## Das neue physikalische Weltbild und Einstein

## Von A. CH. DE GUTTENBERG

Das viel verwendete Schlagwort "Wir leben im Zeitalter der Technik" scheint den wahren Sachverhalt nur an der Oberfläche zu erfassen. Es wäre vielleicht richtiger zu sagen: "Wir leben in einem naturwissenschaftlichen Zeitalter", denn die Technik ist eigentlich nichts anderes als die praktischnützliche Verwertung der zahllosen neuen Erkenntnisse, die im zwanzigsten Jahrhundert auf dem naturwissenschaftlichen Gebiete erarbeitet wurden. Ethnologisch und geographisch gesehen läßt sich diese naturwissenschaftliche Leistung als jene der abendländischen Nationen abgrenzen, da die kaum wesentlichen Beiträge anderer Rassen durchaus auf okzidentale Anregungen zurückzuführen sind. Auffallend ist, daß die Naturwissenschaften und die durch sie gespeiste Technik, welche sich in einer Art Kettenreaktion gegenseitig vorwärtsstoßen, in ihrem Tempo und Umfang der Entwicklung die anderen wissenschaftlichen Gebiete, insbesonders die geisteswissenschaftlichen, weit überflügelt haben. Worin liegt nun die Ursache? Es scheint, daß wir hier einem ökonomischen Phänomen gegenüberstehen. Wir dürfen nämlich nicht übersehen, daß der philosophische Materialismus des neunzehnten Jahrhunderts auch außerhalb der Akademien und Hörsäle der Universitäten auf breite Bevölkerungsschichten übergegriffen und in ihnen in steigendem Maße an Stelle des Denkens in ethischen Werten das Denken in Geld erzeugt hat. Die intellektuellen Kräfte wurden also eher, sagen wir, auf eine praktisch auswertbare elektronische Entdeckung als auf die bloß kulturelle Auswertungsmöglichkeit der Entzifferung einer unbekannten Keilschrift abgedrängt. Durch diesen einseitigen Einsatz eines Großteiles der geistigen Energie erklären sich die großartigen Fortschritte der Naturwissenschaften und der Technik, wobei ganz natürlich die Fortschrittsgläubigkeit die Tatsache verdunkelte, daß Wissen und Komfort allein weder Kultur erzeugen noch zur Weisheit führen können. Das Zurückbleiben und die Verkümmerung dieser beiden eminenten Faktoren hat die abendländische Völkerfamilie teuer genug bezahlen müssen, wie wir dies in den sinnlosen brudermörderischen Weltkriegen, in den Zersetzungserscheinungen innerhalb der einzelnen Nationen und in der zunehmenden Verdrängung des abendländischen Einflusses aus weiten Teilen unseres Planeten ersehen können.

Wenn wir die stürmische Entwicklung der Naturwissenschaften betrachten, so gebührt unter ihnen unbestritten der Siegeskranz der modernen Physik. Dieser Wissenschaft ist es nicht nur gelungen, theoretisch neue Horizonte in der Erkenntnis der Grundbausteine der materiellen Welt zu erschließen, sondern darüber hinaus noch ein die Menschheit beängstigendes Problem, nämlich die zunehmende Knappheit an Energiequellen, für eine lange Zukunft zu bannen. Leider hat diese glänzende Medaille auch eine weniger erfreuliche Kehrseite, die in der möglichen kriegerischen Verwendung der

Atomenergie mit ihren bedrohlichen Auswirkungen auf die Menschheit besteht. Die rein geistige und am Menschen als Menschen kaum interessierte Naturwissenschaft sowie die auf eine bloß materielle Utilität ausgerichtete Technik, neben der allgemeinen kulturellen Verkümmerung, hatten auch die negative Folge einer ausgedehnten Relativierung der Moralbegriffe, wie sie insbesonders in der Philosophie von Nietzsche zum Ausdruck kommt, so wie sie der Entstehung einer chiliastischen Weltstimmung Vorschub leisteten. Der "Untergang des Abendlandes" wurde zum Modegespräch. Dazu lieferten die Physiker ebenfalls einen Beitrag, indem sie von einem "Umsturz des physikalischen Weltbildes" redeten, wobei in der Rolle eines "Ersten Bewegers" dieser Revolution fast immer der Name des Physikers Albert Einstein genannt wurde. Gründlich falsch verstanden, wurden die von diesem Gelehrten aufgestellten Relativitätstheorien vom breiten Publikum ebenfalls mit der Idee der Relativierung der Moral assoziiert. Dazu kam noch, daß eine Propaganda, die mit Wissenschaft nichts zu tun hat, Einstein mit einer magischen Aureole umgab, indem nämlich die Meinung verbreitet wurde, daß nur ganz wenige erlauchte Geister fähig seien, das Wesentliche seiner Relativitätstheorien zu verstehen. Dies alles zusammengefaßt ist das Vorzeichen, unter dem in unserer Zeit das Theoriengebäude der modernen Physik dem Nichtfachmann gewöhnlich präsentiert wird.

Wenn nun die physikalische Wissenschaft tatsächlich im Begriffe ist, so tief und nachhaltig in den Ablauf des menschlichen Lebens einzugreifen, so mag es wohl richtig sein, sie nicht als ausschließliche Domäne ihrer Spezialisten gelten zu lassen. Neben dem Allgemeininteresse für jeden gebildeten Menschen ist wohl im besonderen der Historiker und auch der Philosoph verpflichtet, die Ergebnisse dieser neuen Physik zu kennen, um die daraus abzuleitenden allgemeinen humanistischen Erkenntnisse in das umfassendere geistige Haus der Gesamtkultur sinnvoll einordnen zu können. Daneben wird es auch für den Physiker nicht ohne Nutzen sein, wenn er dadurch das Bild seiner Fachwissenschaft, nicht nur wie er sie selber sieht, sondern auch in dem größeren Rahmen und in der Spiegelung durch die Geisteswissenschaften betrachten kann. Für beide, für den Fachmann wie für den Laien, dürfte es auch eine berechtigte ethische Forderung sein, diese neue Physik von aller Mythologie entkleidet in das Wissen der Gegenwart organisch eingegliedert vorzufinden. Folgt man nun diesem Leitgedanken, so wird dabei von selber klargestellt werden müssen, ob und in welchem Sinne man heute berechtigt ist, von einem "Umsturz des physikalischen Weltbildes" zu reden und welchen Beitrag hiezu Einstein geleistet hat.

Einleitend sei zunächst der Gelehrte Einstein, der Zeit seines Lebens ein bescheidener und zurückhaltender Mensch blieb, von der ihm angedichteten, an sich sinnlosen, Rolle eines physikalischen Thaumaturgen befreit. Gegen diese Rolle hat er sich übrigens auch persönlich zur Wehr gesetzt und sie ironisch als "seinen mythischen Bruder" abgetan. Man erweist nicht nur der Physik, sondern auch dem Andenken Einsteins einen Dienst, wenn man der Sage widerspricht, daß die von ihm erarbeiteten Theorien, vor allem die

