

Zur Struktur der Materie

Wolfgang Büchel SJ

Räumlichkeit und Zeitlichkeit, das räumliche Auseinander und das zeitliche Nacheinander, gelten seit jeher gerade auch in philosophischer Hinsicht als Grundbestimmungen des materiellen Seins. Durch die moderne Physik sind wir nun zweimal aufgerufen, den herkömmlichen Begriff der räumlichen und zeitlichen Ausdehnung, so wie er der Alltagserfahrung entnommen ist, einer kritischen Überprüfung zu unterwerfen, einmal durch die Relativitätstheorie und sodann durch die Quantenphysik¹.

RELATIVITÄTSTHEORIE

Bei der Relativitätstheorie ist vor allem die spezielle Relativitätstheorie heranzuziehen, die heute als empirisch gesichert angesehen werden muß. Aus der empirischen Bestätigung der speziellen Relativitätstheorie ergibt sich, daß die herkömmliche Auffassung des räumlichen Nebeneinander und zeitlichen Nacheinander zumindest in folgender Hinsicht modifiziert werden muß.

Schrumpfung und Verlangsamung an bewegten Körpern

Nach der herkömmlichen Auffassung hat die Bewegung eines Körpers rein aus sich heraus, d. h. rein als Bewegung, keinen Einfluß auf die Gestalt des bewegten Körpers und auf die Ablaufgeschwindigkeit der Vorgänge an und in dem bewegten Körper; nur durch den Einfluß irgendwelcher zur Bewegung als solcher hinzutretenden Faktoren kann nach der herkömmlichen Auffassung die Gestalt eines bewegten Körpers verändert und die Ablaufgeschwindigkeit der Vorgänge an und in ihm beschleunigt oder verzögert werden. Auf Grund der speziellen Relativitätstheorie muß man nun zumindest annehmen, daß ein bewegter Körper rein durch die Bewegung als solche eine Verkürzung, d. h. eine Zusammenschrumpfung in der Bewegungsrichtung, erleidet und daß die Ablaufgeschwindigkeit aller Vorgänge an und in dem bewegten Körper durch die Bewegung als solche verlangsamt wird. Diese Schrumpfung und Verlangsamung wird freilich erst merklich,

¹ Für eine ausführlichere Darstellung und Begründung des Folgenden siehe W. Büchel, Philosophische Probleme der Physik (Freiburg 1965) Kap. 3 u. 4.

wenn der Körper sich mit einer Geschwindigkeit bewegt, die wenigstens etwa ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit beträgt.

In philosophisch-erkenntnistheoretischer Hinsicht ist an der Schrumpfung und Verlangsamung bewegter Körper vor allem folgendes bedeutsam: Denken wir uns ein Raumschiff, das mit einer Geschwindigkeit von 100 000 Kilometer/Sekunde durch unser Milchstraßensystem hindurchfliegt. Infolge dieser Bewegung ist das Raumschiff samt seinen Insassen in der Bewegungsrichtung zusammengeschrumpft, und alle Vorgänge am und im Raumschiff, auch die physiologischen Vorgänge, der Herzschlag der Insassen usw., sind verlangsamt. Von dieser Zusammenschrumpfung und Verlangsamung merken jedoch die Insassen des Raumschiffes nichts. Was geschieht nun, wenn die Insassen des Raumschiffes einen Blick auf die umgebende Milchstraße werfen, die sie durchfliegen? Man würde erwarten, daß die Raumschiffpassagiere den Eindruck gewännen, die Prozeßabläufe in der umgebenden Milchstraße seien beschleunigt und die Milchstraße sei in der Richtung, in der sich das Raumschiff bewegt, gleichsam auseinandergezogen. Das wäre, wie man annehmen möchte, die natürliche Folge davon, daß die Raumschiffpassagiere eine Schrumpfung und Verlangsamung erfahren, von der sie nichts merken. Tatsächlich ist aber gerade das Gegenteil der Fall. Die Schrumpfung und Verlangsamung der Raumschiffpassagiere ist gleichsam von der Natur so raffiniert ersonnen, daß die Raumschiffleute darum, weil sie selbst verlangsamt und geschrumpft sind, nicht etwa glauben, daß die Umgebung beschleunigt und gedehnt sei, sondern eben darum, weil die Raumschiffleute verlangsamt und geschrumpft sind, kommen sie zu dem Eindruck, daß die Umgebung und die Prozesse in der Umgebung verlangsamt seien. Man möchte das zunächst für einen inneren Widerspruch halten, aber eine genaue Analyse ergibt eindeutig, daß von einem Widerspruch keine Rede sein kann. Alle mitwirkenden Faktoren spielen so „raffiniert“ zusammen, daß die Raumschiffleute nicht nur von ihrer Schrumpfung und Verlangsamung nichts merken, sondern eben darum, weil sie selbst geschrumpft sind, die nicht geschrumpfte Umgebung für geschrumpft halten und darum, weil die Prozesse an ihrem eigenen Leib verlangsamt sind, die nicht verlangsamten Prozesse in der Umgebung für verlangsamt halten.

