

## *Axel Schmidt*

*„Was Sie über meine religiösen Überzeugungen gelesen haben, war natürlich eine Lüge; eine Lüge, die systematisch wiederholt wird. Ich glaube nicht an einen persönlichen Gott, und ich habe das nie geleugnet, sondern klar zum Ausdruck gebracht. Wenn in mir etwas ist, das religiös genannt werden kann, dann ist es die grenzenlose Bewunderung der Struktur der Welt, so weit unsere Wissenschaft sie sichtbar machen kann.“<sup>1</sup>*

## Albert Einsteins Metaphysik der Natur

### Einleitung

Wir stehen auf den Schultern von Riesen. Albert Einstein war zweifellos einer dieser Riesen. Sein Name steht zunächst für Glanz und Gloria. In den Augen vieler Leute war er das „Gehirn des 20. Jahrhunderts“.<sup>2</sup> Aber sein Name steht auch für Tragik! Am 15. Januar 1927 schreibt er in einem Brief:

„Lebendiger Inhalt und Klarheit sind Antipoden, einer räumt das Feld vor dem andern. Das erleben wir gerade jetzt tragisch in der Physik.“<sup>3</sup>

Kurz zuvor hatten Niels Bohr und Werner Heisenberg die Quantentheorie in eine ausgereifte Form gebracht und mit einer Deutung versehen, die Einsteins Denken zutiefst widersprach. Dabei hatte Einstein ursprünglich selbst zur Entwicklung dieser Theorie beigetragen und so durch das eigene wissenschaftliche Werk seinen

<sup>1</sup> Albert Einstein, Briefe. Aus dem Nachlaß hrsg. von Helen Dukas und Banesh Hoffmann, Zürich 1981, 43.

<sup>2</sup> Das Gehirn des Jahrhunderts: Der Spiegel 50 (1999) 260–280.

<sup>3</sup> Brief vom 15. Januar 1927 an M. Born: Albert Einstein – Hedwig und Max Born, Briefwechsel 1916-1955 kommentiert von Max Born. Geleitwort von Bertrand Russell. Vorwort von Werner Heisenberg, München 1969, 135.

Glauben an die Natur ins Wanken gebracht, der ihn einst zur Physik getrieben hatte.

Einstein wurde 1879 in Ulm geboren.<sup>4</sup> Seine Familie siedelte schon bald nach München und später nach Mailand über. Der Vater war ein nicht sehr erfolgreicher Geschäftsmann, der Sohn besuchte in München das Gymnasium. Der Schüler war hochbegabt, aber das autoritäre Schulsystem war ihm verhasst, und so kam es, dass er die Schule ohne Abschluss verließ. Nach freien Monaten in Mailand machte er das Abitur an der Kantonsschule in Aarau, dann begann er das Studium am Züricher Polytechnikum. Freunde fanden für ihn eine Stelle am Eidgenössischen Patentamt in Bern, von der er leben konnte und die ihm Zeit zum Nachdenken über Physik und Philosophie ließ. In diesen Jahren entfaltete sich sein Genie, das sich dann im Jahr 1905 offenbarte.

In jenem Jahr verfasste er seine Dissertation sowie drei nobelpreiswürdige Aufsätze über verschiedene Themen: über die Lichtquantenhypothese, die Brownsche Bewegung und die Spezielle Relativitätstheorie, später einen vierten nochmals über die Spezielle Relativitätstheorie.<sup>5</sup> Alle Beiträge sind kurz, der kürzeste hat drei Seiten und enthält die berühmte Gleichung, welche zeigt, wo die Energie in den später entwickelten Atombomben steckt:  $E = mc^2$ .

Der Ruhm beginnt. Einstein wird Professor in Zürich und Prag, schließlich 1914 Akademiemitglied in Berlin, wo er forschen kann, ohne lehren zu müssen. Im Jahr 1915 kommt der Durchbruch zur Allgemeinen Relativitätstheorie. Die Theorie sagt die Ablenkung eines Lichtstrahls im Schwerfeld der Sonne voraus. Vier Jahre später wird die Voraussage bei einer Sonnenfinsternis experimentell bestätigt. Dies bringt den Weltruhm, die „rauschhaft-verständnislose Publikumserregung“<sup>6</sup>. Einstein lebt in Caputh bei Berlin, ganz privat und ganz öffentlich, auf dem Wannsee segelnd, geigend, der Forschung lebend.

In den Zwanziger Jahren erlebt seine Relativitätstheorie auch Anfeindung. Sie wird mit dem Relativismus der Werte zusammengebracht – gemäß dem Motto „Alles ist relativ“. Verschiedene Kräfte, auch antisemitische Stimmen verbünden sich gegen die teils als jüdisch, teils als kommunistisch etikettierte Relativität. Hier erkannte Einstein seine Verantwortung; er wurde mit den Juden solidarisch und

<sup>4</sup> Zur Biographie Einsteins vgl. Banesh Hoffmann – Helen Dukas, Einstein. Schöpfer und Rebell. Unter Mitarbeit von Helen Dukas. Aus dem Englischen übertragen von Jeannette Zehnder, Zürich 1976.

<sup>5</sup> Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt: Annalen der Physik 17 (1905) 132–148; Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen: Annalen der Physik 17 (1905) 549–560; Zur Elektrodynamik bewegter Körper: Annalen der Physik 17 (1905) 891–921; Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energiegehalt abhängig?: Annalen der Physik 18 (1905) 639–641.

<sup>6</sup> Carl Friedrich von Weizsäcker, Wahrnehmung der Neuzeit, München 1983, 123.

ließ sich sogar – trotz seiner Ablehnung aller Autoritätssysteme – als Verteidiger des Judentums und der zionistischen Bewegung einspannen. So reiste er 1921 sogar mit Chaim Weizmann durch Amerika, um Gelder für die Errichtung einer hebräischen Universität in Jerusalem zu sammeln.

Als Deutschland im Jahr 1933 durch Hitlers Machtergreifung ins Unglück stürzte, war Einstein gerade auf einer Auslandsreise. Er kehrte nicht nach Deutschland zurück, sondern fand im akademischen Amerika seine letzte Heimat.

Die letzten zweiundzwanzig Jahre seines Lebens verbringt er in Princeton. Wissenschaftlich und politisch sind die letzten drei Jahrzehnte für Einstein schmerzlich. Im Herzen ein Pazifist, billigt er doch den Krieg gegen Nazi-Deutschland. Er rät 1939 sogar zum Bau der Atombombe, indem er einen von Szilard formulierten Brief an Präsident Roosevelt unterschreibt. In der Wissenschaft gerät er mit der Quantentheorie in Konflikt, die er selbst im Anfang mitgetragen hat.