Relativitätstheorien, dem gewöhnlichen Sterblichen unzugänglich seien. Das geschieht schon durch die einfache Überlegung, daß die vielen Tausende von Physikern, die in ihrer Facharbeit mit diesen Theorien vertraut sein müssen, keineswegs nur erlauchte Geister vom Olymp der Wissenschaft sind. Ja noch mehr! Ein Student der Physik hätte in unseren Tagen nur wenig Chancen, seine Prüfungen erfolgreich ohne die Kenntnis insbesonders der Speziellen Relativitätstheorie zu bestehen. Einstein selber hat dies sehr klar zum Ausdruck gebracht als er sagte: "Im Lichte bereits erlangter Erkenntnis erscheint das glücklich Erreichte fast wie selbstverständlich und jeder intelligente Student erfaßt es ohne zu große Bemühung". Dabei ist natürlich vorausgesetzt, daß der bezeichnete intelligente Student vorher gelernt haben muß, mit höheren differentiellen Gleichungen umzugehen, wodurch er mit der gleichen Leichtigkeit befähigt wird, das Substrat aller physikalischen Theorien, seien sie von Einstein oder etwa auch von Maxwell oder Planck, zu erfassen. Entstehen nun trotzdem Schwierigkeiten, die Theorien eines hervorragenden Physikers zu begreifen, dann kommt das eher daher, daß das Studium zu sehr auf diese Theorien beschränkt und zu wenig auf die Persönlichkeit ihres Schöpfers ausgedehnt wurde. Wir kommen Einsteins wissenschaftlicher Leistung ebenfalls bedeutend näher, wenn wir uns vor Augen halten, daß sein persönliches physikalisches Weltbild vom Anfang an unter dem Einfluß der Theorien von Ernst Mach (1838-1916) gebildet wurde, der selbst zu den extremsten Vertretern einer starren mechanistischen Kausalität im Natur- und Weltgeschehen zählt. Damit ist erklärt, warum Einstein zutiefst überzeugt ist, "zum Vertrauen berechtigt zu sein, daß die Natur die Realisierung des mathematisch denkbar Einfachsten ist"<sup>2</sup>. Dieser Sachverhalt bleibt im Grunde bestehen, obwohl Einstein mit spürbarer Resignation hinzufügte: "Die brauchbaren mathematischen Begriffe sind durch die Erfahrung wohl nahegelegt, aber können keineswegs aus ihr abgeleitet werden." Ganz wie sein Meister Mach läßt sich Einstein durch solche Einschränkungen nicht entmutigen und glaubt, das Bindeglied zwischen der physikalischen Erfahrung und den nur logisch abgeleiteten mathematischen Begriffen in der Geometrie Euklids entdeckt zu haben. Er meint, "ein fertiges System der theoretischen Physik bestehe aus Begriffen, Grundgesetzen, die für jene Begriffe gelten sollen, und aus durch logische Deduktionen abzuleitenden Folgesätzen. Dies ist eigentlich genau wie in der euklidischen Geometrie. Wenn man aber die euklidische Geometrie als die Lehre von den Möglichkeiten der gegenseitigen Lagerung praktisch starrer Körper auffaßt, sie also als physikalische Wissenschaft interpretiert und nicht von ihrem ursprünglichen empirischen Gehalt absieht, so ist die logische Gleichartigkeit der Geometrie und der theoretischen Physik eine vollständige"3. Unschwer ersehen wir daraus, daß Einstein hier aus der newtonischen Vorstellung einer theoretischen Physik als

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> A. Einstein, The Meaning of Relativity, Generalization of Gravitation Theory. Princiton, University Press, 1953.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> A. Einstein, Zur Methodik der theoretischen Physik, Vortrag in der Royal Society, London 1929. <sup>3</sup> A. Einstein, Ibidem.

angewandte Mathematik postuliert, während - wie wir unserer Untersuchung vorauseilend feststellen wollen - die Anhänger einer nur bedingt kausalen Physik die Mathematik lediglich als eine Sprache gelten lassen, in der man physikalische Tatsachen noch immer am bequemsten ausdrücken kann. Das "Mathemas" des Euklid als Lehrstück einer beweisenden Wissenschaft ist logische Geistigkeit. Das wird uns sofort bewußt, wenn wir damit etwa die Geometrie der Babylonier und Ägypter vergleichen, die ein Konglomerat von geometrischen und arithmetischen Praktiken ohne Lehrsätze oder Beweise, also eine empirische Anwendung des empirischen Gehaltes, darstellt. Erst seit Euklid ist die Geometrie im engeren und die Mathematik im weiteren Sinne Logik. Das bedeutet, daß sie von der reinen Empirie abgelöst und zu einer Funktion des Menschengeistes und weiters in der Wahrheit ihrer Aussagen auf diesen beschränkt wurde. Damit also aus der Geometrie der Babylonier jene des Euklid wurde, war es gerade notwendig, von ihrem ursprünglichen empirischen Gehalt abzusehen. Sobald aber dieser Baustein aus der These Einsteins herausgenommen wird, verliert sie ihren Zusammenhang mit der Physik. Sie verwandelt sich nämlich in eine Idee ähnlich jener Platos, von denen schon Aristoteles sagte, daß sie des realen Inhaltes entbehren.

Man kann an das gleiche Problem auch von einer anderen physikalischen Seite herangehen. Wird nämlich allgemein, nach Einsteins Vorschlag, die euklidische Geometrie als die Lehre von den Möglichkeiten der gegenseitigen Lagerung praktisch starrer Körper aufgefaßt, so muß sich dieses Prinzip auch auf den Atombau anwenden lassen, wobei wir daran festhalten, daß vom ursprünglichen empirischen Gehalt nicht abgesehen werden soll. Wir folgen dabei der Annahme, daß um den Atomkern die Elektronen kreisen so wie die Planeten um ihre Sonne. Ein Elektron ist seinem empirischen Gehalt nach ein Korpuskel, also ein praktisch starrer Körper, und deswegen ist es auch möglich, seine Lage im Raum zu bestimmen. Diese würde also den Einsteinschen Überlegungen entsprechen. Nun ist die Geometrie Euklids die Lehre nicht nur von der gegenseitigen Lagerung solcher Körper, sondern auch von den Möglichkeiten einer gegenseitigen Lagerung, mit anderen Worten auch von der Bewegungsmöglichkeit der Körper im Raum. Sobald wir von Bewegung reden, assoziiert sich dazu notwendigerweise der Begriff der Geschwindigkeit. Wir haben nun zu untersuchen, wie sich ein bewegtes Elektron zu der euklidischen geometrischen Deduktion verhält bzw. welche Möglichkeiten der gegenseitigen Lagerung - etwa zwischen dem Elektron und seinem Atomkern - sich für den ursprünglichen empirischen, d. h. physikalischen Gehalt des Elektrons dabei ergeben. Vernehmen wir dazu die Ansicht der zweifellos größten Autorität auf diesem Gebiete, Max Planck: "Ein Elektron aber, nach dessen Geschwindigkeit gefragt wird, ist nicht mehr ein Korpuskel, sondern eine elektronmagnetische Welle, die sich nach allen Seiten ausbreitet." Wir sind also in einem Dilemma. Entweder nehmen wir eine Lagerung von Punkten ohne empirischen Gehalt an, bei denen sich die Frage ob Korpuskel oder Welle nicht stellt, dann bleiben wir zwar bei Euklid, verlassen aber Einstein, der vom empirischen Gehalt nicht absehen will. Akzep-

tieren wir hingegen den empirischen Gehalt des Elektrons, indem wir bei seiner statischen Wesenheit als praktisch starrer Körper verharren, so sind wir gezwungen, das Ideengebäude Euklids zu verlassen, um bei Einstein verbleiben zu können. Das Dilemma kommt offenbar daher, daß Einstein von einer objektiven Relativität ausgeht, während Planck, wie wir gesehen haben, den Nachweis erbringt, daß wir gezwungen sind, eine subjektive Relativität gegenüber den Erscheinungen der Physis anzunehmen. Dazu erklärt uns der letztgenannte Gelehrte: "Es zeigt sich, daß in den entscheidenden Problemen die moderne Physik meint, daß das Objekt nicht mehr unabhängig ist vom beobachtenden Subjekt. Es kommt auf die Fragestellung und die Willenshaltung des experimentierenden Beobachters an, also auf das Subjekt; denn es resultieren zwei verschiedene Systeme, in dem einmal ein so fragendes Subjekt ein so beschaffenes Objekt findet, im andern Fall das Subjekt, wenn es anders fragt, einen abweichenden Vorgang erfährt, der sogar dem zuerst ermittelten Vorgang widerspricht. Dann sind also die objektiven Vorgänge so beschaffen, daß das Subjekt mit seiner denkenden und experimentierenden Fragestellung im Resultat mit enthalten ist." Mit anderen Worten gesagt, ist also auch beim Denken in naturwissenschaftlichen Begriffen immer die menschliche Logik mit enthalten, wodurch es als erwiesen gelten kann, daß wir die Außenwelt - die ja das Objekt der theoretischen Physik darstellt niemals vollständig objektivieren können. Weder die Euklidische - noch die Riemannsche Geometrie werden jemals die Möglichkeiten der Lagerung von wirklichen, nicht bloß geometrischen, Körpern physikalisch interpretieren können, weil wir erstens diese physikalischen Körper nicht zu objektivieren vermögen und zweitens, weil auch keine Brücke besteht, auf der wir den Begriff des geometrisch-mathematisch logischen Raumes in jenen des physikalischen Raumes überzuleiten imstande sind. Alle unsere Geometrien sind kaum mehr als ein geistiges Fischernetz, das uns in allen seinen Teilen genau bekannt ist und das wir über die Erscheinungen der Physis werfen, wobei wir bisher der Meinung waren, diese Physis dadurch zu fassen und ausdeuten zu können. In Wahrheit ermittelten wir aber nur die Beziehungen, die zwischen diesen Erscheinungen der Physis und den uns gut bekannten logischen Koordinaten unseres Netzes bestehen. Bevor die Physiker resigniert zu dieser Entdeckung kamen, wußten schon die Mathematiker, daß "die mathematischen Definitionen lediglich nominal sind und daher das Konzept, das sie zu konstruieren scheinen, voraussetzen"4. Es gibt demnach keine echte Verbindung zwischen den Sätzen der euklidischen Geometrie und dem "einfachsten Realen in der Natur", was Einstein selber vor der Verallgemeinerung seiner Relativitätstheorie anerkannt hatte und in die Worte kleidete: "Soweit die Sätze der Mathematik sich auf die Wirklichkeit beziehen, sind sie ungewiß, und soweit sie gewiß sind, können sie auf die Wirklichkeit nicht angewendet werden"5. Ein englischer Mathematiker-Philosoph drückte dies etwas dra-