Wechselseitigkeit der Phänomene

Die Folge davon ist schließlich, daß die empirischen Gegebenheiten überhaupt keine Entscheidung gestatten, wer nun eigentlich wirklich geschrumpft und verlangsamt ist, das Raumschiff oder die Umgebung: Die Umgebung hält das Raumschiff für geschrumpft, das Raumschiff die Umgebung. Infolgedessen bieten die empirisch-phänomenalen Gegebenheiten auch keinen Ansatzpunkt für die Behauptung, daß es das Raumschiff sei, welches sich bewege, während die Milch-

straße ruhe. Wenn man das Umgekehrte annähme, daß also die ganze Milchstraße sich bewege und das Raumschiff ruhe, dann wäre es zwar die Milchstraße, welche die reale Verlangsamung und Schrumpfung erführe, aber in den phänomenalen Gegebenheiten wäre alles wie bisher: Das Raumschiff würde beobachten, daß die Milchstraße geschrumpft und verlangsamt sei, und die Milchstraße, daß das Raumschiff eine Schrumpfung und Verlangsamung erfahren habe. Es handelt sich dabei auch nicht etwa um eine bloße Unzulänglichkeit unserer menschlichen Sinnesorgane, sondern um einen Sachverhalt, der in den naturgesetzlichen Zusammenhängen selbst so verwurzelt ist, daß jede wie auch immer geartete Messung von Längen und Zeiten zu dieser Paradoxie führen muß.

Um das Bisherige zusammenzufassen: Das mindeste, was man auf Grund der empirischen Bestätigung der speziellen Relativitätstheorie annehmen muß, ist eine Schrumpfung und Verlangsamung bewegter Körper von solcher Art, daß ein bewegter Beobachter eben darum, weil er selbst verlangsamt und geschrumpft ist, nicht etwa sich selbst für verlangsamt und geschrumpft hält, sondern die ruhende Umgebung, die in Wirklichkeit unverändert geblieben ist. Es bestände also eine recht erhebliche Diskrepanz zwischen den phänomenalen Gegebenheiten einerseits und der objektiven Wirklichkeit anderseits: Von zwei relativ zueinander bewegten Beobachtern würde jeder Beobachter zu der Feststellung kommen, daß der andere Beobachter geschrumpft und verlangsamt sei, während in Wirklichkeit entweder nur ein Beobachter geschrumpft und verlangsamt wäre oder beide, aber in verschieden starkem Maß.

Qualitative und quantitative räumliche und zeitliche Beziehungen

Die Annahme einer derartigen grundlegenden Diskrepanz zwischen den phänomenalen Gegebenheiten einerseits und der objektiven Wirklichkeit anderseits entspricht aber gewiß recht wenig der Grundposition eines erkenntnistheoretischen Realismus. Man wird darum nach einer philosophischen Deutung der Relativitätstheorie suchen, die eine derartige Diskrepanz vermeidet und in den Fällen, in denen sich wie im Beispiel unserer beiden Beobachter in den Phänomenen eine völlige Wechselseitigkeit und Symmetrie bietet, auch in der Wirklichkeit selbst eine entsprechende Wechselseitigkeit und Symmetrie annimmt.

