematische Struktur ist eine Grundstruktur *aller* möglichen Wahrscheinlichkeitsfunktionen; die Schrödingergleichung charakterisiert also, im Unterschied zu einer bestimmten *konkreten* Wahr-

dung von Proton und Neutron relativiert, und Thum weist selbst darauf hin, daß von der Weiterentwicklung der Theorie die Relativierung *aller* Unterscheidungen zwischen den verschiedenen Arten von Teilchen bzw. Feldern zu erwarten sein dürfte. (Die scheinbar verschiedenen Teilchenarten werden als verschiedene Zustände eines einzigen „Urteilchens“ aufgefaßt, und die Angaben über die Besetzung dieser Zustände sind von relativer Art.) Es muß infolgedessen zumindest damit gerechnet werden, daß das räumliche und zeitliche Kontinuum nur darum in der quantenphysikalischen Naturbeschreibung als absolute Charakterisierung auftritt, weil noch keine Möglichkeit zu einer relativierenden Darstellung entwickelt wurde.

Daß eine solche Vermutung zu Recht bestehen dürfte, scheint durch folgende Beobachtungen nahegelegt: Bei der konsequenten Durchführung der Quantentheorie der Felder ergeben sich grundsätzliche mathematische Schwierigkeiten, die nach allgemeiner Anschauung ihren Grund wahrscheinlich darin haben, daß die Auffassung des Raumes als eines Kontinuums und das darauf basierende Quantisierungsverfahren zu punktuellen Singularitäten und damit zu mathematischen Divergenzen führt. Man hat versucht, durch die Einführung einer „Elementarlänge“ in irgendeiner Form weiterzukommen; diese Bemühungen sind bis jetzt vielleicht darum ohne besonderen Erfolg geblieben, weil es ihnen nicht gelang, sich wirklich grundsätzlich von der kontinuierlichen Raumauffassung zu lösen. Dieser Tatbestand müßte jedenfalls zur Vorsicht mahnen, wenn man in dem räumlich-zeitlichen Kontinuum eine Eigenschaft der objektiven Wirklichkeit erblicken will.

Ein zweites kommt hinzu: Die abstrakte kontinuierliche Quantität als solche gehört zwar zu den absoluten Elementen der quantenphysikalischen Naturbeschreibung, aber alle *konkreten* quantitativen Strukturen fallen in den Bereich der nur relativen und subjektbezogenen Charakterisierungen. Anders formuliert: *Alle* Wahrscheinlichkeitsfunktionen, vermittels derer die Quantenphysik ein Mikroobjekt beschreibt, müssen kontinuierliche Raumfunktionen sein, und insofern stellt die räumliche Kontinuität ein absolutes Element der quantenphysikalischen Naturbeschreibung dar; aber die *konkrete* Gestalt einer Wahrscheinlichkeitsfunktion gehört immer in den Bereich des Relativen, Subjektbezogenen, Nichtobjektivierbaren. Müßte es aber nicht, wenn die Quantität als solche der objektiven Wirklichkeit zukommen soll, auch objektive konkrete quantitative Strukturen geben?

Thum gibt zu, daß der überkommene Begriff der Quantität modifiziert werden müsse: Während nach der überkommenen Auffassung das Akzidens der Quantität eine solche Unterscheidung von „integralen Teilen“ der materiellen Substanz mit sich bringt, daß die einzelnen integralen Teile eine im Laufe der Zeit erhalten bleibende Identität besitzen („derselbe“ Teil der Substanz, der früher hier war, ist jetzt dort und kommt später an jene Stelle), soll eine solche Identitätserhaltung gemäß der von Thum vorgeschlagenen neuen Auffassung der Quantität nicht nur erkenntnismäßig, sondern auch ontologisch ausgeschlossen sein. Dabei möchte Thum anscheinend stehenbleiben; aber wenn man dem physikalischen Sachverhalt voll gerecht werden will, kommt man wohl nicht daran vorbei, die Realität *aller* voll-konkreten quantitativen Strukturen (und nicht nur die Realität der Bewegung von Substanz-Teilen) fallenzulassen. Die Annahme einer realen Quantität mit grundsätzlichem Ausschluß kon-

scheinlichkeitsfunktion als Lösung dieser Gleichung, die Mikroobjekte nicht in bezug auf bestimmte eingeschränkte Arten von Beobachtungen, sondern „in Hinsicht auf das, was rein in ihnen selbst für die Möglichkeit des Eingehens in solche Reaktionsverhältnisse (mit Meßinstrumenten) maßgebend ist“ (Thum 327). Die Schrödingergleichung der Quantenmechanik muß infolgedessen wohl ebenso wie die von Thum betrachtete Anzahl der Freiheitsgrade als eine *absolute* Charakterisierung aufgefaßt werden, und damit tritt die räumliche und zeitliche Kontinuität auch schon in der gewöhnlichen Quantenmechanik als absolute Charakterisierung auf.