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> L. Couturat, De l'infini mathematique, Paris 1896, 342.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> A. Einstein, Geometrie und Erfahrung, Vortrag am 27. 1. 1929 in der Preuß. Akademie der Wissenschaften, Berlin.

stischer aus indem er sagte: "Unsere Gewißheit betreffend die mathematischen Grundpropositionen ist keineswegs identisch mit unserer Gewißheit, daß morgen die Sonne aufgehen wird"6. Es muß auch zum Nachdenken anregen, daß die verschiedenen Vorgänge in einem Atomreaktor zwar ohne große Schwierigkeit, aber nur annäherungsweise mathematisch erfaßbar sind, hingegen eine exakte Berechnung, die diesen Ausdruck verdient, bisher nicht möglich erschien. Immerhin verpflichtet der heroische Versuch Einsteins zu hoher Anerkennung, die menschliche Logik und die - nach Planck niemals zu objektivierende - Physis, den mathematischen Raum und den physikalischen, an Koordinaten der gleichen Ebene zu binden. Als nun Einstein zwangsläufig erkannte, daß dieser Versuch zumindest an der euklidischen Raumvorstellung scheitern mußte, was für seine allgemeine Relativitätstheorie - wie wir vorausgreifen wollen - den Verlust des Fundamentes bedeutet hätte, postulierte er: "Der physikalische (vierdimensionale) Raum besitzt eine Riemannsche Metrik"7. Ist nun Einstein damit seinem gesteckten Ziele nähergekommen? Wir glauben es deshalb nicht, weil gerade von den nichteuklidischen Geometrien bekannt ist, daß sie eigentlich auch nicht mehr als Versuche sind, den mathematischen Raum dem physikalischen anzunähern, ohne diese Annäherung weiter zu bringen als Einstein selbst dies mit seinen Theorien erreicht hatte. Darin liegt für die Naturwissenschaft wohl auch eine Mahnung, daß eine nur quantifizierend mathematische und apriorisch deduzierende Rationalität, so eindrucksvoll klar sie auch im menschlichen Gehirn entwickelt sein mag, nirgends den Beweis beibringen kann, daß die Schemen ihrer Deduktionen auch in der Außenwelt tatsächlich existieren. Wie wir noch sehen werden, berühren diese Feststellungen die sogenannte spezielle Relativitätstheorie Einsteins nicht, weil diese sich noch gänzlich innerhalb der euklidisch-newtonischen Raumvorstellungen und auf dem gegenständlich begrenzten Gebiet der theoretischen Physik unter Ausschluß jeglicher naturphilosophischer Ideen bewegt. Mit unserer vorgängig ausgesprochenen Warnung wollen wir darauf hinweisen, daß die vollständige Auslieferung der Physik einschließlich der Himmelsmechanik an die Begriffsbildungen der Mathematik bisher schon den Nachteil einer vollständigen Unanschaulichkeit gebracht hat, eine Unanschaulichkeit, die mangels anderer Möglichkeiten auf diesem Wege von manchen Physikern schon notgedrungen als ein Erfordernis postuliert wird. Darin liegt aber auch die Gefahr einer vollständigen Ablösung von der Physis, die schließlich zur Entstehung eines geistvollen Spieles von Koëffizienten führen muß, bei dem man am Ende nur mehr voraus bekannte bequeme Resultate erhält. Dieses Spiel hat Goethe schon seinen Mephisto mit den Worten ausdrücken lassen: "Im ganzen haltet euch an Worte, dann geht ihr durch die sichre Pforte, zum Tempel der Gewißheit ein."

Historisch gesehen dürfte dieser eingeschlagene Weg der Wissenschaft

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> B. Russel, The Analysis of Matter, New-York 1927, 172.

<sup>7</sup> A. Einstein, The Meaning of Relativity, op. cit.

wohl von der thomistisch- aristotelischen These vom Menschen als ein natürlich erkennendes Wesen herrühren, eine These, die zwar an der Oberfläche durch die physikalische Erfahrung bestätigt wurde, die sich jedoch als irrig erwies, sobald die menschliche ratio überbetont wird. Sie reicht nämlich genau so weit und so tief als die Objektivierung der Gegenstände, auf welche sie sich bezieht.

Durch den meist nur auf die Theorien und Systeme und nicht auf die Gegenstände gerichteten Blick wird noch eine andere bedeutungsvolle Tatsache gelegentlich verdunkelt, deren Kenntnis zur richtigen Interpretation physikalischer Vorstellungen unerläßlich erscheint. Es ist dies der häufige Wandel in den Raumvorstellungen bei den Physikern. Wie wir schon sagten, bewegt sich die spezielle Relativitätstheorie Einsteins noch ganz im euklidischen Raum, hingegen bemerken wir bei der Betrachtung der, unvollendet gebliebenen, allgemeinen Relativitätstheorie einen Raumbegriff, der mit der Entwicklung dieser Theorie ständig evolutioniert. Schließlich erfüllt darin auch die Riemannsche Metrik nicht mehr die gestellten Anforderungen, weil sie noch immer die Möglichkeit offen ließ, auf euklidische Vorstellungen reduziert zu werden. Je mehr Einstein versucht, sich einer vorgestellten einfachsten mathematischen Realität zu nähern, desto mehr muß er über Riemann hinausschreiten. So postuliert er: "Der Raum ist also gemäß dieser Theorie, genau wie Riemann es geahnt hatte, kein absoluter mehr, sondern seine Struktur hängt von physikalischen Einflüssen ab"8. Bei Riemann gab es noch etwas, was man als "Raum an sich" bezeichnen könnte, und gerade diesem will Einstein ausweichen, wenn er hinzufügt: "Physikalischer Raum und Äther sind nur verschiedene Ausdrücke für ein und dieselbe Sache." Da nun der Äther physikalisch lediglich eine Arbeitshypothese und naturphilosophisch ein Gedankending ist, wird der diesen Vorstellungen gleichgestellte Raum als physikalischer Begriff aufgelöst und wieder - mit Kant - in eine sensible Form unserer Intuition zurückverwandelt, die weder eine Determination noch eine Kondition des - nach Planck unerkennbaren - Dinges an sich ist. Diese naturphilosophische These Einsteins, die physikalisch die bisher angenommene Trennung von Gefäß und Inhalt aufhebt und sogar das Ergebnis der Zusammenlegung verflüchtigt, wurde vom sogenannten Neopositivismus aufgegriffen und zu einer der Grundlagen seiner philosophischen Meinung gemacht. Merken wir an, daß zu diesem pseudokantischen Ideenkomplex auch das Zusammenschmelzen der an sich getrennten Begriffe des physikalischen Raumes und der physikalischen Zeit gehört, wie dies von Einstein vorgeschlagen und dann von dem Mathematiker Minkowski in der Form eleganter differentieller Gleichungen zur Darstellung gebracht wurde. Die dabei sich aufdrängende Einsicht, daß hier vom Raum Euklids kaum mehr als das Wort übriggeblieben ist, erleichtert uns auch das Verständnis für Einsteins, noch relativ anschauliche Auffassung des physikalischen Raumes als gekrümmt, unbegrenzt, jedoch endlich, eine Vorstellung, der man übrigens

<sup>8</sup> A. Einstein, The Meaning of Relativity, op. cit.

ohne mathematischer Begründung schon im babylonischen und im alttestamentarischen Begriff vom Firmament, von der darunter befindlichen Welt und Nichtwelt, begegnet.