Die Tragik der letzten Lebensjahre hat mit Einsteins religiöser Entwicklung zu tun. Mit 67 Jahren schreibt er rückblickend: „So kam ich – obwohl ein Kind ganz irreligiöser (jüdischer) Eltern – zu einer tiefen Religiosität, die aber im Alter von 12 Jahren bereits ein jähes Ende fand.“<sup>7</sup>

Als Kind war er also sehr religiös gewesen, dann wandte er sich jedoch von der überlieferten Religion ab, weil die Bibel, wie der junge Einstein populären Schriften entnimmt, mit den Naturwissenschaften scheinbar in Widerspruch steht! Schließlich findet Einstein in einer dritten Phase zu einer Art kosmischer Naturmystik, welche er u. a. beim Philosophen SPINOZA findet. In einem Telegramm bringt er seinen Glauben auf den Punkt:

„Ich glaube an Spinozas Gott, der sich in der gesetzlichen Harmonie des Seienden offenbart, nicht an einen Gott, der sich mit den Schicksalen und Handlungen der Menschen abgibt.“<sup>8</sup>

Bei Spinoza kann man beides finden: das starke Gefühl der Religion und die Klarheit des wissenschaftlichen Denkens, weil Gott und Natur in eins gesetzt sind gemäß der Formel *Deus sive natura*. Doch hat dieser Gott kein Gesicht, er ist unpersönlich, und das war für Einstein entscheidend. Einstein lag daran, dass es keinen persönlichen Gott gibt. Die Physik sollte das untermauern. In einem Brief aus dem Jahr 1946 schrieb er:

<sup>7</sup> Albert Einstein, Autobiographisches: Paul A. Schilpp (Hrsg.), Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher. Eine Auswahl, Braunschweig u. a. 1983, 1. – Vgl. Max Jammer, Einstein und die Religion. Mit einem Vorwort von Jürgen Audretsch und einem Beitrag von Carl Friedrich von Weizsäcker, Konstanz 1995.

<sup>8</sup> An Rabbi Herbert S. Goldstein, 1929. Zitiert in Jammer, Einstein und die Religion (s. Anm. 7), 31, und in Hoffmann – Dukas, Einstein. Schöpfer und Rebell (s. Anm. 4), 114.

„Die Idee eines persönlichen Gottes ist ein anthropologisches Konzept, das ich nicht ernst nehmen kann. Ich bin auch nicht fähig, mir einen Willen oder ein Ziel außerhalb der menschlichen Sphäre vorzustellen. Meine Überzeugungen sind denjenigen Spinozas verwandt: Bewunderung für die Schönheit und Glaube an die logische Einfachheit der Ordnung und Harmonie...“<sup>9</sup>

Doch die Physik des 20. Jahrhunderts hat dieses Weltbild nicht bestätigt – darin liegt der Kern der Tragik Einsteins. Sein ganzes Leben lang hat er mit dieser für ihn enttäuschenden Auskunft der Natur gerungen. Er wollte sich allein am Resultat seines Denkens messen lassen, wie er in seiner Autobiographie sagt: „Das Wesentliche im Dasein eines Menschen von meiner Art liegt in dem, *was* er denkt und *wie* er denkt, nicht in dem, was er tut oder erleidet.“<sup>10</sup> Betrachten und erwägen wir also das, was Einstein gedacht hat als Physiker und als Metaphysiker.

## 1. Die Revolution der Physik

Das 20. Jahrhundert hat der Physik zwei revolutionäre Veränderungen gebracht, die Relativitätstheorie und die Quantentheorie. An beiden Theorien hat Einstein entscheidend mitgewirkt, doch nur für die erstere hat sein Herz geschlagen, die letztere hat ihm zunehmend Unbehagen bereitet, denn sie erschien ihm als Bedrohung für „das ganze Fundament der Physik“<sup>11</sup>. Darum hat er auch, wie er zugibt, „hundertmal so viel über Quantenprobleme nachgedacht wie über die allgemeine Relativitätstheorie“<sup>12</sup>, die er als sein eigentliches Lebenswerk ansah.<sup>13</sup>

Was ist der Inhalt der beiden so verschiedenen revolutionären Theorien? Wenn die klassische Physik Newtons als Lehre von den Körpern und Kräften in Raum und Zeit verstanden werden kann, dann ist die Relativitätstheorie eine Kritik des Konzepts von Raum und Zeit, die Quantentheorie eine solche des Körperbegriffs (idealisiert als „Massenpunkt“), jedenfalls oberflächlich betrachtet, tiefer besehen eine Kritik des klassischen Gesetzesbegriffs überhaupt.<sup>14</sup> Gemeinsam ist beiden Theorien eine Entdeckung der Endlichkeit gegenüber unkritischen Unendlichkeitsannahmen: Die Geschwindigkeit für die Wirkungsausbreitung (Lichtgeschwindigkeit)

<sup>9</sup> Hoffmann – Dukas (s. Anm. 4), 115.

<sup>10</sup> Autobiographisches (s. Anm. 7), 12.

<sup>11</sup> Albert Einstein, Physik und Realität: Ders., Aus meinen späten Jahren, Neu Isenburg 2005, 63.

<sup>12</sup> Eine Bemerkung zu Otto Stern, zitiert in: Anthony French, Albert Einstein. Wirkung und Nachwirkung, Braunschweig 1985, 104.

<sup>13</sup> Vgl. Hoffmann – Dukas (s. Anm. 4), 14.

<sup>14</sup> Vgl. Carl Friedrich von Weizsäcker, Die Einheit der Natur. München 1995, 136ff; ders., Aufbau der Physik. München<sup>3</sup>1994, 223–241.

keit c) ist endlich und nicht überschreitbar, und der minimale Wert der übertragbaren Wirkung (Wirkungsquantum  $h$ ) ist ebenfalls endlich, nicht Null.<sup>15</sup>

**Spezielle Relativitätstheorie.** Die Spezielle Relativitätstheorie ist eine Theorie der reinen Raum-Zeit-Verhältnisse unter Absehung von Massen und Kräften. Der Name stellt die Relativität aller Bewegung heraus und besagt negativ: Es gibt keine absolute Bewegung, d.h. eine solche gegen einen absolut ruhend vorgestellten Raum. Es gibt kein System, das vor den anderen ausgezeichnet wäre und das darum den Namen „absolutes System“ verdiente. Doch sollte gleich hinzugefügt werden, dass das Ziel der Relativitätstheorie gerade darin besteht, über die Relativität von Bewegungserscheinungen hinauszukommen und solche Bestimmungen zu finden und zu benutzen, die für jeden Beobachter, für jedes Bezugssystem gelten, d.h. solche, die *invariant* (gegenüber jedwedem Beobachtungsbezug) sind. Die Theorie könnte darum genauso treffend als Invariantentheorie bezeichnet werden.<sup>16</sup>

Allerdings hatten schon ARISTOTELES, LEIBNIZ, KANT und MACH gesagt, dass der Ort keine absolute, sondern nur eine relative Bestimmung ist. Und die klassische Mechanik kannte bereits ein Relativitätsprinzip für gleichförmige, unbeschleunigte Bewegungen. Diesem liegt das Trägheitsprinzip zugrunde, welches besagt: Jeder Körper behält seinen Bewegungszustand bei. Man kann durch keine Kraftwirkung messen, ob man ruht oder sich bewegt. Wird man hingegen beschleunigt, dann erfährt man eine Widerstandskraft, die Trägheitskraft genannt wird. Systeme, die eine unbeschleunigte, kräftefreie Trägheitsbewegung vollziehen, heißen Inertialsysteme.

Einstein verschärfte diese schon lange anerkannte Relativität der Bewegung zum Postulat der Gleichberechtigung aller Inertialsysteme (Spezielles Relativitätsprinzip) und machte es zum ersten Standbein seiner neuen Raum-Zeit-Theorie.

Als ein zweites Prinzip<sup>17</sup> setzte er die Konstanz der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit voraus, wonach das Licht im Vakuum stets eine bestimmte Ausbreitungsgeschwindigkeit hat, und zwar unabhängig vom Bewegungszustand und von der

<sup>15</sup> Vgl. hierzu auch Einstein, Aus meinen späten Jahren (s. Anm. 11), 92f. – Auch Niels Bohr betont diese grundsätzliche Gemeinsamkeit der beiden ansonsten so different beurteilten Theorien; vgl. Bohr, Einleitende Übersicht: Ders., Atomtheorie und Naturbeschreibung. Vier Aufsätze mit einer einleitenden Übersicht, Berlin 1931, 2–3.