kreter quantitativer Strukturen dürfte sich aber wohl selbst aufheben. Auf jeden Fall legt der beschriebene Sachverhalt die Annahme nahe, daß der absolute Charakter der abstrakten Quantität in der quantenphysikalischen Naturbeschreibung nicht einen Zug der objektiven Wirklichkeit widerspiegelt, sondern ein noch nicht „aufgearbeitetes“ Relikt aus der klassischen Physik darstellt.

2. Substantialität

Thum weist mit Recht darauf hin, daß die Abgrenzung der einzelnen anorganischen Substanzen voneinander nicht einfachhin auf Grund der verschiedenen räumlichen Lokalisierung möglich ist; die „compentratio“ verschiedenartiger Substanzen muß vielmehr als Normalfall gelten. Allerdings zeigt Thum bei der Frage nach den verschiedenen *Arten* anorganischer Substanzen eine gewisse Unentschiedenheit: Auf der einen Seite deutet er die Vielheit der verschiedenen Felder (Elektronen-, Mesonen-, Nukleonen-Feld usw.) als einen Hinweis auf die Existenz verschiedener Arten anorganischer Substanzen (332 f.); auf der anderen Seite erklärt er mit Recht, daß von der Weiterentwicklung der physikalischen Theorie wohl eine Rückführung dieser verschiedenen Felder auf ein einziges Universalfeld zu erwarten sei (331).

Bei der Analyse der Wechselwirkung verschiedenartiger Felder, also Substanzen, betrachtet Thum unseres Erachtens etwas einseitig den formalen Koppelungsansatz, so wie er aus der klassischen Feldphysik übernommen ist, und vernachlässigt ein wenig die Tatsache, daß dieser Koppelungsansatz bei seiner quantenphysikalischen Umdeutung zur *Erzeugung* bzw. *Vernichtung* von Elementarteilchen führt. Die Erzeugung von Teilchen gehört zu den Phänomenen, die experimentell am unmittelbarsten faßbar sind, und müßte darum wohl auch bei der Analyse des anorganischen Wirkens entsprechend berücksichtigt werden. Vielleicht hängt die ungleiche Akzentuierung damit zusammen, daß sich der Koppelungsansatz der klassischen Feldphysik besser in das von Thum in früheren Studien entworfene ontologische Schema der Wechselwirkung einfügt als die Erzeugungsprozesse (vgl. 333). Wir haben an anderer Stelle auszuführen versucht, welche Auffassung des anorganischen Wirkens und der anorganischen Substantialität sich bei entsprechender Berücksichtigung der Erzeugungsprozesse ergeben dürfte³.

Als Kriterium für die Unterscheidung gleichartiger, aber individuell unterschiedener Substanzen zieht Thum die quantenphysikalische Ununterscheidbarkeit gleichartiger Teilchen heran. Teilchengruppen, innerhalb derer diese individuelle Ununterscheidbarkeit besteht, betrachtet er als substantiell zusammenhängende Gebilde; gleichartige Teilchen, die etwa so weit voneinander entfernt seien, daß sie sich auch individuell eindeutig voneinander abheben ließen, faßt Thum als individuell verschiedene Substanzen auf.

Hier ist nun wohl eine gewisse Präzisierung erforderlich. Die quantenphysikalische Ununterscheidbarkeit gleichartiger Teilchen ergibt sich ganz generell aus dem Formalismus der Quantenfeldtheorie, gleichgültig, ob die Teilchen nahe beieinander oder weit voneinander entfernt sind, ob sie in intensiver oder in praktisch vernachlässigbarer Wechselwirkung miteinander stehen. Wenn in der Literatur von „Austauscheffekten“ die Rede ist, so hat man allerdings zumeist jene Modifikation der Wechselwirkung zwischen Teilchen im Auge, die sich aus der Ununterscheidbarkeit ergibt, und eine derartige Modifikation der Wechselwirkung ist natürlich nur dort beobachtbar, wo überhaupt eine merkliche Wechselwirkung zwischen Teilchen besteht.