In unseren Ausführungen streiften wir mehrfach den Begriff der Kausalität. Die Existenz kausaler Zusammenhänge zu leugnen wird ernsthaft wohl niemandem einfallen. Sobald wir aber behaupten wollen, daß die gegenseitigen Beziehungen von Ursache und Wirkung sich in einfachen Gesetzen definieren lassen, ändert sich die Sachlage. Wir stoßen nämlich bei einem solchen Versuche auf eine Reihe unüberwundener und sehr wahrscheinlich unüberwindbarer Hindernisse. Erstmalig wurde dies durch die Mikrophysik deutlich gemacht. Es stellte sich da nämlich heraus, daß dem individuellen Atom bzw. seinen Elektronen das Reagieren auf eine Ursache nicht zwangsläufig vorgeschrieben ist, oder mit anderen Worten, daß verschiedene Möglichkeiten dafür offenstehen, aber es unmöglich ist, im voraus festzustellen, welche dieser Reaktionen im konkreten Einzelfall tatsächlich eintritt. Um zum vollen Verständnis dieser wichtigen Tatsache zu gelangen, ist es unerläßlich, sich mit ihr näher zu beschäftigen.

Aus der sogenannten "klassischen" Physik, die wir - wie noch näher ausgeführt werden soll - lieber als Makrophysik bezeichnen möchten, wissen wir, daß diese ihre "Gesetze" in Formeln kleidet, in denen der Beobachter und seine Experimente keinen Platz finden. Sie geht wie einst die ionische Naturphilosophie - und später Descartes, Newton und Darwin - von dem Standpunkt aus, die Natur als ein vom Vorgang des menschlichen Erkennens unabhängig gegebenes "Ding an sich" anzusehen, das von der Art, wie der Mensch sich mit ihm auseinandersetzt, unberührt, also auch unverändert bleibt. Da die klassische Physik meist mit makrophysischen Objekten und Vorgängen befaßt ist, so sind, schon der Größenordnung wegen, Unstimmigkeiten mit dieser Ansicht kaum zutage getreten. Anders verhält es sich, wie wir gesehen haben, in der Physik der Atome, weil hier zunächst die Objekte selbst, die Bausteine der Atome oder - wie man sie nennt - die Elementarteilchen, nicht anschaulich werden können, sondern ihre Kenntnis überhaupt erst auf dem Wege über die statthabenden physikalischen Prozesse möglich wird. Dadurch wird uns der merkwürdige und der Methode der klassischen Physik widersprechende Sachverhalt bewußt, daß die Theorie - wie diese uns etwa durch die Quantenmechanik dargeboten wird - darauf verzichtet, von den Elementarteilchen an sich zu reden. Die Frage, wie sie von der klassischen Physik sofort gestellt worden wäre, ob nämlich diese Elementarteilchen im Raum und in der Zeit tatsächlich existieren, wird zunächst gar nicht aufgeworfen. Dies ist ganz natürlich, weil ja das, was wir von ihnen zu erkennen vermögen, immer erst im Verlauf der erwähnten Prozesse zugänglich wird, sofern man dabei - in der Wechselwirkung zwischen den angenommenen Atombausteinen und geeigneten Meßapparaten - ausdrücklich darauf hinzielt, auf diesem Wege das Verhalten der Elementarteilchen zu erschließen. Nun hat sich praktisch gerade bei dieser Wechselwirkung herausgestellt, daß es unmöglich ist, für einen angegebenen Zeitpunkt den Ort

und die Geschwindigkeit (für Einstein die möglichen Lagerungen) eines solchen Elementarteilchens, etwa eines Elektrons, simultan zu bestimmen. Gelingt es nämlich, den Impuls zu bestimmen, dann verwischt sich der Ort und umgekehrt.

Wie wir schon erwähnten, beruht die klassische Physik der makrophysikalischen Vorgänge auf der Annahme einer strengen mechanischen Kausalität, also auf der ausschließlichen und eindeutigen Vorausbestimmung der Zukunft durch die Gegenwart. Der Vergleich mit den Auffassungen der ionischen Naturphilosophie sowie mit dem in das Aufklärungsjahrhundert hineinwirkenden Renaissancedenken drängt sich dabei von selber auf. Diese kausalgesetzliche Erklärung des physikalischen Geschehens ist aber, von der Atomphysik aus gesehen, eine - um Poincaré zu zitieren - nur "bequeme" Annahme. Sie besitzt auf dem Gebiete der Makrophysik zwar den Vorteil, daß man ihr Gegenteil nicht beweisen kann, da dabei mit einem a priori als gegeben angenommenen Zustandsbegriff operiert wird, der durch zwei simultan koordinierte Werte, dem Ort und der Geschwindigkeit, definiert erscheint. Eine weitere schwache Stelle findet sich darin, nämlich der Faktor Zeit, der an sich philosophisch stark umstritten ist und nirgends endgültig definiert erscheint. So ist auch die "physikalische Zeit" kaum mehr als eine Konvention und keineswegs etwa "die Zeit an sich". Dafür bietet die Physik selbst manche Beweise. Seitdem man den Begriff der Photonen geschaffen hat, von denen man annimmt, daß sie die Lichtgeschwindigkeit beliebig überschreiten können, ist es nicht nur bei den Philosophen, sondern auch in der theoretischen Physik möglich, den Begriff der Zeit, nämlich der physikalischen Zeit, einfach aufzulösen. Zusammenfassend können wir sagen, daß eine gesetzmäßige Kausalität im Bereich der Mikrophysik nirgends erweislich ist, weshalb die Theorie einer solchen darin keinen Anwendungsbereich findet.

Der Merkwürdigkeit halber sei auch erwähnt, daß die Anhänger der Theorie einer kontinuierlichen Evolution bei ihren Betrachtungen über die Entstehung des organischen Lebens auf eine ähnliche Unvereinbarlichkeit gestoßen sind. Sofern man nämlich der Ansicht ist, daß das organische Leben aus Ur-Eiweißmolekülen entspringt, so muß man auch annehmen, daß dieses Leben aus den hochatomaren und komplizierten Molekülen sich ähnlich wie ein Virus artgleich reproduziert. Es zeigt sich dabei als unmöglich, kausalgesetzlich abzuleiten, welches der ursprünglich vorhandenen Eiweißmoleküle dazu ausersehen war und ob es sich um eine Rechtsform oder um eine Linksform handelte.

Nicht genug mit solchen Unbestimmbarkeiten in der Physik und in der Biologie, haben auch die zu den Atombausteinen gerechneten Mesonen die Ungewißheit auf einen neuen Höhepunkt getrieben, indem nämlich bei den letzteren gewisse Vorgänge in entgegengesetzter Reihenfolge ablaufen als dies kausalgesetzlich anzunehmen wäre. Wenn wir alle diese Erscheinungen nicht, wie es Einstein macht, als "Singularitäten" auf Grund eines vorgefaßten Systems in die Natur selbst verlegen und daraus erklären wollen, son-

dern – dem Beispiel von Planck folgend – in die Wechselwirkung zwischen dem fragenden Subjekt und dem befragten Objekt, so drängt sich uns von selber die Tatsache auf, daß es für die menschliche Erkenntnismöglichkeit eine isolierte Natur, die keine Verbindung zum Menschen hat, überhaupt nicht gibt. Außerdem ergibt sich daraus, daß man dem Menschen Bereiche zuschreiben muß, die anderen Spielregeln unterworfen sind als die sogenannten Naturgesetze, die wir bisher für die "Materie" aufstellten.