Eine solche Deutung erscheint möglich, wenn man im Anschluß an gewisse Ansätze, die sich schon bei Thomas v. Aquin und Bonaventura finden, im Begriff des räumlichen Nebeneinander und des zeitlichen Nacheinander zwei Elemente unterscheidet, die als „qualitativer“ und „quantitativer“ Aspekt bezeichnet seien. Mit dem qualitativen Aspekt des räumlichen Nebeneinander ist dabei die Tatsache gemeint, daß die verschiedenen Teile eines räumlich ausgedehnten Körpers nicht zu-

sammenfallen, sondern auseinanderliegen, aber so, daß sie nicht getrennt sind, sondern stetig ineinander übergehen. Dieses Elementarphänomen von „Identität in Nichtidentität“ sei mit dem qualitativen Aspekt des räumlichen Auseinander gemeint. Mit dem quantitativen Aspekt soll die Tatsache gemeint sein, daß die Endpunkte eines Körpers z. B. 5,2 Meter voneinander entfernt sind. Entsprechend ist mit dem qualitativen Aspekt des zeitlichen Nacheinander die Tatsache gemeint, daß die einzelnen Stadien irgendeines Prozeßablaufes zeitlich auseinanderliegen und doch stetig ineinander übergehen; mit dem quantitativen Aspekt soll die Tatsache gemeint sein, daß zwischen dem Beginn und Ende eines Prozeßablaufes z. B. 4 Minuten und 3 Sekunden verstreichen.

Der in dem beschriebenen Sinn verstandene quantitative und qualitative Aspekt des räumlichen Nebeneinander und zeitlichen Nacheinander bildet nach der herkömmlichen Auffassung ein unteilbares Ganzes. Man kann aber, wie erwähnt, schon bei Thomas v. Aquin und Bonaventura gewisse Ansätze zu einer Trennung dieser beiden Aspekte finden; und mit einer solchen Unterscheidung dürfte wohl eine befriedigende Interpretation der speziellen Relativitätstheorie möglich sein. Man müßte ungefähr sagen: Der qualitative Aspekt des räumlichen Nebeneinander und zeitlichen Nacheinander wird nach wie vor als Eigenschaft der objektiven Wirklichkeit angesehen – mit einer Ausnahme, die gleich zu erwähnen sein wird. Quantitative Größenbeziehungen rein-räumlicher und rein-zeitlicher Art dagegen sind nicht anzunehmen. Vielmehr muß man der Wirklichkeit quantitative größenmäßige Beziehungen zuschreiben, in denen räumliche Ausdehnung und zeitliche Dauer irgendwie unlöslich miteinander verflochten sind.

Eine mathematisch-physikalische Beschreibung dieser sozusagen vierdimensionalen quantitativen Beziehungen bietet der Formalismus der speziellen Relativitätstheorie; aber es handelt sich dabei eben nur um eine mathematische Beschreibung, die die Frage nach der Wesensart der vierdimensionalen quantitativen realen Beziehungen offenläßt. Diese Tatsache, daß die spezifische Wesensart der realen vierdimensionalen quantitativen Beziehungen unbekannt bleibt, mag auf den ersten Blick enttäuschend erscheinen, aber sie ist vielleicht einfach eine konsequente Folge davon, daß die unbelebte Materie dasjenige Objekt des menschlichen Geistes ist, welches ihm seiner Wesensart nach am fernsten steht und welches darum nicht in seinem eigentlich spezifischen Wesen erkannt, sondern nur in seinen mathematischen Strukturen erfaßt werden kann.

Wenn eben gesagt wurde, daß der qualitative Aspekt des räumlichen Nebeneinander und zeitlichen Nacheinander nach wie vor als Eigenschaft der objektiven Wirklichkeit angesehen werden soll, so ist dazu folgende Einschränkung zu machen: Nach der herkömmlichen Auffassung gilt für irgend zwei Ereignisse in der Welt, daß sie entweder in der Beziehung der Gleichzeitigkeit stehen oder, falls dies nicht der Fall ist, daß das Ereignis A vor dem Ereignis B geschieht oder das Ereignis B vor dem Ereignis A. Es wird also nach der herkömmlichen Auffassung

angenommen, daß immer und notwendig gelte: Endweder geschieht das Ereignis A vor Ereignis B oder gleichzeitig mit B oder nach B; eine von diesen drei Beziehungen muß immer bestehen. Auf Grund der Relativitätstheorie müssen wir jedoch annehmen, daß zwischen irgend zwei Ereignissen nur dann eine Beziehung des realen qualitativen Nacheinander besteht, wenn zwischen ihnen eine kausale Einwirkung möglich ist, d. h., wenn eines der Ereignisse auf das andere kausal einwirken kann. Liegen die Ereignisse so weit auseinander, daß keine reale kausale Einwirkung eines Ereignisses auf das andere möglich ist, dann besteht zwischen ihnen keine reale zeitliche Beziehung, auch keine Beziehung nur qualitativer Art.