<sup>16</sup> Dies hat Einstein selbst (in einem Brief an Zschimmer vom 30. 09. 1921) gesagt: „Nun zum Namen Relativitätstheorie. Ich gebe zu, dass dieser nicht glücklich ist und zu philosophischen Mißverständnissen Anlass gegeben hat. Der Name Invarianz-Theorie würde die Forschungs-Methode der Theorie bezeichnen, leider aber nicht den materiellen Gehalt der Theorie.“ Zitiert in Alice Calaprice (Hrsg.), Einstein sagt. Zitate, Einfälle, Gedanken, München – Zürich 1997, <sup>2</sup>2005, 142. Dort wird verwiesen auf Gerald Holton, The Advancements of Science and its Burdens, New York 1986, 69. 110. 312 fn. 21.

<sup>17</sup> Vgl. Albert Einstein, Mein Weltbild. Hrsg. von Carl Seelig. Berlin <sup>26</sup>1997, 143.

Lichtquelle. Dieses Prinzip ergibt sich unmittelbar aus der Maxwellschen Elektrodynamik, doch es schien mit dem ersten (dem Relativitätsprinzip) unverträglich zu sein. Denn gemäß der Beurteilung des Alltagsverstandes müsste das Licht, das von einer Quelle stammt, die einem Beobachter entgegenkommt, schneller sein als ein Licht, das sich mit seiner Quelle entfernt. Die Richtigkeit dieser Annahme unterstellt, wäre entweder die Lichtgeschwindigkeit nicht konstant oder das Relativitätsprinzip ungültig.

Das Genie Einsteins bestand darin, beide Prinzipien logisch miteinander zu verbinden. Dies gelang ihm durch eine Abänderung der Kinematik, d.h. der Lehre von den Gesetzen, die Raum- und Zeitgrößen miteinander verbinden. Freilich widerspricht die Abänderung dem Alltagsempfinden: Denn nunmehr sollte nicht nur die Ortsidentität, sondern auch die Gleichzeitigkeit etwas Relatives sein, also abhängig vom Koordinatensystem und vom Bewegungszustand. Diese Konsequenz wird als „Relativität der Gleichzeitigkeit“ bezeichnet. Zwei voneinander entfernte Ereignisse, die von einem Bezugssystem aus betrachtet gleichzeitig sind, werden für einen relativ dazu bewegten Körper ungleichzeitig sein. Die Zeit verliert ihre Absolutheit. Einstein erzählt, wie sich die revolutionäre Idee in seinem jugendlichen Geist bereits vorbereitet hatte:

„Wie aber ein solches allgemeines Prinzip finden? Ein solches Prinzip ergab sich nach zehn Jahren Nachdenkens aus einem Paradoxon, auf das ich schon mit 16 Jahren gestoßen bin: Wenn ich einem Lichtstrahl nacheile mit der Geschwindigkeit  $c$  (Lichtgeschwindigkeit im Vakuum), so sollte ich einen solchen Lichtstrahl als ruhend räumlich oszillierendes, elektromagnetisches Feld wahrnehmen. So etwas scheint es aber nicht zu geben, weder auf Grund der Erfahrung noch gemäß den Maxwellschen Gleichungen. Intuitiv klar schien es mir von vornherein, dass von einem solchen Beobachter aus beurteilt, alles sich nach denselben Gesetzen abspielen müsse wie für einen relativ zur Erde ruhenden Beobachter. Denn wie sollte der erste Beobachter wissen, bzw. konstatieren können, dass er sich im Zustand rascher, gleichförmiger Bewegung befindet?

Man sieht, dass in diesem Paradoxon der Keim zur speziellen Relativitätstheorie schon enthalten ist. Heute weiß natürlich jeder, dass alle Versuche, dies Paradoxon befriedigend aufzuklären, zum Scheitern verurteilt waren, solange das Axiom des absoluten Charakters der Zeit bzw. der Gleichzeitigkeit unerkannt im Unbewussten verankert war. Dies Axiom und seine Willkür klar erkennen bedeutet eigentlich schon die Lösung des Problems. Das kritische Denken, dessen es zur Auffindung dieses zentralen Punktes bedurfte, wurde bei mir entscheidend gefördert insbesondere durch die Lektüre von David Humes und Ernst Machs philosophischen Schriften.“<sup>18</sup>

**Analogie von Raum und Zeit.** Die philosophisch bedeutsamste Erkenntnis der Relativitätstheorie besteht darin, dass Raum und Zeit eine weitreichende Analogie

<sup>18</sup> Autobiographisches (s. Anm. 7), 20.

besitzen. Die Zeit ist raumähnlich, der Raum aber auch zeitähnlich, was Einstein allerdings nicht hervorgehoben hat.<sup>19</sup> Einstein hat wie die meisten Relativitätsphysiker nur die eine Seite der Analogie herausgestellt, die Raumähnlichkeit der Zeit, so dass sie als vierte Dimension erscheint, die statisch festliegt wie (scheinbar) der Raum. Diese Sichtweise beruht auf einer freilich sehr zweckmäßigen Reduktion. Es war vor allem der Göttinger Mathematiker Hermann MINKOWSKI, der bereits 1907 die Verschmelzung von Raum- und Zeitgrößen zu einem beeindruckend symmetrischen Gebilde vollzog. In einem Vortrag im Jahr 1908 kündigte er dies mit den berühmt gewordenen Worten an: „Von Stund an sollen Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art Union der beiden soll Selbständigkeit bewahren“.<sup>20</sup> Im selben Sinne plädiert Leopold INFELD für eine statische anstelle einer dynamischen Betrachtungsweise: „Hier wird Bewegung als etwas *Seiendes* dargestellt, etwas, was in dem zweidimensionalen Raum-Zeit-Kontinuum effektiv existiert, ... Nach dieser Lehre ist die statische Darstellung nämlich entschieden vorzuziehen, weil die Auffassung, Bewegung sei etwas im Räumlich-Zeitlichen effektiv Vorhandenes, ein zweckmäßigeres und objektiveres Bild der Wirklichkeit abgibt.“<sup>21</sup> Auf ein solches zeitloses Bild der Welt kam es Einstein an, es garantierte ihm die Möglichkeit, „fort aus den Fesseln der eigenen Wünsche“ „in die Welt des objektiven Schauens“ zu gelangen, „die Welt des Erlebens zu überwinden [...], um so Ruhe und Festigkeit zu suchen“.<sup>22</sup>

$E = mc^2$ . Doch zurück zu den harten Resultaten der Physik! Hier sei nur kurz angedeutet, dass es von der Speziellen Relativitätstheorie aus einen sehr einsichtigen Beweis für die Äquivalenz von Masse und Energie gibt, die in dem berühmten  $E = mc^2$  ausgedrückt ist. Da die Lichtgeschwindigkeit die unerreichbare Grenzgeschwindigkeit für massereiche Körper ist, werden diese um so träger, je schneller sie bewegt sind. Darum sind Ruhemasse  $m_0$  und Bewegtmasse  $m$  nicht identisch. Die Trägheit eines Systems hängt somit von seinem Energieinhalt ab, Energie ist träge, Masse ist latente Energie.