Wir haben schon angedeutet, daß letzten Endes diese Schwierigkeit für die heute auf einem Scheideweg befindliche neue Physik darauf beruht, daß sie sozusagen versuchte, auf zwei Pferden gleichzeitig zu reiten, die nur innerhalb des newtonischen Systems zur Not die gleiche Laufrichtung beibehielten. Das eine ist die Logik der Mathematik, deren Existenz außerhalb des menschlichen Gehirnes nicht erweisbar ist, und das andere die postulierte letzte Realität in der Natur, die aber nicht die Realisierung des mathematisch denkbar Einfachsten sein kann, weil sie dem Menschen auf dem Wege einer direkten Erkenntnis nicht zugänglich ist, also auch von ihm nicht definiert werden kann. Damit wird uns endgültig bescheinigt, daß nirgends notwendigerweise eine volle Kongruenz mathematischer Ergebnisse mit solchen der physikalischen Erfahrung eintritt, oder - mit anderen Worten -, daß ein mathematisch gelungener Beweis keineswegs zwangsläufig auch eine physikalische Realität beinhalten muß. Darum ist für die allgemeine Relativitätstheorie Einsteins "ihr Vergleich mit der Erfahrung bisher an mathematischen Schwierigkeiten gescheitert"9 und wird wohl auch in aller Zukunft nicht zu realisieren sein. Diese allgemeine Relativitätstheorie unternimmt den Versuch, an sich disparate Elemente konstruktiv in einem System zu vereinigen, wobei ihr Schöpfer hofft, einige Naturvorgänge besser zu erfassen. "Wenn man sagt, es sei gelungen, eine Gruppe von Naturvorgängen zu begreifen, so meint man damit, daß eine konstruktive Theorie gefunden sei, welche die betreffenden Vorgänge umfaßt"10, also genau genommen eine neue Arbeitshypothese. Nicht bloß der Laie, sondern auch der Physiker ist ständig der Gefahr ausgesetzt, solche Arbeitshypothesen, ob sie nun als einfache Sätze oder ganze Systeme von Newton, Maxwell, Rutherford, Planck oder Einstein formuliert wurden, als Naturgesetze und Offenbarungen der Materie anzusehen, obwohl man dabei bewußt bleiben müßte, daß jegliche Änderung in einem solchen System bedingt, daß auch diese "Naturgesetze" wiederum durch besser passende ersetzt werden müssen. Es wird meist übersehen, daß der Versuch, durch eine kosmologische Formel ein einheitliches theoretisches Bild des Universums zu entwerfen, nicht mehr der Physik, sondern der Naturphilosophie zugehört. Hier ist es vielleicht von Nutzen zu unterstreichen, daß unsere Untersuchung solcher Theorien nur so weit geht, als sie auch den Nichtphysiker zu interessieren vermag. Die fachliche Kritik sei den Fachleuten überlassen. Aus diesem Grunde können wir auch einen kleinen Ex-

<sup>9</sup> A. Einstein, The Meaning of Relativity, op. cit.

<sup>10</sup> A. Einstein, My Theory, Artikel in der Londoner "Times" v. 28. Nov. 1919.

kurs einschieben, der das Verständnis für die bisherigen Darlegungen erleichtern wird.

Seit Leukipp und Demokrit reden wir vom Atom. In der neuesten Zeit sind wir sogar dazu gelangt, auszurechnen, wie groß und wie schwer die verschiedenen Atome sind, d.h. wir konnten jeder Atomgattung einen Verhältniskoëffizienten zuordnen. In der sogenannten Wilsonkammer vermögen wir sogar die Flugbahnen einzelner elektrisch geladener Bruchstücke oder Bausteine von Atomen zu verfolgen. Nur eines wissen wir noch nicht - nämlich, was Atome eigentlich sind. Ist das Atom etwa nur ein Denkprodukt unseres wissenschaftlichen Vereinfachungsbedürfnisses? Wir reden ja auch vom Licht als von etwas ganz Selbstverständlichem, obwohl wir wissen, daß es ein "Licht" in unserem physiologischen Sinne außerhalb der mit Augen begabten Organträger gar nicht gibt, daß also das Licht genau genommen ein anthropomorpher Begriff ist. Wir haben ja auch dem Licht und ganz allgemein der Energie - ein schönes Wort, unter dem man sich vieles denken kann - eine atomare Struktur zugeschrieben, die - wie wir zeigen konnten auch nur Theorie ist. Die theoretische Physik konnte aus den Erscheinungen mathematische Beziehungsbilder zu dem inneren Atombau formulieren, die diesen Erscheinungen annähernd entsprechen. So ein Bild der ungefähren Konstanz der Dichte aller Kerne (r = 1014 g/cm3) und der Ableitung, daß das Volumen eines Kernes proportional zu seiner Masse ist  $(4/3 \pi r^3 A = V)$ , ferner der Vorstellung der ungeheuren Konzentration der Masse im Atomkern. (Bei r=1,3-1,3. 10-13 cm erhalten wir für den Kernradius  $R=r_0$   $\sqrt[3]{A}$ .) Das sind für die praktische Auswertung ungeheuer wichtige Formulierungen, die aber leider trotz ihrer präzisen Sprache am eigentlichen Wesen der letzten Dinge - Masse, Energie, Kern, Kernhülle, Atom usw. - vorbeigehen und deshalb darüber nur einen nominalen Aufschluß geben. Es ist nun psychologisch sozusagen "naturbedingt", daß die Menschen, die Physiker nicht ausgenommen, der Versuchung erliegen, das, wovon sie ständig reden, als dinglich existierend anzusehen. Auch Plato rettete sich in einem ähnlichen Falle nur, indem er seinen Ideen mit einem kühnen Schwung eine "höhere Realität" als die des gewöhnlichen Realen zubilligte. So begreift man, daß auch die Tatsache in das Unterbewußtsein versank, daß das Atom ebenfalls vorerst eine Geistesschöpfung einer synthetischen Vereinfachung ist, also ein Gedankenbild - ens rationis -, das wir erst sekundär auf die Natur der Erscheinungen zurückprojizieren. Wenn nun - um mit Max Planck zu reden es zwar außerhalb von uns wirkliche Dinge gibt, diese Dinge aber von uns unmittelbar nicht erkannt werden können, dann sollten wir wieder anfangen, Theorien als Theorien und Hypothesen als Hypothesen gelten zu lassen. Die Betonung dieses Sachverhaltes erfolgt keineswegs um einem unangebrachten Agnostizismus das Wort zu reden, sondern um einen der Irrwege aufzuzeigen, auf dem die Wissenschaft Gefahr läuft, im Nominalismus und in einer Zahlenmagie auszumünden. Im übrigen möge man bedenken, daß auch der praktischen Auswertung absolute Grenzen gesetzt sind, wie solche aus der "Unschärferelation" Werner Heisenbergs - nach der zwei paarweise wirkende Größen nicht gleichzeitig mit höchster Genauigkeit ermittelt werden können – sichtbar werden und wie sie für die Meßtechnik durch die Wellenlänge der Lichtstrahlen oder durch die Eigenschwingung der Moleküle gegeben sind.

Wenden wir uns wieder den historischen Aspekten in der Entstehung von Relativitätstheorien zu. Erwähnt haben wir schon, daß die neueren Ansätze zu solchen bei Newton zu finden sind. Wir finden sie im Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik, in der Unmöglichkeit, die fortschreitende Bewegung der Erde durch Experimente nachzuweisen. Für Newton selbst war dem Zeitdenken gemäß - zwar alles Relative eher ein noch nicht formuliertes Absolutes. So verstehen wir auch besser den Sinn seiner beiden Erfindungen - die man naiverweise für Entdeckungen hielt und gelegentlich noch hält - die Masse und die instantan wirkenden Fernkräfte, die allein es ihm ermöglichten, ein absolutes Begriffssystem der Mechanik von eindrucksvoller logischer Geschlossenheit aufzustellen, das für sich zu den größten morphologischen Denkleistungen zählt, die das Abendland überhaupt aufzuweisen hat. Die Beharrungskraft dieses Systems war so stark, daß es trotz verschiedentlich laut werdender Einwände zweihundert Jahre lang die theoretische Physik vollständig beherrschte und die Physiker dabei den Umstand vergessen ließ, daß es auch nur ein System unter vielen anderen möglichen Systemen darstellte. Seine Pfeiler begannen erst zu wanken, als eine neue Elektrodynamik durch Maxwell und Faraday proponiert wurde. Diese führte einen neuen revolutionierenden Begriff, das elektromagnetische Feld in die theoretische Physik ein und begann die newtonische Fernkrafttheorie zu verdrängen. Was war eigentlich geschehen? Eine durch die Erfindung besserer Instrumente verfeinerte Beobachtung hatte gezeigt, daß Wechselwirkungen zwischen Körpern nicht durch instantan wirkende Fernkräfte, sondern durch weniger mythische Vorgänge erfolgen, die sich im Raum mit endlicher Geschwindigkeit fortpflanzen. Dies führte im 19. Jahrhundert dazu, daß die newtonischen mechanischen Grundbegriffe zugunsten des Feldbegriffes aufhörten, als letzte Grundbausteine des physikalischen Weltbildes angesehen zu werden. Auch den newtonischen kinetischen Anschauungen wurde in der Folge nachgewiesen, daß sie nur in einer begrenzten Anzahl einfacher Fälle anwendbar waren. Seit den Arbeiten von Röntgen und Becquerel mußte auch die klassische Idee des in sich in absoluter Ruhe befindlichen materiellen Atomes aufgegeben werden und an ihre Stelle trat allgemein die Auffassung, daß die Masse eines Atoms keine unveränderliche Größe, sondern diese jeweils von ihrem Energieinhalt abhängig sei. Auf dem Gebiete der spekulativen Philosophie waren die sogenannten Energisten in dieser Beziehung den Physikern vorausgeeilt. Diese ersten Schritte zu einer neuen Atomphysik beinhalteten noch einen gewissen Hang zur Anschaulichkeit, wie eine solche sich in dem bekannten Atommodell von Niels Bohr manifestiert und wo der Atomkern ähnlich einer von Planeten - hier Elektronen - umkreisten Sonne dargestellt wird. Wenn in der newtonischen Himmelsmechanik noch der Satz galt, daß bewegte Körper, gleichgültig welche Größe und Geschwindigkeit