QUANTENPHYSIK

Soweit die Einschränkungen, die die herkömmliche Auffassung des räumlichen Nebeneinander und zeitlichen Nacheinander durch die heute empirisch verifizierte spezielle Relativitätstheorie erfährt. Eine zweite Einschränkung bzw. Korrektur ergibt sich von der Quantenphysik her.

Doppelnatur der Elementarteilchen

Es handelt sich um die sogenannte Doppelnatur der Elementarteilchen, d. h. um die Tatsache, daß ein Elementarteilchen, aber auch ein Atom und sogar ein Molekül, bald als räumlich eng lokalisiertes, angenähert punktförmiges Gebilde beschrieben werden muß, bald dagegen als räumlich breit ausgedehntes Wellenfeld.

Als physikalischer Laie möchte man vielleicht zunächst annehmen, daß etwa ein Elektron tatsächlich bald ein räumlich breit ausgedehntes Gebilde darstelle und bald eng lokalisiert sei. Man könnte etwa annehmen, daß das Elektron unter gewissen experimentellen Bedingungen in objektiver Wirklichkeit eine relativ breit ausgedehnte Ladungswolke darstelle und sich dann auf Grund irgendwelcher Faktoren unter gewissen anderen experimentellen Bedingungen auf einen eng umschränkten Raumbereich zusammenziehe. Man kann jedoch physikalisch zeigen, daß eine derartige Auffassung nicht möglich ist. Es ist nicht möglich, ein reales Sichzusammenziehen und Wiederausdehnen der Elementarteilchen anzunehmen, das dem Übergang von dem Wellenbild zum Teilchenbild bzw. umgekehrt in der physikalischen Beschreibungsweise entspräche.

Es wurde darum von verschiedenen Physikern (de Broglie, Bohm u. a.) eine andere Auffassung vorgeschlagen. Man nimmt an, daß etwa ein Elektron stets beide Aspekte, den der breiten Ausdehnung und den der eng umschriebenen Lokalisierung, gleichzeitig aufweise etwa in der Art, daß das Elektron in objektiver Wirklichkeit eine breit ausgedehnte Ladungswolke darstelle, die irgendwo in sich einen kleinen Bereich besonders hoher Ladungskonzentration enthalte. Die breit

ausgedehnte Wolke entspräche dem Aspekt des Breitausgedehntseins, der kleine Bereich extrem hoher Ladungskonzentration dem Aspekt der eng lokalisierten Beschreibung.

Ein derartiger Ansatz erscheint zunächst recht plausibel, aber alle Versuche, ihn konkret durchzuführen und allen einschlägigen physikalischen Gegebenheiten anzupassen, waren bisher zum Scheitern verurteilt. Es ist sehr viel Scharfsinn und Mühe auf die Entwicklung solcher Modelle verwendet worden, aber es herrscht auch unter den Physikern, die die Entwicklung eines brauchbaren und plausiblen derartigen Modells aufs wärmste begrüßen würden, Einmütigkeit darüber, daß bis jetzt nichts einigermaßen Annehmbares gefunden werden konnte.

Kopenhagener Interpretation

Die Mehrzahl der Physiker hat sich darum heute einer anderen Interpretation der Quantenphysik angeschlossen, die nach Niels Bohr als Kopenhagener Interpretation bezeichnet wird und die man mit den Worten von Heisenberg etwa wie folgt umschreiben kann: Unsere makrophysikalische Alltagswelt ist die Welt der faktischen, tatsächlichen Wirklichkeit. Die Mikrowelt dagegen, also ein Elementarteilchen, Atom oder Molekül, ist, sofern sie nicht irgendwie in unsere Makrowelt hineinwirkt, nur ein Bereich der Potentialität, der Möglichkeit. Die Frage, ob etwa ein Elektron in Wirklichkeit hier oder dort sei, ob es in Wirklichkeit diese oder jene Energie habe, ob es in Wirklichkeit eine breit ausgedehnte Welle oder ein eng lokalisiertes Teilchen sei, ist nach Heisenberg darum unzulässig, weil es im mikrophysikalischen Bereich eben keine Wirklichkeit, sondern nur Möglichkeit gibt; und der Möglichkeit nach ist das Elektron sowohl hier als auch dort, es hat sowohl diese Energie als auch eine andere, es ist der Möglichkeit nach sowohl ein eng lokalisiertes Teilchen als auch eine breit ausgedehnte Welle. Erst wenn ein mikrophysikalisches Objekt mit der makrophysikalischen Welt des Faktisch-Wirklichen in Wechselwirkung tritt und in dieser Makrowelt irgendeinen Effekt auslöst, geht infolge eben dieser Verbindung mit der Makrowelt die Potentialität des mikrophysikalischen Objekts in die faktische Wirklichkeit und Tatsächlichkeit der Makrowelt über.