<sup>19</sup> Vgl. Axel Schmidt, *Natur und Geheimnis. Kritik des Naturalismus durch moderne Physik und scotische Metaphysik*, Freiburg – München 2003 (Symposion 119), 80–88; Ders., *Die relativistischen und quantenphysikalischen Paradoxa im Spiegel christlicher Metaphysik*: A. Graf von Brandenstein-Zeppelin – A. von Stockhausen (Hrsg.), *Vernunft und Glaube. Zur Komplementarität von Wissenschaft und christlichem Glauben*. Weilheim-Bierbrunn 2005, 67–85, 68–75.

<sup>20</sup> Hermann Minkowski, *Raum und Zeit*: Hendrik A. Lorentz – Albert Einstein – Hermann Minkowski, *Das Relativitätsprinzip. Eine Sammlung von Abhandlungen*, Stuttgart<sup>7</sup> 1974, 54–71, 54.

<sup>21</sup> Albert Einstein – Leopold Infeld, *Die Evolution der Physik*. Deutsch von Werner Preusser, Hamburg 1995, 201f.

<sup>22</sup> Einstein, *Mein Weltbild* (s. Anm. 17), 120.

Quantitativ gilt:  $m = m_0/\kappa$  mit  $\kappa = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

$$\text{Der Term } \frac{1}{\kappa} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

kann nach dem erweiterten Binomialsatz als Reihe entwickelt werden:

$$1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} + \frac{3}{8} \frac{v^4}{c^4} + \dots$$

Die Gleichung  $m = m_0 \frac{1}{\kappa}$  ergibt dann multipliziert mit  $c^2$ :

$$m c^2 = m_0 c^2 + \frac{1}{2} m_0 v^2 + \dots$$

Hierbei ist das zweite Glied  $\frac{1}{2} m_0 v^2$  die klassische kinetische Energie. Die zur Erreichung der Bewegung investierte Energie tritt offenbar als Massenzunahme in Erscheinung. Interpretiert man das erste (konstante) Glied  $m_0 c^2$  als Ruheenergie  $E_0$ , dann ist diese einzubeziehen in den Erhaltungssatz für die Energie.

Anders gesagt: Mit jeder Energie  $E$  ist entsprechend der Beziehung  $E = mc^2$  eine Masse verbunden und umgekehrt.<sup>23</sup>

**Allgemeine Relativitätstheorie.** Doch Einstein war mit der Speziellen Relativitätstheorie noch keineswegs zufrieden. Sie hatte nämlich den absoluten Raum noch keineswegs beseitigt, da nach wie vor nicht alle Bewegungszustände gleichberechtigt waren. Die Trägheitsbewegung blieb gegenüber jeder Art von Beschleunigung privilegiert, und das sah Einstein wie schon Ernst Mach als eine erkenntnistheoretisch unbefriedigende Fiktion an<sup>24</sup>. Alle Bewegungszustände sollten gleichberech-

<sup>23</sup> Vgl. Richard P. Feynman – Robert B. Leighton – Matthew Sands, Feynman Vorlesungen über Physik, Bd. I. Hauptsächlich Mechanik, Strahlung und Wärme, München–Wien<sup>3</sup>1997, 228–231.

<sup>24</sup> Vgl. Albert Einstein, Was ist Relativitätstheorie?: Ders., Mein Weltbild (s. Anm. 17), 144f; Autobiographisches (s. Anm. 7), 25; Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes: Lorentz – Einstein – Minkowski, Das Relativitätsprinzip (s. Anm. 20), 72–80, 73: „Man kann bei dieser Auffassung ebensowenig von der absoluten Beschleunigung des Bezugssystems sprechen, wie man nach der gewöhnlichen Relativitätstheorie von der absoluten Geschwindigkeit eines Systems reden kann.“ – Vgl. ferner Ders., Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie: ebd., 81–124, 83f. 86: „Die Gesetze der Physik müssen so beschaffen sein, dass sie in bezug auf beliebig

tigt sein! Auch von einem Karussell aus sollte es einen Zugang zur objektiven Natur geben.

Das Privileg verschwindet, wenn man die Trägheitskraft loswerden kann. Darum verfolgte Einstein die Idee, diese als eine nur relative Erscheinungsform von etwas anderem aufzufassen. Er sah die Lösung des Problems darin, dass es eine andere Erscheinung gibt, welche mit der Masse in quantitativ exakt gleicher Weise wie die Trägheit zusammenhängt: die Schwerkraft. Ähnlich wie Elektrizität und Magnetismus relative Erscheinungen eines höheren Wesens sind (Elektromagnetismus genannt), wobei es vom Bewegungszustand abhängt, welche der Erscheinungen in welchem Maße auftreten, sollten Schwerkraft und Trägheitskraft vom Bezugssystem abhängige Erscheinungen ein und desselben Wesens sein. Ein beschleunigtes System wäre dann von einem System im Schwerfeld ununterscheidbar.

Das war jedenfalls Einsteins Ausgangspunkt. Er landete aber nicht genau dort, wohin er wollte, sondern er erfand statt dessen eine grandiose Theorie der Gravitation. Hierüber urteilt Carl Friedrich von Weizsäcker wie folgt:

„Die spezielle Relativitätstheorie hatte Einstein wie eine reife Frucht gepflückt. Die Weiterführung zur allgemeinen Relativitätstheorie ist seine eigenste Leistung. Unter allen bekannten großen Theorien der Physik ist sie die einzige, bei der man zweifeln kann, ob sie bis heute überhaupt gefunden worden wäre, wenn derjenige nicht gelebt hätte, der sie in der Tat gefunden hat.“<sup>25</sup>

Eigentlich hatte Einstein den absoluten Raum Newtons loswerden wollen, der ihm wie eine „Mietskaserne“ erschien, in welche die Körper ein- und ausziehen. Tatsächlich aber reduziert die Allgemeine Relativitätstheorie den Raum nicht auf eine bloße Relation, sondern bringt ihn als eine physische Realität mit innerer Dynamik ins Spiel. Denn ihr gemäß wirken die Massen nun auf den Raum mitsamt der Zeit ein und „krümmen“ sie, wie man sagt. Die Raumzeit wird zum physikalischen Gegenstand, „der Wirkungen ausübt und erleidet“.<sup>26</sup>

Damit blieb entgegen dem ursprünglichen Anliegen Einsteins die Dualität von Körper und Raum(zeit) erhalten. Alle späteren Bemühungen Einsteins konzentrierten sich darauf, diese Dualität auf einen einzigen Pol hin aufzulösen. Denn die Natur sollte sich durch möglichst große Einheitlichkeit ausweisen.<sup>27</sup> Die späteren

bewegte Bezugssysteme gelten.“ – Vgl. auch Hoffmann – Dukas (s. Anm. 4), 125ff; Peter Mittelstaedt, Philosophische Probleme der modernen Physik. Mannheim – Wien – Zürich <sup>7</sup>1989, 82ff. – Zum Einfluss Machs auf Einstein vgl. William Lane Craig, *Time and the Metaphysics of Relativity*, Dordrecht – Boston – London, 2001, 122ff.

<sup>25</sup> Weizsäcker, *Wahrnehmung der Neuzeit* (s. Anm. 6), 128.

<sup>26</sup> Weizsäcker, *Die Einheit der Natur* (s. Anm. 14), 149.

<sup>27</sup> Vgl. z.B. Einstein, *Mein Weltbild* (s. Anm. 17), 130: „Nach unserer bisherigen Erfahrung sind wir nämlich zum Vertrauen berechtigt, dass die Natur die Realisierung

Versuche Einsteins gingen den umgekehrten Weg: nicht den Raum auf Relationen von Körpern zurückzuführen, sondern die Körper als singuläre Stellen im Raum-Zeit-Kontinuum zu erklären.