sie haben, in ihrer Masse unverändert bleiben, oder - in der Sprache der Physiker ausgedrückt -, daß der durch eine Zahl gegebene Ausdruck ihrer Trägheit eine Konstante sei, so wurden die Physiker im Zuge der skizzierten Entwicklung nunmehr veranlaßt, diese These zu korrigieren. Newtons Diktat behielt zwar weiterhin seine Gültigkeit für größere Massen und für kleinere, sogenannte technische, Geschwindigkeiten; dort aber, wo Körper annähernd oder mit Lichtgeschwindigkeit bewegt werden, erweist sich ihre Masse, in einem nicht mehr zu vernachlässigenden Umfang, als variabel. Umgekehrt wird zum Beispiel bei Strahlungen von einer sehr großen Wellenlänge der Impuls der Photonen verschwindend klein. Dadurch werden die Photonen der Beobachtung entzogen und die newtonischen Vorstellungen treten wieder in ihre Rechte. Zu dieser neuen Lehrmeinung, die übrigens schon Newton selber als möglich angedeutet hat, brachte die von Max Planck aufgestellte Lichtquanten-Theorie überzeugende Beiträge. Planck hatte nämlich in seinem, für die neue theoretische Physik bahnbrechenden Strahlungsgesetz die Behauptung aufgestellt, daß - im Gegensatz zum klassischen Stetigkeitsprinzip: natura non facit saltus - sowohl die Emission als auch die Absorption von Strahlungsenergie unstetig in winzigen Beträgen - Quanten - erfolgt. Als Planck im Jahre 1900 feststellte, daß Strahlungsenergie nicht in beliebigen Portionen ausgesandt oder absorbiert werden kann, sondern nur in ganzzahligen Vielfachen einer kleinsten Größe, des sogenannten Wirkungsquantum h und proportional zu der Frequenz N der Strahlung (E=h. N), und somit der Auffassung Bahn brach, daß es zwar unendlich viele Energiequanten, aber nur ein einziges Wirkungsquantum gibt, hatte er schon alle Fundamente für die neue Physik gelegt, auf denen seine Zeitgenossen und Nachfolger weiterbauen konnten. In einer genialen Interpretation dieser erwähnten und noch anderer Forschungsergebnisse, schloß sich Einstein im Jahre 1905 der Ansicht an, daß auch das Licht gleich wie jede andere "Materie" und wie ebenfalls die elektrische Ladung, eine atomare Struktur haben müsse. Damit gelangte er, in Anlehnung an das Prinzip einer Erhaltung von Masse und Energie, zu seiner bekannten Formulierung der Äquivalenz zwischen einer Masse und ihrer Energie, der er physikalisch die Formel gab: eine Energiemenge E wird durch das Produkt aus einer Masse m mit der Quadratzahl der Lichtgeschwindigkeit c² repräsentiert. Die außerhalb aller Naturphilosophie stehenden Überlegungen bilden auch den wesentlichen Inhalt seiner speziellen Relativitätstheorie. Diese Entwicklungsskizze zeigt uns deutlich, daß die neuere theoretische Physik mit allen aus ihr entsprungenen praktischen Ergebnissen der Atomlehre das Gemeinschaftswerk mehrerer Generationen genialer und fleißiger Forscher darstellt und "ähnlich etwa wie in der Kunst Lionardo oder Beethoven, so hat Einstein an einer Wende der Zeiten gestanden; in seinen Arbeiten hat sich diese Wende zuerst ausgesprochen, und daher sieht es so aus, als habe er selbst die Wende herbeigeführt, deren Zeugen wir in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts gewesen sind"11.

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> W. Heisenberg, Albert Einsteins wissenschaftliches Werk. Universitas, Heft 9, S. 897, Stuttgart 1955.

Was nun die allgemeine Relativitätstheorie Einsteins betrifft, so hat diese wohl, abgesehen davon, daß ihr Meister sie nicht mehr vollenden konnte, mancherlei beachtliche Anregungen gebracht. Heben wir daraus die Meinung Einsteins über die Einmaligkeit der Bewegungen der Sternmassen hervor. In ihrer bisherigen Fassung hat sie jedoch kaum irgendwelche Fortschritte gebracht, die physikalisch über die spezielle Relativitätstheorie hinausgreifen. Es wird nun vielleicht nützlich sein, noch einige Einzelheiten aus dem umfangreichen Komplex der allgemeinen Relativitätstheorie herauszugreifen, um uns auch dem physikalischen Ideenkreis Einsteins näherzubringen. Wir alle wissen, daß die Summe der Winkel in einem Dreieck 1800 beträgt und daß das Verhältnis zwischen dem Umfang und dem Durchmesser jedes Kreises gleich ist der sogenannten Ludolfschen Zahl π, unabhängig davon, ob es sich um ganz kleine oder um riesige Kreise oder Dreiecke handelt. Mit Einstein wollen wir weiters annehmen, daß diese Gesetze für den mathematischen Raum, also für den Raum aus logischer Vorstellung, gelten, in welchem theoretisch keine Materie existiert. Nun verbindet Einstein diesen mathematischen Raumbegriff mit einem physikalischen Begriff, nämlich jenem der Schwerkraft, und betrachtet dabei "den physikalischen Raum und den Äther für ein und dieselbe Sache, die Felder aber als physikalische Zustände des Raumes"12. Daraus zieht er den Schluß, daß in sehr großen Dreiecken und Kreisen, wie solche von der Astronomie angenommen werden, und bei gleichzeitigem Vorhandensein schwerer Massen, sich bei sehr genauen Messungen Abweichungen von den für den mathematischen Raum geltenden Gesetzen ergeben müssen. Heben wir nun den Einschubsatz: "Abweichungen, die sich bei sehr genauen Messungen ergeben", aus diesem Theorem heraus und stellen ohne Mühe fest, daß hier der Fall ganz ähnlich liegt wie bei jenem der Entdeckung des Masseverlustes bei Elementarteilchen, die annähernd mit Lichtgeschwindigkeit bewegt werden. Was hier für die klassische Physik noch eine quantité négliable et négligée bleiben konnte, da die beobachteten Körper relativ zu groß und ihre Geschwindigkeiten zu klein waren, also Gesetzen entsprachen, die für gröbere Messungen noch gelten - man vergleiche die "Toleranzen" bei technischen und physikalischen Berechnungen - ist in der neuen Mikrophysik zu einer wichtigen Größe geworden. Überbrückt wurde diese scheinbare Kluft zwischen der klassischen und der Atomphysik durch die Aufstellung eines neuen Grundsatzes, des Korrespondenzprinzipes, das besagt: "Wenn die Massen im Vergleich zu der des Elektrons und die Entfernungen im Vergleich zur Größe des Atoms groß sind, treffen die klassischen Gesetze zu." Darin liegt aber auch schon der Nachweis, daß auch hier die neuen Theorien sich noch im vollen Fluß befinden und erst dann und dort erstarren werden, wenn und wo wir bei der Verfeinerung der Meßmethoden nicht mehr weiterkommen, weil unsere Messungen und Meßinstrumente für die Objekte zu grob verbleiben. Es ist also nicht schwierig zu prophezeien, daß wir bis zu diesem Ende auf die-

<sup>12</sup> A. Einstein, The Meaning of Relativity, op. cit.

sem Gebiete noch manche der modernsten Theorien veraltern sehen und noch einige damit verbundene "Umstürze" im physikalischen Weltbild erleben werden.