A k t - P o t e n z - L e h r e

Eine derartige Auffassung scheint auf den ersten Blick viel Verwandtschaft mit der traditionellen aristotelischen Akt-Potenz-Lehre zu besitzen. Daß in Wirklichkeit jedoch ein tiefgreifender Unterschied besteht, kann man an Folgendem erkennen: Nach der aristotelischen Akt-Potenz-Lehre besteht zwischen Potenz und Akt ein Wesensunterschied dergestalt, daß es kein Mittelding zwischen beiden gibt, keinen Übergangsbereich, in dem die Potentialität stetig und fließend in die

Aktualität überginge. Genauer gesagt: Es gibt nach der aristotelischen Auffassung keinen stationären Zustand, der in der Mitte zwischen Potenz und Akt läge. Nach der Kopenhagener Interpretation dagegen gibt es sehr wohl solche stationären Zwischengebiete. Es sind jene Bereiche der Wirklichkeit, die zwischen Mikrowelt und Makrowelt liegen, d. h. es sind Kollektivverbände von so viel Elementarteilchen, daß die typisch mikrophysikalischen Effekte einerseits nicht mehr deutlich zu erkennen sind, sich aber anderseits noch so stark bemerkbar machen, daß man nicht einfach hin von einem Makroobjekt sprechen kann. Anders ausgedrückt: Bei diesen Kollektiven von Elementarteilchen sind die Auswirkungen der Wellen-Teilchen-Doppelnatur nur mehr rudimentär erkennbar, es sind also von der Potentialität der Mikrowelt nur mehr Spuren erhalten; aber eben diese Spuren gestatten es auch noch nicht, von einem schlechten „faktischen“ Makroobjekt zu sprechen.

Wirklichkeitsvorstellung

Noch ein zweites ist bei der Kopenhagener Interpretation zu bedenken. Wenn Heisenberg erklärt, daß nur die Makrowelt der Bereich des Faktisch-Wirklichen sei, so will er damit, wie aus anderen Äußerungen klar hervorgeht, nicht nur irgendwelche speziellen Auffassungen der vorquantenphysikalischen Naturwissenschaft korrigieren, sondern er will die Wirklichkeitsvorstellung, die der gesamten vorquantenphysikalischen Naturwissenschaft zugrundelag, einer Kritik unterwerfen. Diese Wirklichkeitsvorstellung soll nur auf die Makrowelt, nicht aber auf die Mikrowelt anwendbar sein. Was Heisenberg hier als Wirklichkeitsvorstellung oder Wirklichkeitsbegriff bezeichnet, dürfte im Grunde nichts anderes sein als das, was die Philosophie mit dem Seinsbegriff meint. Die Kopenhagener Interpretation kommt also letzten Endes zu der Auffassung, daß der Begriff des Seins keine transzendentale, alle Wirklichkeit schlechthin umspannende Bestimmung beinhaltet, sondern nur für einen sehr beschränkten Bereich der Wirklichkeit, der allerdings für uns Menschen der Bereich unserer eigentlichen Umwelt ist, gelte. Da nun der Seinsbegriff sicher einer der Zentralbegriffe alles Philosophierens ist, wird man fragen, ob man den quantenphysikalischen Gegebenheiten nicht auch Rechnung tragen kann mit einer Deutung, die ohne einen derart radikalen philosophischen Umbruch auskommt.