**Die Suche nach letzter Vereinheitlichung.** Damit begann die Tragik der letzten Lebensjahre Einsteins. Er suchte eine allgemeine Feldtheorie, welche alle damals bekannten Felder umfasste: die Gravitation, aber auch das elektromagnetische Feld. An dieser Aufgabe scheiterte er. Zwar gelang es ihm, allgemeine Feldgleichungen für das Wechselverhältnis von Materieverteilung und Geometrie der Raumzeit zu finden; diese sog. Einsteinschen Feldgleichungen setzen das Maß für die Krümmung der Raumzeit mit dem Maß für die Verteilung der Energie gleich.<sup>28</sup> Diese Gleichungen sind für kosmologische Überlegungen von zentraler Bedeutung, weil die Gravitation gesamtkosmisch die einzig relevante Wechselwirkung ist. Aber die anderen Felder ließen sich nicht auf ähnliche Weise handhaben.

Warum nicht? Weil die Wechselwirkungen eine quantentheoretische Deutung erfordern, d.h. sie sind Wahrscheinlichkeitsfelder für das Auftreten von Teilchen. Gerade diese Deutung war Einstein jedoch zeitlebens ein Dorn im Auge, er schreibt dazu:

„Ich kann nicht umhin, zu bekennen, dass ich dieser Interpretation nur eine vorübergehende Bedeutung beimesse. Ich glaube noch an die Möglichkeit eines Modells der Wirklichkeit, d.h. einer Theorie, die die Dinge selbst und nicht nur die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens darstellt.“<sup>29</sup>

Dabei hat Einstein zur Quantentheorie selbst einen fundamentalen Beitrag geleistet. Im Jahr 1905 konnte er den photoelektrischen Effekt durch die Hypothese erklären, das bisher als elektromagnetische Welle gedeutete Licht müsse körperhaft (als Photonen) auftreten. Für diese äußerst gewagte Hypothese, die er selbst „sehr revolutionär“<sup>30</sup> nannte, bekam er später den Nobelpreis. Über vierzig Jahre später (1949) schreibt er im Rückblick dazu:

des mathematisch denkbar Einfachsten ist.“ – Vgl. auch Physik und Realität (s. Anm. 11), 68. 105.

<sup>28</sup> Vgl. Michael Berry, Kosmologie und Gravitation. Eine Einführung. Aus dem Englischen übersetzt von Anita Ehlers. Stuttgart 1990, 82f; Jürgen Audretsch, Ist die Raum-Zeit gekrümmt? Der Aufbau der modernen Gravitationstheorie: Ders., / Klaus Mainzer (Hrsg.), Philosophie und Physik der Raum-Zeit, Mannheim-Wien-Zürich <sup>2</sup>1997, 52–82, 73f.

<sup>29</sup> Mein Weltbild (s. Anm. 17), 132.

<sup>30</sup> Vgl. Hoffmann – Dukas (s. Anm. 4), 53. Einstein bezieht sich auf seine Arbeit Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt: Annalen der Physik 17 (1905) 132–148 (s. o. Anm. 5).

„All meine Versuche, das theoretische Fundament der Physik diesen Erkenntnissen anzupassen, scheiterten aber völlig. Es war, wie wenn einem der Boden unter den Füßen weggezogen worden wäre, ohne dass sich irgendwo fester Grund zeigte, auf dem man hätte bauen können.“<sup>31</sup>

Warum Einstein das Gefühl hatte, dass ihm der Boden unter den Füßen weggezogen wurde, und warum er zeitlebens versucht hat, den alten Boden zurückzugewinnen, wird nur aus der metaphysischen Haltung Einsteins verständlich.

## 2. Das metaphysische Interesse Einsteins

Der Punkt, den Einstein wie kein anderer Physiker als neuralgisch erkannt hatte, war der Realitätsbegriff der Quantentheorie. Sie fordert dazu auf, den klassischen Determinismus zu opfern. Physikalisch prognostizierbar sind nur Wahrscheinlichkeiten.

Einstein verstand die Realität als etwas Objektives, „das unabhängig vom Wahrgenommenwerden gedacht wird“. Er war sich vollkommen bewusst, dass es hier um etwas Metaphysisches ging, wie er überhaupt davon überzeugt war, „dass jeder wahre Theoretiker eine Art gezähmter Metaphysiker ist, auch wenn er sich selbst als einen noch so reinen `Positivist` sehen möchte.“<sup>32</sup> Da es insbesondere die Quantentheorie war, die an seiner Vorstellung von objektiver Realität rüttelte, wundert es nicht, dass Einstein sie immer in diesem Zusammenhang diskutierte. Um das folgende Zitat aus seiner Autobiographie zu verstehen, seien einige Erläuterungen vorangestellt. Nach der Quantentheorie gibt es sog. kommensurable und inkommensurable Größen; die einen sind gleichzeitig messbar, die anderen nicht. Der Zustand ( $\theta$ ) eines Objekts ist bereits vollständig bestimmt, wenn alle kommensurablen Größen gegeben sind, obwohl es daneben andere (inkommensurable) Größen gibt, die unbestimmt bleiben und über deren Wert nur ein Wahrscheinlichkeitswissen verfügbar ist. Und es unterliegt sogar der freien Willkür des Experimentators, welcher Satz kommensurabler Größen (durch eine Präparation oder Messung) bestimmt wird und welche Größen unbestimmt gelassen werden, ob man also z.B. den Ort oder den Impuls eines Teilchens bestimmen will. Dies ist in der klassischen Physik anders; diese kennt keine inkommensurablen Größen; ein vollständig bestimmter Zustand lässt keine Größe offen. Die Behauptung der Quantentheoretiker, dass die  $\theta$ -Funktion eine vollständige Zustandsbeschreibung darstellt, hat allerdings verheerende Konsequenzen für den Objektivitätsbegriff, was

<sup>31</sup> Autobiographisches (s. Anm. 7), 17.

<sup>32</sup> Einstein, On the Generalized Theory of Gravitation: Scientific American 182 (1954); zitiert in: Alice Calaprice (Hrsg.), Einstein sagt. Zitate, Einfälle, Gedanken. Vorwort von Freeman Dyson, München – Zürich <sup>2</sup>2005, 151.