Seitdem durch Planck die Korpuskulartheorie des Lichtes wieder in den Vordergrund getreten ist und im 19. Jahrhundert der banale Vergleich mit einer durch die Erdschwere aus ihrer geradlinigen Bahn abgelenkten Kugelgarbe eines Maschinengewehres sich aufdrängte, lag es nahe, diese letztere Anschauung auch auf die Natur des Lichtes zu übertragen. Die Einsteinsche Verknüpfung Raum-Schwerkraft konnte in der Tat in einem, relativ einfachen, Fall zur Berechnung der Perihelbewegungen des Planeten Merkur mit Erfolg verwendet werden. Bei der Beobachtung von Licht ferner Sterne, das genügend nahe am Sonnenrand vorbeigeht, wurde ebenfalls diese Ablenkung festgestellt. Es vermindert keineswegs den Ruhm Einsteins, wenn die tatsächlich beobachtete Ablenkung rund 30% größer ist als sie nach seinen Berechnungen sein sollte. Es entspricht dies durchaus unserer Anschauung, daß eben nach einer weiter verfeinerten und dem beobachteten Wert noch genauer angepaßten Theorie gesucht werden muß. Im gleichen Sinne läßt uns die Aussage der allgemeinen Relativitätstheorie über die Rotverschiebung einzelner Spektrallinien des Stern- und Sonnenlichtes gegenüber den Spektrallinien der gleichen Elemente auf der Erde, vorläufig unbefriedigt. Einstein errechnet zum Beispiel, daß die Rotverschiebung längs der ganzen Sonnenscheibe den gleichen Wert besitze, während nach der Beobachtung die Verschiebung im Vergleich mit dem Berechnungsergebnis in der Sonnenmitte zu klein und am Sonnenrand zu groß ausfällt. Mit einer Ausnahme erwies sich der Wert bei den übrigen Fixsternen ebenfalls als wesentlich größer als der von Einstein errechnete. Nun könnte man vielleicht dazu sagen: ob eine Differenz zwischen den Rechnungs- und den Beobachtungswerten existiere sei nicht wesentlich, denn die Hauptsache, die Tatsache der Ablenkung, als solche sei ja erwiesen. Leider liegen hier die Dinge weniger einfach als etwa in der Technik, wo es nicht darauf ankommt, ob der Belastungskoëffizient für einen Träger etwas höher oder niedriger ausfällt, weil die Brücke dehhalb doch nicht einstürzen wird und weil aus praktischer Erkenntnis es gewiß ist, daß von den Koëffizienten aus gesehen es sich immer um die gleiche Brücke handeln muß. Die Ergebnisse der Berechnungen Einsteins liegen aber auf einer ganz anderen Ebene als etwa die technischen Toleranzen; was die Bedeutung hat, daß eine an sich ziffernmäßig unbedeutende Differenz die Zuordnung zu einem ganz anderen Phänomen zur Folge haben könnte als zu jenem, auf das während der Rechnung hingezielt wurde. In der Technik kennen wir, im angezogenen Beispiel, nicht nur die Koëffizienten, sondern auch die Brücke, die eben wegen der Relativitätstheorie bei diesen Berechnungen unbekannt bleibt. So wird die Forschung auch hier noch eine Kette neuer oder besser angepaßter Theorien entwickeln müssen, mit denen sich auch die physikalischen Weltbilder, die mit ihnen in Wechselbeziehungen stehen, wandeln werden. Auch Aristoteles irrte, als er im Naturgeschehen, wie es vom Menschen vorgestellt wird, der ratio und der Logik die Kraft zuschrieb, endgültige Bilder zu schaffen. Ein solcher Determinismus gilt heute als veraltet, da auch in der exaktesten aller Wissenschaften, in der theoretischen Physik, "man dem Theoretiker das Phantasieren zubilligen muß, da es für ihn einen anderen Weg überhaupt nicht gibt"<sup>13</sup>.

Wie wir sehen, kommt hier Platos Idee wieder zu Ehren; es bleibt nur bedauerlich, daß häufig solche Ideen mit der Erfahrung verwechselt werden. So ist es zum Beispiel sicherlich für den Physiker bestechend, nicht mehr von Planetenbahnen reden zu müssen, die durch eine anziehende Fernkraft zustandekommen, sondern diese Planeten einfach als Teile eines Schwerefeldes anzunehmen. Die Erkenntniskritik wird dazu allerdings bemerken, daß dabei nur das Wort Anziehung gegen das Wort Schwerefeld ausgetauscht wurde und daß das hinter diesem Nominalismus steckende Reale bloß aus einer neuen Idee besteht, die eine andere mathematische Formulierung erlaubt, von der aber nicht bewiesen werden kann, ob sie physikalisch inhaltsreicher ist als ihre Vorgängerin.

Die allgemeine Relativitätstheorie beinhaltet auch eine verallgemeinerte Feldtheorie, in welcher Einstein - wie wir schon andeuten konnten - ohne Kausalgesetz und ohne den von Ernst Mach übernommenen starren Determinismus nicht auskommt. Gerade aber das neue aus der Mikrophysik gewonnene physikalische Weltbild gab zu berechtigten Zweifeln Anlaß, das physikalische Geschehen kausalgesetzlich ausdeuten zu können. Aus diesem Grunde bedienen sich die Atomphysiker eher der aufgelockerten Kausalitätsannahme der sogenannten statistischen Wahrscheinlichkeitsbestimmung, womit sie zugeben, daß sie an die Existenz einer dem menschlichen Intellekt zugänglichen Kausalgesetzlichkeit nicht mehr glauben. Damit ging der mathematischen Alleinherrschaft über die Physik eine wichtige Schlacht verloren, die auch in der von Heisenberg aufgestellten Unbestimmtheitsrelation ihren Ausdruck fand. Hier erfassen wir auch die Grundursache, warum so viele Erfahrungen betreffend die Wärmestrahlung, die Spektren, die Radioaktivität usw. mit den Aussagen der allgemeinen Relativitätstheorie im Widerspruch stehen. Einem so scharfen Geist wie dem Einsteins konnte es natürlich nicht entgehen, daß die neue Physik sich in Wirklichkeit immer mehr von seinen Theorien fortbewegte. So konnte er nicht übersehen, daß zum Beispiel "die de Broglie-Schrödingersche Methode zwar auf Grund von Differenzialgleichungen aus einer Art Resonnanzbetrachtung heraus die Existenz nur diskreter Zustände in verblüffender Übereinstimmung mit den Erfahrungstatsachen deduziert, aber dabei auf eine Lokalisierung der Massenteilchen und auf streng kausale Gesetze verzichten muß"14, worauf wir bereits mehrfach hinweisen konnten.

Kehren wir nochmals zum Eingang unserer Betrachtungen zurück, indem wir uns wiederum die Frage vorlegen, ob wir wirklich mitten in einem "Umsturz des physikalischen Weltbildes" stehen. Erscheint es nun nicht eher so,

<sup>13</sup> A. Einstein, The Meaning of Relativit, op. cit.