Aber auch wenn die Wechselwirkung praktisch verschwindet, wenn also keine „Austauscheffekte“ mehr beobachtet werden können, hat die Ununterscheidbarkeit

³ Vgl. Schol 31 (1956) 1; 33 (1958) 161.

der Teilchen experimentell verifizierbare Folgen, die bei der statistischen Behandlung solcher Teilchen sichtbar werden. Auf diese Auswirkungen der Ununterscheidbarkeit waren die Physiker sogar schon vor der modernen Quantenphysik in der klassisch-physikalischen Statistik des „idealen Gases“ gestoßen: Um den Anschluß an die Erfahrung herzustellen, mußte man in die auf der Grundlage der individuellen Unterschiedenheit der Teilchen abgeleiteten statistischen Formeln Korrekturglieder einführen, die der Aufhebung der individuellen Unterschiedenheit entsprachen und deren Notwendigkeit vom Standpunkt der damaligen klassisch-physikalischen Betrachtungsweise aus eigentlich völlig unverständlich war⁴. Diese Korrekturglieder sind von der Intensität der Wechselwirkung zwischen den Teilchen des Gases unabhängig und bleiben darum auch bei beliebiger „Verdünnung“ bestehen — ganz entsprechend dem Formalismus der Quantenfeldtheorie, gemäß dem die Ununterscheidbarkeit auch zwischen beliebig voneinander entfernten gleichartigen Teilchen besteht. Es geht eben im Grunde gar nicht darum, daß man gewisse Teilchen nicht räumlich auseinanderhalten kann, sondern es ist die Auffassung der „Teilchen“ als „Anregungszustände“ des „Feldes“, woraus sich die ganze Problematik ergibt. Wollte man also die Nichtunterscheidbarkeit von Teilchen zum Kriterium eines substantiellen Zusammenhangs nehmen — eine Auffassung, die gerade von der Feldphysik her sehr nahe liegt —, so käme man wohl nicht daran vorbei, *alle* gleichartigen Teilchen als substantiell zusammenhängend anzusehen.

Wir haben uns im vorstehenden mit den Gedanken Thums darum so eingehend auseinandergesetzt, weil die Studie Thums zu den wenigen Arbeiten gehört, in denen die philosophischen Probleme der Quantentheorie der Felder von philosophischer Seite aus wirklich sachgemäß behandelt werden. Nur auf einer solchen Basis ist es überhaupt möglich, über die Fragen zu diskutieren, die wir aufgegriffen haben. Wenn wir uns der Auffassung Thums nicht in allem angeschlossen haben, so sollte damit kein „letztes Wort“ gesprochen sein; nur eine deutliche Gegenüberstellung der verschiedenen Aspekte kann den Weg zur Lösung der Probleme finden helfen.

⁴ Vgl. etwa A. Sommerfeld, Vorlesungen über theor. Physik Bd. V, Wiesbaden 1952, 219, 245; A. Münster, Statistische Thermodynamik, Berlin 1956, 40, 45, 91, 122 f.; E. Schrödinger, Statistische Thermodynamik, Leipzig 1952, 73—76; P. Jordan, Statistische Mechanik auf quantentheoretischer Grundlage, Braunschweig 1944, 57—59, 105; Literaturverweise betr. der Diskussion vor der Quantenphysik bei C. Schaefer, Einführung in d. theor. Physik Bd. 2, Berlin 1955, 622 f. — Mit der Nichtunterscheidbarkeit gleichartiger Teilchen hängt das „Gibbs'sche Paradoxon“ zusammen: Bringt man zwei ursprünglich getrennte verschiedenartige Gase oder Flüssigkeiten zusammen, so daß sie ineinander diffundieren können, so nimmt die Entropie des Gesamtsystems infolge dieser Diffusion zu; bringt man aber in der gleichen Weise zwei gleichartige Gas- oder Flüssigkeitsmengen zusammen, so bleibt die Entropie des Gesamtsystems unverändert, obwohl „eigentlich“ auch in diesem Fall eine Diffusion der Molekel durcheinander stattfindet (W. Gibbs, Statistische Mechanik, Leipzig 1905, 213 f.). E. Schrödinger bemerkt dazu treffend: „Man hat stets vermutet, daß in dem Gibbs'schen Paradoxon ein tiefer Gedanke steckt. Daß es aber so eng mit etwas so Wichtigem und völlig Neuem zusammenhängt“ (nämlich mit der quantenphysikalischen Ununterscheidbarkeit gleichartiger Teilchen), „war kaum vorauszusehen“ (a. a. O. 76).