Einstein schon sehr bald erkannte. Es gibt dann nämlich Eigenschaften, die eine Zeit lang nicht lediglich unbekannt, sondern objektiv unbestimmt sind – solange, bis sie etwa durch eine Messung bestimmt werden. Für den Fall, dass ein Objekt aus miteinander verschränkten Teilsystemen besteht, würde die Messung am ersten Teilsystem  $S_1$  zugleich den Zustand von  $S_2$  bestimmen. Zu diesem später EPR-Paradoxon<sup>33</sup> genannten Sachverhalt merkt Einstein an:

„Aber an einer Annahme sollten wir nach meiner Ansicht unbedingt festhalten: Der reale Sachverhalt (Zustand) des Systems  $S_2$  ist unabhängig davon, was mit dem von ihm räumlich getrennten System  $S_1$  vorgenommen wird. Je nach der Art der Messung, welche ich an  $S_1$  vornehme, bekomme ich aber ein andersartiges  $\Theta_2$  für das zweite Teilsystem. Nun muss aber der Realzustand von  $S_2$  unabhängig davon sein, was an  $S_1$  geschieht. Für denselben Realzustand von  $S_2$  können also (je nach Wahl der Messung an  $S_1$ ) verschiedene  $\Theta$ -Funktionen gefunden werden. (Diesem Schlusse kann man nur dadurch ausweichen, dass man entweder annimmt, dass die Messung an  $S_1$  den Realzustand von  $S_2$  (telepathisch) verändert, oder aber dass man Dingen, die räumlich voneinander getrennt sind, unabhängige Realzustände überhaupt abspricht. Beides scheint mir ganz inakzeptabel.)“<sup>34</sup>

Einstein schildert damit die Konsequenzen des von ihm selbst erdachten Experiments. Damit wollte er erweisen, dass die Quantentheorie zwar nicht falsch, aber unvollständig sein muss. Sie sollte nur als vorläufige Theorie gelten. Die Unbestimmtheiten, die sie enthält, sollten lediglich Ausdruck unseres fehlenden Wissens sein, es sollte darum Parameter geben, die alles objektiv festlegen, freilich für die Theorie verborgen. 1935 resümiert er gemeinsam mit Boris PODOLSKY und Nathan ROSEN:

„Wir werden so gezwungen zu schließen, dass die durch die Wellenfunktionen vermittelte quantenmechanische Beschreibung der physikalischen Realität nicht vollständig ist.“<sup>35</sup>

Hauptgegner in dieser Debatte war Niels BOHR und dessen Kopenhagener Deutung der Quantentheorie. Der amerikanische Physiker John BELL, der persönlich Einsteins Sicht bevorzugte, bemerkte, dass das Experiment in abgewandelter Weise durchgeführt werden kann. Bell konnte aufgrund einfacher algebraischer

<sup>33</sup> Wegen der Initialen der Verfasser des Beitrags: Albert Einstein – Boris Podolsky – Nathan Rosen, *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?*: *Physical Review* 47 (1935) 777–780. Dt. Übersetzung in Kurt Baumann – Roman U. Sexl, *Die Deutungen der Quantentheorie*, Braunschweig<sup>3</sup>1987, 80–86.

<sup>34</sup> Autobiographisches (s. Anm. 7), 32.

<sup>35</sup> Einstein – Podolsky – Rosen (s. Anm. 33), 86. Vgl. auch Einstein, Autobiographisches (s. Anm. 7), 31f; ders., *Aus meinen späten Jahren* (s. Anm. 11), 96–100. S. u. Anm. 58.

Überlegungen beweisen, dass Einsteins metaphysische These erfordert, dass die Auswertung experimenteller Messungen im Rahmen gewisser statistischer Ungleichungen bleiben muss. Werden die Ungleichungen erfüllt, hat Einstein recht, werden sie verletzt, ist die Kopenhagener Deutung richtig. Damit lässt sich also experimentell bestimmen, ob die Quantentheorie vollständig oder unvollständig ist, ob es zusätzliche Parameter gibt, die die Natur determinieren, oder ob es sie nicht gibt, d.h. dass die Zukunft offen ist. Abner SHIMONY hat für diesen Zusammenhang den Ausdruck „experimentelle Metaphysik“ geprägt<sup>36</sup>, denn hier lässt sich zum ersten Mal in der Geschichte des Denkens eine metaphysische Behauptung experimentell prüfen.<sup>37</sup>

Realisiert hat die schwierigen Experimente zuerst der Franzose Alain ASPECT. Seine Ergebnisse aus den 80er Jahren geben eindeutig Auskunft: „Bohr gewinnt, Einstein verliert.“<sup>38</sup> Doch das hat Einstein selbst nicht mehr erlebt. Wohl hatte er das für ihn inakzeptable Ergebnis vorausgesehen. In einem Brief an Cornelius Lanczos am 21. 3. 1942 schreibt er:

„Es scheint hart, dem Herrgott in seine Karten zu gucken. Aber dass er würfelt und sich ‚telepathischer‘ Mittel bedient (wie es ihm von der gegenwärtigen Quantentheorie zugemutet wird), kann ich keinen Augenblick glauben.“<sup>39</sup>

Zum Objektivitätsbegriff Einsteins gehört seine Überzeugung, dass es von der Welt im ganzen ein adäquates Bild geben müsse.

„Ich glaube, der stolze Name [Weltbild] ist wohlverdient, denn die allgemeinen Gesetze, auf die das Gedankengebäude der theoretischen Physik gegründet ist, erheben den Anspruch, für jedes Naturgeschehen gültig zu sein. Auf ihnen sollte sich auf dem Wege reiner gedanklicher Deduktion die Abbildung, d.h. die Theorie eines jeden Naturprozesses einschließlich der Lebensvorgänge finden lassen...“<sup>40</sup>

Die Abbildbarkeit der Welt setzt insbesondere ein bestimmtes Verständnis der Zeit voraus, wie Einstein es in der Relativitätstheorie vorgefunden und expliziert hatte: die Zeit als etwas dem Raume Analoges und letztlich auf diesen Zurückführbares. So ist Einstein überzeugt:

<sup>36</sup> Abner Shimony, Contextual hidden variables theories and Bell's inequalities: British Journal for the Philosophy of Science 35 (1984) 25–45.

<sup>37</sup> Vgl. Jammer (s. Anm. 7), 62.

<sup>38</sup> Paul Davies, Gott und die moderne Physik, München 1986, 143.

<sup>39</sup> Einstein, Briefe (s. Anm. 1), 65.

<sup>40</sup> Mein Weltbild (s. Anm. 17), 121.

„Dem Begriff der objektiven Zeit geht aber der des Raumes voraus...“<sup>41</sup>

So wie der Raum festliegt, soll ebenso die Zeit stillgelegt werden. Dann nämlich kann die Zukunft als festgelegt betrachtet werden; sie wäre dann nur subjektiv unbekannt und genauso unbeeinflussbar wie die Vergangenheit. Aus der stillgelegten Zeit kann Einstein sogar Trost schöpfen. 1955 schreibt er in einem Kondolenzbrief:

„Nun ist er mir auch mit dem Abschied von dieser sonderbaren Welt ein wenig vorausgegangen. Dies bedeutet nichts. Für uns gläubige Physiker hat die Scheidung zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nur die Bedeutung einer wenn auch hartnäckigen Illusion.“<sup>42</sup>

Die Relativitätstheorie scheint diese Sicht zu bestätigen. Der Mathematiker Hermann Weyl drückt sie in völliger Übereinstimmung mit Einstein so aus:

„Die objektive Welt *ist* schlechthin, sie *geschieht* nicht. Nur dem Blick des in der Weltlinie meines Leibes emporkriechenden Bewusstseins ‚lebt‘ ein Ausschnitt dieser Welt ‚auf‘ und zieht an ihm vorüber als räumliches, in zeitlicher Wandlung begriffenes Bild.“<sup>43</sup>

Die stillgelegte Zeit dient der adäquaten Abbildung der Wirklichkeit und ist die konsequenteste Durchführung des Determinismus. Abbildbar ist nur eine Welt, deren Zukunft jetzt schon – immer schon, weil zeitlos – festliegt, die also in all ihren Erstreckungen determiniert ist. Für Einstein gibt der Determinismus eine Art Sicherheitsgarantie für den menschlichen Geist gegenüber der archaischen

„Angst vor dem Eingriff überirdischer, willkürlich wirkender Gewalten in sein Schicksal. Diese Unsicherheit des menschlichen Geistes, sich selbst und der Natur gegenüber überwunden zu haben, ist die große Wirkung der Wissenschaft auf den menschlichen Geist.“<sup>44</sup>

Einstein war Physiker geworden, um die Angst vor dem Unvorhersehbaren loszuwerden. Freimütig bekennt er am Ende seines Lebens, dass er „vom Ich und vom Wir in das Es“ geflohen ist, als er sich „mit Haut und Haar der Wissenschaft ver-

<sup>41</sup> Aus meinen späten Jahren (s. Anm. 11), 70.