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> A. Einstein, Newtons Mechanik und ihr Einfluß auf die Gestaltung der theoretischen Physik, Artikel in der Zeitschrift "Die Naturwissenschaften", Bd. 15, Berlin 1927.

als ob in dem unruhevollen Geist des Abendlandes, seitdem Thomas von Aquino das Zeichen zum Aufblühen der freien Wissenschaften gab, dieses Weltbild in andauernder Bewegung und dadurch immer mehr oder weniger starken Änderungen unterworfen war. Auch Galileo Galilei sowie Kopernikus haben in Wahrheit nichts umgestürzt, sondern die Himmelsmechanik in Wechselwirkung ihrer Ergebnisse den verfeinerten Beobachtungen angepaßt und - wenn man will - dabei sogar die Uhr der Zeit wieder auf das zurückgedreht, was schon in der griechischen Antike behauptet, aber in einer späteren Epoche im Zusammenhang mit einem anderen Weltbilde vorläufig aus dem Bewußtsein der abendländischen Völker verdrängt wurde. Es sind immer geistvolle anthropomorphe Weltbilder, die sich hier gegenseitig ablösen, eine Tatsache, die uns zu der Frage berechtigt, ob man wirklich sagen kann, daß in unseren Tagen das Lehrgebäude Newtons veraltet und reif für den Papierkorb geworden ist. Kein Philosoph oder Historiker wird dies ernstlich annehmen und was die Physiker betrifft, so "soll niemand aber denken, daß durch diese (Relativitäts-) oder irgendeine andere Theorie, Newtons große Schöpfung im eigentlichen Sinne verdrängt werden könnte"15. Heute und immer wird Newtons Weltbild mit voller Gültigkeit alle physikalischen Phänomene umfassen, die in seiner Zeit und in seiner geistigen Umwelt bekannt und erkannt waren. Ja, noch mehr! Das klassische makrophysikalische newtonische System kann sogar als endgültig angesehen werden, weil in der Physik wie in den anderen Naturwissenschaften das Wort endgültig sich nur auf den bereits vorhandenen korrespondierenden Erfahrungsbereich bezieht, dessen Grenze immer genau dort liegt, wo beim Weitergehen eine Korrektur also eine Systemänderung, erforderlich sein würde.

Aus dem umfangreichen Gebiet der Mikrophysik, das wir in unserer Studie ja nur an der Oberfläche streifen konnten, wollen wir noch ein anderes Phänomen erwähnen, das jetzt, auf Grund unserer vorgängigen Ausführungen, besser verstanden werden kann; die Existenz von Antiprotonen oder Antikörpern, Dieses Phänomen erscheint uns auch deshalb wichtig zu berühren, weil damit ein Korrelat zu unserer Betrachtung der Theorie der Äquivalenz zwischen den Vorstellungen einer Masse und ihrer Energie zu sehen ist. Was sind nun Antiprotonen? Schon im Jahre 1928 hatte der Physiker Dirac eine Wellengleichung aufgestellt, aus der mathematisch hervorging, daß ihre sogenannte Eigenwertgleichung unverändert bleibt, wenn die Vorzeichen von Ladung und Energie umgekehrt werden, d.h. daß dabei jeder Lösung der Gleichung für positive Energiewerte einer zweiten Lösung mit negativen Energiewerten entspricht. Dirac postulierte deshalb die Existenz des Antielektrons, also eines Elektrons mit positiver Ladung, was in der damaligen Zeit von den Physikern als Spielerei und Unsinn abgelehnt wurde. Es würde den engen Raum dieser Studie überschreiten, wollten wir hier die schlüssige Theorie von Dirac erklären, warum immer gleichzeitig ein Elektron und ein Antielektron entstehen. Wer sich hiefür interessiert, fin-

<sup>15</sup> A. Einstein, My Theory, op. cit.

det in der Fachliteratur alle gewünschten Auskünfte. Diesen Vorgang einer Schöpfung eines Partikelpaares mit eigener Masse aus Energie nennt man die Paarerzeugung. Man kann sich aber auch diesen Prozeß physikalisch umgekehrt vorstellen, der dann einer Paarvernichtung gleichkommt. Nun ist es natürlich nicht so, daß hier eine Masse in ein reines Nichts aufgelöst zum Verschwinden gebracht wird. Diese Paarvernichtung, deren Vorkommen erstmals durch die Kernphysiker Joliot und Thibaud nachgewiesen wurde, besteht vielmehr darin, daß die Masse in Strahlungsenergie aufgelöst wurde. Neben der Tatsache, daß damit philosophisch der grobe Materialismus zugunsten der Energistenschule abgeschrieben erschien, erkannte man auch, daß diese totale Umwandlung von Masse in Energie der von Einstein ausgearbeiteten Formulierung des Äquivalentgesetzes entsprach. Nun setzen wir vorsichtshalber hinzu, daß der Vorgang diesem Gesetze solange entsprechen wird, als wir auf den Begriff einer Masse angewiesen sind oder bis feinere Methoden vielleicht den Nachweis einer Verwandlung in etwas anderes bringen, was weder durch den Begriff Masse noch durch jenen der Energie vollständig gedeckt wird. Wie die Dinge aber liegen, haben wir für die nächste Zeit mit der totalen Äquivalenz zwischen einer Masse und ihre Energie in allen Theoriengebäuden zu rechnen. Wenn darin eine zeitgemäße Bestätigung der speziellen Relativitätstheorie Einsteins gefunden wird, so ist es trotzdem abwegig, daraus auch die Richtigkeit seiner allgemeinen Relativitätstheorie beweisen zu wollen, wie wir dies schon näher dargestellt haben. Soweit trotzdem der Versuch unternommen wurde, sind seine Autoren dabei anscheinend einer Begriffsverwechslung zum Opfer gefallen. Die physikalische und auch die linguistische Analyse der Grundlagen ergibt, daß in der speziellen Relativitätstheorie dem Wort Relativität ein anderer Sinn zukommt als in der allgemeinen Relativitätstheorie. In der ersteren wird das Wort nämlich ganz in dem Sinn verwendet, den man sonst dem Ausdruck Beziehung zuschreibt. In der allgemeinen Relativitätstheorie hingegen mischt sich in den Sinn des Wortes die naturphilosophische Anschauung über die Veränderlichkeit und die Unmöglichkeit, in der Wechselwirkung Geist-Physis einen festen Standpunkt zu beziehen, eine Bedeutung, die in weiteren Bezirken des menschlichen Denkens in einzelnen Perioden der Geschichte chiliastische Stimmungen ausgelöst hat. Sicher ist jedenfalls, daß solche naturphilosophische Postulate physikalisch unbeweisbar sind. Damit wird Einstein keineswegs ein Vorwurf gemacht, da es nicht nur das gute Recht jedes Gelehrten ist, den Versuch zu unternehmen, sein Spezialgebiet in eine größere Ordnung einzufügen, sondern dies einen notwendigen Vorgang darstellt, wenn die Wissenschaft nicht in bloßes Spezialistentum zerfallen soll. Wünschenswert ist nur, daß die Jünger dabei die Grenzen im Auge behalten, die der Meister im Interesse der Abrundung seines Weltbildes überschreiten muß.

Das Bild des bedeutenden Gelehrten Albert Einstein wäre uns leuchtender und eindringlicher ein Vermächtnis geblieben, hätte er sich auf die Domäne seiner wirklich großen Leistungen, auf die Physik, beschränkt oder auch

darüber hinaus uns weitere naturphilosophische Schöpfungen, wie jene seiner allgemeinen Relativitätstheorie, hinterlassen. In einer begreiflichen Verbitterung und in einer verwirrten Zeit ließ er sich verleiten, auch in das Räderwerk des "garstigen Liedes" der Politik und das der Kriegführung einzugreifen. "Der Gedanke einer Atombombe ging auf eine Anregung zurück, die der berühmte und bedeutende Dr. Albert Einstein dem Präsidenten Roosevelt unterbreitet hatte"16. Dies war wohl eine schrille Dissonanz im Leben eines Gelehrten, der neben seiner Liebe zur Wissenschaft sich leidenschaftlich zu einem integralen Pazifismus bekannte. Diese Tatsache wurde mit gemischten Gefühlen in der ganzen zivilisierten Welt aufgenommen und ein anderer führender Atomphysiker, Werner Heisenberg, schrieb dazu: "Es ist die Tragik seines Lebens, daß Einstein, dem der Krieg verhaßt war, im Jahre 1939 einen Brief an den Präsidenten schrieb, die Vereinigten Staaten sollten mit Energie die Herstellung von Atombomben versuchen; und daß die ersten dieser Bomben viele Tausende von Frauen und Kindern töteten, die ebenso unschuldig waren wie die Menschen, für die Einstein sich einsetzen wollte"17.

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> H. Truman, Die Erinnerungen von Präsident Harry Truman, Bd. I, S. 25, 1955.

<sup>17</sup> W. Heisenberg, Albert Einsteins wissenschaftliches Werk, op. cit.