Von Beda Thum O. S. B., Salzburg

Die wichtigen und lehrreichen Beobachtungen P. Büchels weisen z. T. über die gebundene Aufgabenstellung der besprochenen Studie hinaus und rücken ihre Vorschläge und Ergebnisse in die Perspektive der zu erwartenden weiteren Entwicklung der Physik. Sie wollte vor allem zeigen, daß in den gewöhnlich erörterten Deutungen der Quantenphysik gewisse Sachverhalte unbeachtet bleiben, die zwar, was die elementareren Formen der Theorie betrifft, die Lage nicht wesentlich verändern, die aber im Rahmen der Wellenfeldtheorien eine Bedeutung gewinnen, die die Erkenntnistheorie und wirklichkeitsbildliche Tragweite der Quantenphysik in einem von den üblichen Auffassungen sehr verschiedenen Licht erscheinen lassen. Es zeigt sich, daß die Theorien Ansätze über die absoluten, in voller Objektivität erfaßten Strukturen der Felder enthalten, insbesondere über ihre Ausdehnung, die Zeitform ihrer Prozesse und ihre Wechselwirkungsverhältnisse, die, vom Standpunkt der Naturphilosophie aus gesehen, die Neuerungen der Physik weniger radikal erscheinen lassen, als es ihre in anderer Hinsicht gewiß umwälzenden Konzeptionen erwarten lassen. Ist dies nun dahin auszulegen, daß die Physik in den Feldtheorien noch einmal bei Vorstellungen Anlehnung gesucht hat, die ihre Wurzeln im Makroskopischen haben und durch die erwiesene tiefgehende Andersartigkeit des Mikrophysikalischen schon als nur vorläufige Aushilfen gezeichnet sind? Es scheint nicht, daß man die Situation in dieser Weise beurteilen müsse.

Man kann geltend machen, daß die von P. Büchel gezogene Linie der fortschreitenden Umwandlung physikalischer Absolutheiten in relative quantenphysikalische Observable die Quantität der klassischen Physik in den Unbestimmtheitsrelationen von ihrem Anfang an in sich einbezogen hat und daß die Wellenfeldtheorien diese Umwandlung nicht rückgängig gemacht haben. Aber es hat sich gleichzeitig in ihnen die Notwendigkeit ergeben, in einer anderen Ebene physikalischer Bestimmung und Kennzeichnung, in der der dynamischen Variablen und ihrer Ordnungsverhältnisse, die Ausdehnung und das Zeitkontinuum wieder einzuführen. In ihrer neuen Bedeutung genommen, stehen sie zu keinem der bekannten Beobachtungsverfahren in relativierender Beziehung, stellen sich aber als die Voraussetzungen einer systematischen Erfassung der bekannten Beobachtungsmöglichkeiten dar. Dieser Sachlage scheint es nicht zu entsprechen, in ihnen Reste einer überholten Vorstellungsweise zu sehen; es legt sich vielmehr nahe, in ihnen Restitutionen und Wiedergewinnungen des gedanklichen Gehalts früherer Anschauungsbegriffe im Rahmen einer neuen Bestimmungsweise zu erkennen. Die Erforschung der atomaren und subatomaren Wirklichkeiten hat eine so eigenartige Situation des Erkennens entstehen lassen, daß sich auch kaum die Auffassung abweisen läßt, die bisher maßgebenden Kriterien der Verifizierung und Wirklichkeitsversicherung seien nicht mehr als unbedingte Forderungen aufrechterhalten. Es bedeutet darum wohl auch keinen entscheidenden Grund gegen die genannten Wiederherstellungen, daß sie die Ausdehnung und die Zeit nur in abstrakter Weise und nur in den allgemeinen Ansätzen eines Formalismus erfassen. Man könnte unter Berufung auf den Begriff, der die erkenntnistheoretische Besonderheit der Quantenphysik am besten zum Ausdruck bringt, von einem neuen Komplementaritätsverhältnis sprechen, gemäß dem sich die auf die absoluten Strukturen und die auf die kontingent-zuständlichen Bestimmtheiten zielenden Beschreibungen gegenüberstehen und in diesem Verhältnis geradezu die erste der Einschränkungen finden, denen die Erfassung der Mikrowelt unterworfen ist. Weil die konkreten, kontingenten Bestimmtheiten nur durch experimentelle Verfahren ermittelt werden können

und jede Beobachtung das Verhalten des Objekts gegenüber einer makroskopischen Apparatur feststellt, sind alle konkreten Angaben relativ auf die Beobachtungsmittel und umgekehrt alle Angaben über absolute Bestimmtheiten notwendig allgemein und formal.