<sup>42</sup> An die Hinterbliebenen seines Jugendfreundes Michele Besso. Hoffmann – Dukas (s. Anm. 8), 302. 304. Vgl. Albert Einstein, Correspondance avec Michele Besso. 1903 – 1955. Traduction, notes et introduction de Pierre Speziali, Paris 1979, 312.

<sup>43</sup> Hermann Weyl, Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft, München – Wien<sup>3</sup>1966, 150.

<sup>44</sup> Aus meinen späten Jahren (s. Anm. 11), 20.

schrrieb.“<sup>45</sup> Das personale Ich ist gebunden an ein fließendes Jetzt, in dem es seine jeweils offene Zukunft frei gestaltet. Doch eine offene Zukunft stört den Glauben an vollständige Objektivität. Darum kann man das Ich nur wirksam loswerden, wenn man leugnen kann, dass die Zukunft offen ist, wenn alles bereits festgelegt ist und es somit kein objektives, nur ein subjektives Geschehen gibt.

Einstein betrieb Physik aus metaphysischen Gründen, und er wusste, was er tat. Selbstverständlich schied er auch die Freiheit aus seinem Weltbild aus:

„An Freiheit des Menschen im philosophischen Sinne glaube ich keineswegs. Jeder handelt nicht nur unter äußerem Zwang, sondern auch gemäß innerer Notwendigkeit. Schopenhauers Spruch: ‚Ein Mensch kann zwar tun, was er will, aber nicht wollen, was er will‘, hat mich seit meiner Jugend lebendig erfüllt und ist mir beim Anblick und beim Erleiden der Härten des Lebens immer ein Trost gewesen und eine unerschöpfliche Quelle der Toleranz. Dieses Bewusstsein mildert in wohlthätiger Weise das leicht lähmend wirkende Verantwortungsbewusstsein und macht, dass wir uns selbst und die andern nicht gar zu ernst nehmen.“<sup>46</sup>

Die fehlende Freiheit mindert nicht nur das Verantwortungsgefühl, sondern wird von Einstein auch ausdrücklich mit dem Gottesbegriff in Verbindung gebracht:

„Wer von der kausalen Gesetzmäßigkeit allen Geschehens durchdrungen ist, für den ist die Idee eines Wesens, welches in den Gang des Weltgeschehens eingreift, ganz unmöglich.“<sup>47</sup>

Diese metaphysische Überzeugung hält Einstein sein ganzes Leben lang durch. Sie ist maßgebend für seine Beurteilung physikalischer Theorien, wie ein Brief von August 1927 zeigt:

„Ich kann mir keinen persönlichen Gott denken, der die Handlungen der einzelnen Geschöpfe direkt beeinflusste oder über seine Kreaturen direkt zu Gericht säße. Ich kann es

<sup>45</sup> An den Dichter Hermann Broch (ca. 1945); Hoffmann – Dukas (s. Anm. 8), 298: „Ich bin fasziniert von Ihrem Vergil und wehre mich beständig gegen ihn. Es zeigt mir das Buch deutlich, vor was ich geflohen bin, als ich mich mit Haut und Haar der Wissenschaft verschrieb: Flucht vom Ich und vom Wir in das Es.“

<sup>46</sup> Mein Weltbild (s. Anm. 17), 9f.

<sup>47</sup> Ebd., 20. – Vgl. ebd., 12: „Einen Gott, der die Objekte seines Schaffens belohnt und bestraft, der überhaupt einen Willen hat nach der Art desjenigen, den wir selbst erleben, kann ich mir nicht einbilden. Auch ein Individuum, das seinen Tod überdauert, mag und kann ich mir nicht denken; mögen schwache Seelen aus Angst oder lächerlichem Egoismus solche Gedanken nähren. Mir genügt das Mysterium der Ewigkeit des Lebens und das Bewusstsein und die Ahnung von dem wunderbaren Bau des Seienden sowie das ergebene Streben nach dem Begreifen eines noch so winzigen Teiles der in der Natur sich manifestierenden Vernunft.“

nicht, trotzdem die mechanistische Kausalität von der modernen Wissenschaft bis zu einem gewissen Grade in Zweifel gestellt wird.“<sup>48</sup>

Einstein nimmt den Kampf zwischen Glauben und Unglauben ernst und bleibt der Wahrheit verpflichtet. Obwohl seine Vorliebe für einen spinozistischen Gott klar ist, macht er aus ihr keine Ideologie. Im Jahr 1941 schreibt er:

„In dieser persönlichen Gottesidee liegt nun die Hauptursache des gegenwärtigen Konflikts zwischen der religiösen und der wissenschaftlichen Sphäre. Die Wissenschaft sucht, allgemeine Regeln aufzustellen, die den gegenseitigen Zusammenhang der Dinge und Ereignisse in Raum und Zeit bestimmen. Für diese Regeln, beziehungsweise Naturgesetze wird allgemeine und ausnahmslose Gültigkeit gefordert – nicht bewiesen. Es ist zunächst nur ein Programm, und der Glaube in seine prinzipielle Durchführbarkeit ist nur durch Teilerfolge begründet.“<sup>49</sup>

Einstein unterscheidet Wunsch und Wirklichkeit. Denn er weiß, dass die Wissenschaft die durchgängige Determination der Wirklichkeit durch die Naturgesetze nur fordern, aber nicht beweisen kann. „Gott würfelt nicht“, das war ein Grundsatz, an dem er nicht rütteln lassen wollte. Aber er wusste, dass dieses Programm durch Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation schweren Schaden genommen hatte. Im Jahre 1924 schrieb er:

„Der Gedanke, dass ein einem Strahl ausgesetztes Elektron *aus freiem Entschluss* den Augenblick und die Richtung wählt, in der es fortspringen will, ist mir unerträglich. Wenn schon, dann möchte ich lieber Schuster oder gar Angestellter in einer Spielbank sein als Physiker.“<sup>50</sup>

In den letzten drei Jahrzehnten, von 1925 bis zu seinem Tod 1955 muss Einstein mehr und mehr erkennen, dass die Wissenschaft nicht leistet, was er von ihr erwartet hatte, als er sich ihr verschrieb. Ja, umgekehrt, die Physik ist dabei, das Personale als den Grund aller Wirklichkeit wieder plausibel zu machen. Wenn die Welt nicht nach einem mechanischen Plan abläuft, wenn es neben den harten Gesetzen der Naturwissenschaft auch Ereignisse gibt, die von diesen Gesetzen nur mit Wahrscheinlichkeit vorausgesagt werden, dann wird Spinozas Formel (*Deus sive natura*) hinfällig. Dann ist Gott nicht mit der Natur gleichzusetzen. Dann liegt es eher nahe, zu sagen, der Grund der Welt, mit üblichem Namen Gott genannt, ist frei und handelt nach Plan. Sein Handeln in der Welt ist nicht durch Naturgesetze festgelegt, sondern er selbst bestimmt die Gesetze.

<sup>48</sup> Einstein, Briefe (s. Anm. 1), 63.

<sup>49</sup> Einstein, Aus meinen späten Jahren (s. Anm. 11), 44.