„Res extensa“

Um eine solche Deutung zu gewinnen, kann man vielleicht ausgehen von der Frage, welches denn der Seinsbegriff war, der der bisherigen Naturwissenschaft zugrundelag. Es war der Seinsbegriff des Descartes, der die Materie definiert hatte als die res extensa im Unterschied zu dem Geist als der res cogitans. Diesen Des-

cartes'schen Seinsbegriff also, die res extensa, möchte Heisenberg als für die Mikrowelt unzutreffend bezeichnen. Man kann nun fragen: Ist es wirklich notwendig, auf die beiden Elemente zu verzichten, die in dem Begriff der res extensa enthalten sind, auf das Element der extensio, der Ausdehnung, und auf das Element der res, des Seins, oder genügt vielleicht der Verzicht auf die extensio? Anders ausgedrückt: Kann man den Tatsachen der Quantenphysik nicht vielleicht dadurch Rechnung tragen, daß man auf die objektive Geltung der räumlichen Ausdehnung im mikrophysikalischen Bereich verzichtet, oder ist es wirklich nötig, darüber hinaus auch noch den Seinsbegriff selbst im mikrophysikalischen Bereich als unzutreffend anzusehen?

Es scheint wohl, daß der Verzicht auf das „extensa“ genügt; doch kann dies hier nicht näher erläutert werden². Nur soviel sei angemerkt: Wenn wir, um die Geltung des Seinsbegriffes auch im mikrophysikalischen Bereich zu wahren, auf die räumliche Ausdehnung und zeitliche Dauer im Mikrobereich verzichten, so bedeutet dies, daß wir auch das qualitative räumliche Nebeneinander und das qualitative zeitliche Nacheinander nicht mehr als objektive Eigenschaft der mikrophysikalischen Wirklichkeit ansehen können. Man wird sofort die Frage erheben: Wenn es im mikrophysikalischen Bereich nicht einmal mehr ein qualitatives Nebeneinander und Nacheinander gibt, wie kann dann ein Makrokörper ein qualitatives Nebeneinander und ein Makroprozeß ein qualitatives Nacheinander aufweisen, da doch ein Makrokörper nichts anderes ist als eine Summe von lauter Mikroobjekten und ein Makroprozeß nichts anderes als eine Verflechtung vieler mikrophysikalischer Einzelprozesse?

Doppelnatur bei Makrokörpern

Die Antwort lautet: Es ist selbstverständlich richtig: Wenn ein Elementarteilchen nicht im eigentlichen Sinn räumlich ausgedehnt ist, nicht einmal in qualitativer Hinsicht, dann kann auch ein Makrokörper nicht im eigentlichen und strengen Sinn ein qualitatives Nebeneinander aufweisen. Physikalisch bedeutet dies: Wenn jedes Elementarteilchen eine Wellen-Teilchen-Doppelnatur aufweist und wenn ein Makrokörper nichts anderes ist als eine Summe vieler Elementarteilchen, dann muß grundsätzlich auch ein Makrokörper eine Wellen-Teilchen-Doppelnatur aufweisen. Tatsächlich ist dies auch so. Grundsätzlich hat auch ein Makrokörper nach der Quantenphysik eine Doppelnatur. Aber von dieser grundsätzlich vorhandenen Doppelnatur des Makrokörpers kann man anderseits zeigen, daß sie zu keinerlei physikalisch beobachtbaren Effekten führt. Genauer gesagt: Um die auch bei einem Makrokörper grundsätzlich vorhandene Doppelnatur irgendwie empirisch zu

² Vgl. Büchel a.a.O. S. 374 ff.

fassen, müßte man den Makrokörper so eingehend untersuchen, daß man für jedes einzelne seiner Elementarteilchen genau seinen physikalischen Zustand angeben könnte. Das ist aber nicht durchführbar, weil es praktisch eben nicht möglich ist, einen Makrokörper so genau zu untersuchen; und würde man ihn so genau untersuchen können, dann hätte man keinen Makrokörper, keinen Tisch mehr vor sich, sondern hätte den Tisch durch eben diese Untersuchung in lauter Einzelteilchen aufgelöst. Ergebnis: Grundsätzlich hat auch der Makrokörper eine Doppelnatur, aber von dieser Doppelnatur ist bei einem „richtigen“ Makrokörper, d. h. bei einem Makrokörper, der nicht etwa in dem Zwischengebiet zwischen Mikro- und Makrowelt liegt, praktisch nichts mehr zu erkennen. Und weil von der Doppelnatur bei einem Makrokörper praktisch nichts zu erkennen ist, darum kann der Physiker bei allen seinen Rechnungen so vorgehen, als ob die Doppelnatur gar nicht vorhanden wäre, als ob der Makrokörper schlechthin „faktisch“, d. h. eindeutig bestimmt sei.