Die vorstehenden Bemerkungen beabsichtigen natürlich nicht, Folgerungen als endgültig gesichert zu verteidigen, die auf den heute angenommenen Theorien beruhen. Sie wollen nur auf ihren engen Zusammenhang mit den Grundkonzeptionen der Quantentheorie hinweisen, der voraussehen läßt, daß nur eine sehr tiefgehende Umbildung der theoretischen Auffassungen der vorgeschlagenen Deutung den Boden entziehen würde.

Es liegt nahe, in den verschiedenen Feldern der heutigen Theorie Hinweise auf wesentlich verschiedene substantielle Feldrealitäten zu erblicken. Andererseits kündigt sich aber auch schon eine höhere Stufe der theoretischen Systematisierung an, von der man erwartet, daß sie die verschiedenen Feldtypen als Lösungsmöglichkeiten einer einzigen Wellengleichung darstellen werde. Es dürfte sich indes kaum auch schon voraussehen lassen, ob diese Vereinheitlichung die bisherigen Hinweise auf eine Substanzvielfalt ganz aufheben wird. Sollte sich etwa ergeben, daß die Nukleonen-, Elektronen-, Photonenfelder usw. nur verschiedene Zustände einer fundamentalen Feldform darstellen, würde der Umstand, daß diese Zustände sich überlagern und miteinander in Wechselwirkung stehen, immer noch nahelegen, ihnen numerisch verschiedene Subjekte entsprechen zu lassen. In der Frage der Unterscheidbarkeit substantieller Einheiten innerhalb der einzelnen Feldtypen lassen die Einwände P. Büchels den Weg einer methodischen Untersuchung auf Grund der Quantentheorie der Systeme und ihrer Statistik erkennen, wobei wohl auch zu berücksichtigen wäre, daß erst die neuesten Theorien dem Relativitätspostulat Rechnung getragen haben. Man wird die Anhaltspunkte im Bau der Schrödingerfunktionen von Systemen gleichartiger Teilchen und in der Rolle, die dabei die physikalische Unterscheidbarkeit oder Nichtunterscheidbarkeit der Teilchen spielt, suchen müssen. Die Quantenstatistik läßt in der Aufstellung dieser Funktionen eine Verschiedenheit hervortreten, die einhergeht mit der merklichen oder vernachlässigbaren Überlappung der Eigenfunktionen der Systemelemente. Im ersten Falle liegen Systeme mit nicht unterscheidbaren Teilchen vor, denen symmetrisierte Eigenfunktionen entsprechen, im zweiten Systeme mit wenigstens angenähert unterscheidbaren und lokalisierbaren Teilchen, denen nicht-symmetrisierte Eigenfunktionen zugeordnet werden können. Der genannte Unterschied, den ein Versuch, substantiell einheitliche und mehrfache Systeme auseinanderzuhalten, zum Ausgangspunkt wird wählen müssen, erweist sich also als unscharf und fließend. Aber es hat doch auch manche Gründe für sich anzunehmen, daß Teilchen in einem solchen Verhältnis zueinander stehen können (Lokalisierung in verschiedenen Behältern, gänzlich fehlende Wechselwirkung), daß ihre Eigenfunktionen sich nicht nur angenähert haben, sondern sich einfachhin nicht mehr überdecken und die aus ihnen gebildeten Systeme exakt durch nicht-symmetrisierte Funktionen dargestellt werden. Wenn man diese Annahme festhalten darf, besteht trotz kontinuierlich verbindender Übergänge ein scharf definierter Unterschied zwischen den Systemen, der für die diskutierte Frage sehr wichtig wäre.

Die Unsicherheiten, die über den aufgeworfenen Problemen noch schweben, sollten nicht übersehen lassen, daß die physikalischen Theorien, wie es ja gerade auch die Beobachtungen P. Büchels zeigen, bedeutsame Angaben enthalten, auf Grund derer es möglich wird, manche der Grundfragen der Naturphilosophie weiterzuverfolgen. Das Licht, das sie auf die Strukturen, Veränderungsdimensionen und Determinationsweisen der mikrophysikalischen Objekte fallen lassen, zeigt der Untersuchung Ziele und Wege, die sowohl über eine Einstellung hinausweisen, die die Frage nach dem Sein des Materiellen nicht mehr erhebt, wie die Anschauung derer berichtigt, nach denen es gänzlich unabhängig von den Erfahrungswissenschaften zu erfassen sei.