In gleicher Weise muß man sich das Verhältnis zwischen der Unräumlichkeit und Unzeitlichkeit der Mikrowelt und der Räumlichkeit und Zeitlichkeit der Makrowelt denken. Wenn die Mikrowelt unräumlich und unzeitlich ist, so ist grundsätzlich auch die Makrowelt nicht im eigentlichen, strengen Sinn räumlich und zeitlich, auch nicht in qualitativer Hinsicht. Aber der Unterschied zwischen unserer tatsächlichen Makrowelt, die grundsätzlich nicht-räumlich und nicht-zeitlich ist, und einer Makrowelt, die Gott vielleicht so geschaffen hätte, daß sie im strengen und eigentlichen Sinn räumlich und zeitlich wäre, dieser Unterschied zwischen unserer tatsächlichen Makrowelt und einer fiktiven, im eigentlichen Sinn räumlich-zeitlichen Makrowelt ist so beschaffen, liegt in solchen Ebenen, daß er bei der Sinneserkenntnis eines Makrokörpers nicht mehr erfassbar ist, ganz ebenso wie die grundsätzlich vorhandene Doppelnatur eines Makrokörpers experimentell unbeobachtbar ist.

„Intelligibile in sensibili“

Zusammenfassend muß man wohl sagen, daß die modernen physikalischen Erkenntnisse es deutlich werden lassen, wie unzugänglich uns eigentlich das „Wesen“ der Materie ist. Gerade die scheinbar selbstverständlichsten Wesenskennzeichen der Materie, ihre Ausdehnung in Raum und Zeit, werden durch die physikalischen Tatsachen grundlegend in Frage gestellt: Die Relativitätstheorie führt zum Verzicht auf den quantitativen Aspekt des Nebeneinander und Nacheinander, und der verbleibende qualitative Aspekt erweist sich von der Quantenphysik her als eine makrophysikalische Annäherung, die zwar für den praktischen, alltäglichen Umgang mit der Materie völlig ausreicht, aber gerade dadurch einen grundsätzlichen Unterschied verhüllt. Trotz dieser negativen Momente bedeutet natürlich die mo-

derne Physik einen ungeheueren Gewinn an echter, eigentlicher Erkenntnis, da sie uns, wenn auch in formelhafter, modellmäßiger, symbolischer Weise, eine solche Fülle von Strukturzusammenhängen enthüllt, wie sie auch ein Fachphysiker um die Jahrhundertwende nicht erwartet hätte. Diese mathematisch-physikalischen Formeln stellen, das lässt sich kaum bestreiten, das tatsächliche „intelligibile in sensibili“, d. h. das rational erfaßbare und aufhellbare Element in der Flut der Sinneseindrücke dar; in diesen Formeln und nicht in dem immer fremder werden den Wesen der Materie sollte man darum den eigentlichen, unmittelbaren Gegenstand der menschlichen, sinnengebundenen Erkenntnis der Materie erblicken.

Das Grab des Apostels Jakobus in Santiago de Compostela

Engelbert Kirschbaum SJ

An heilige Orte zu pilgern, scheint zu den Urformen religiöser Betätigung zu gehören. Man braucht für die Antike nur an Delphi, Ephesus, Epidauros oder Pergamon zu erinnern, für die Juden an Jerusalem und für die mohammedanische Welt an Mekka, um wenigstens eine gewisse Vorstellung von der Verbreitung dieses Phänomens in den nichtchristlichen Religionen zu haben.

Auch das frühe Christentum hatte seine Wallfahrtsorte, die Erinnerungsstätten unseres Herrn in Palästina und danach die Gräber der Märtyrer und Heiligen¹. Manche dieser Heiligtümer erfreuten sich einer außerordentlichen Beliebtheit und wurden zu weltbekannten Wallfahrtsorten, die mit Jerusalem und Rom wetteten: so zum Beispiel das Menas-Heiligtum in Ägypten und das große Kultzentrum des hl. Säulenstehers Simeon in Syrien.

Im Mittelalter trat ein neues Wallfahrtszentrum neben Rom und Jerusalem, Santiago de Compostela im äußersten Nordwesten Spaniens. Es gab Zeiten, in denen die Anziehungskraft und der Ruhm dieses Heiligtums selbst das ewige Rom in den Schatten zu stellen schien. Wie Rom hat auch Santiago sein „Heiliges Jahr“. Das römische „Anno santo“ ruft die Pilger der Welt an das Grab des Apostel-

¹ Siehe dazu B. Köttig, *Peregrinatio religiosa* (Münster 1950).