<sup>50</sup> Brief vom 29. 4. 1924 an Max Born: Einstein, Briefwechsel mit Max Born (s. Anm. 3), 118.

### 3. Was Einstein nicht wissen wollte: Eine alternative Metaphysik der Natur

„Gott würfelt nicht!“, sagte Einstein, worauf Bohr entgegnete: „Es ist nicht die Frage, ob Gott würfelt, sondern was wir meinen, wenn wir sagen, Gott würfele nicht.“ Und ein anderes Mal erwiderte er:

„Aber es kann doch nicht unsere Aufgabe sein, Gott vorzuschreiben, wie Er die Welt regieren soll.“<sup>51</sup>

Um die sog. Kopenhagener Deutung der Quantentheorie zu begreifen, die Niels Bohr und Werner Heisenberg entwickelten, sei eine kurze Vorüberlegung gestattet. Was ist eigentlich paradoxer: dass unsere Begriffe die Wirklichkeit sollen abbilden können – oder dass sie für diese Aufgabe untauglich sind? Bedenken wir: die Wirklichkeit ist zeitlich, sie verändert sich ständig, die Begriffe aber sind zeitlos, sie sind und bleiben, was sie sind.

Wenn wir über das Wirkliche mit Begriffen reden, dann muss die Zeit im Begriff gleichsam stillgelegt werden. Wenn etwas paradox ist, dann doch wohl zunächst diese Aufgabe der Physik, die sich ständig verändernde Wirklichkeit mit prinzipiell zeitlosen Begriffen zu beschreiben. Martin HEIDEGGER drückt dieses Kunststück prägnant so aus:

„Das [naturwissenschaftliche] Vorgehen muss daher das Veränderliche in seiner Veränderung vorstellen, zum Stehen bringen und gleichwohl die Bewegung eine Bewegung sein lassen. ... Das Beständige der Veränderung in der Notwendigkeit ihres Verlaufs ist das Gesetz.“<sup>52</sup>

Die Paradoxie dieser Aufgabe wird freilich aufgrund des Erfolgs der klassischen Physik kaum noch empfunden, im Gegenteil: Jetzt erscheint die Aufdeckung der unaufhebbaren Inadäquatheit solchen Tuns durch die Quantentheorie paradox. Je nach dem metaphysischen Standpunkt erscheint bald das eine oder das andere paradox.

**Möglichkeiten der Zukunft.** Doch sehen wir genau zu, was durch die Quantentheorie eigentlich in Frage gestellt ist. Es ist nicht, wie manchmal gesagt wird, der Gesetzescharakter der physikalischen Prozesse, nicht der Begriff der Kausalität. Es geht vielmehr um das Verhältnis der mathematischen Repräsentation und der durch sie begriffenen Wirklichkeit. Nach der Quantentheorie bezieht sich die Zustandsfunktion nicht unmittelbar auf Einzelereignisse in der Zeit, sondern allein

<sup>51</sup> Werner Heisenberg, Der Teil und das Ganze Gespräche im Umkreis der Atomphysik, München 1973, <sup>13</sup>1993, 100.

<sup>52</sup> Martin Heidegger, Die Zeit des Weltbildes: Ders., Holzwege, Frankfurt a. M. <sup>6</sup>1980, 80.

auf deren Möglichkeit bzw. Wahrscheinlichkeit.<sup>53</sup> Anders gesagt: Die Quantentheorie zwingt dazu, Fakten und Möglichkeiten zu unterscheiden, was in der klassischen Physik gerade nicht geschieht. Genau durch die Gleichbehandlung von vergangenen Fakten und zukünftigen Möglichkeiten ging dort der Fluss der Zeit verloren, durch die quantentheoretische Kritik wird er ein wieder ernstzunehmendes physikalisches Phänomen. Carl Friedrich von Weizsäcker trifft den Punkt, wenn er schreibt:

Es wird „eine Physik als klassisch bezeichnet, wenn sie grundsätzlich ohne den Wahrscheinlichkeitsbegriff formuliert werden könnte. Im 11. Kapitel [vom *Aufbau der Physik*] nennen wir eine Physik klassisch, welche Möglichkeiten grundsätzlich wie Fakten beschreibt. Beides ist derselbe Grundgedanke, der im Bereich zeitlicher Logik natürlich ist; die zeitliche Logik ist ihrem Ansatz nach ‚nichtklassisch‘.“<sup>54</sup>

Die klassische Physik lässt keinen Raum für unbestimmte Möglichkeiten, sie kennt keine alternativen Ausgänge eines Experiments für den Einzelfall, denn dieser ist durch die Ausgangsbedingungen gemäß den allgemeinen Gesetzen streng determiniert. Alternativ sind lediglich die Ausgangsbedingungen und abhängig davon dann auch die Versuchsergebnisse. Zu einem bestimmten Zeitpunkt gibt es für ein individuelles Objekt nur jeweils einen möglichen Zustandswert. Die Zukunft ist nicht offen, sondern liegt jetzt schon fest. – Genau diese Grundannahme ist nach der Quantentheorie zu revidieren: Ein Objekt besitzt zwar eine definierbare, zeitabhängige Zustandsfunktion, doch diese lässt für jeden zukünftigen Zeitpunkt eine Fülle von alternativen Messwerten offen. Über das, was sich ereignen wird, ist deshalb nur ein Wahrscheinlichkeitswissen verfügbar. Mit anderen Worten: Zukünftige Alternativen sind nicht vorentschieden; sie werden erst im jeweiligen Augenblick entschieden, wenn etwa eine Messung vorgenommen wird. Der Ausgang einer einzelnen Messung ist nicht voraussagbar, er erscheint als Gesetzlosigkeit, als Zufall. Nur im statistischen Mittel herrscht strenge Gesetzmäßigkeit.<sup>55</sup>

**Unbestimmtheiten.** Der Begriff der unentschiedenen Alternative wurde den Physikern durch verschiedene Experimente aufgezwungen; die Physik hat, wie

<sup>53</sup> Vgl. Heisenberg (s. Anm. 51), 100; Schmidt, Die relativistischen und quantenphysikalischen Paradoxa (s. Anm. 19), 77–81; ders., Quantentheorie als Vernunftkritik: Eberhard Schockenhoff – Max G. Huber (Hrsg.), Gott und der Urknall. Physikalische Kosmologie und Schöpfungsglaube (Grenzfragen 29), Freiburg 2004, 217–260, 239–249.

<sup>54</sup> Weizsäcker, Aufbau der Physik (s. Anm. 14), 289.

<sup>55</sup> Vgl. Richard P. Feynman, Vom Wesen physikalischer Gesetze. Aus d. Amer. von Siglinde Summerer u. Gerda Kurz, München – Zürich 2000, 157–182.

FEYNMAN sagt, „die Waffen gestreckt“<sup>56</sup> angesichts nicht zu leugnender Unbestimmtheitsphänomene.

„Nicht unsere Unkenntnis des inneren Getriebes, der inneren Komplikationen, ist es also, die uns die Wahrscheinlichkeit in die Natur hineinlegen lässt. Sie scheint der Natur vielmehr innezuwohnen. Irgend jemand hat es einmal so formuliert: ‚Nicht einmal die Natur selber weiß, welchen Weg das Elektron einschlagen wird.‘“<sup>57</sup>

Das Elektron, von dem hier paradigmatisch die Rede ist, lässt merkwürdigerweise die scheinbar selbstverständliche Eigenschaft vermissen, in allen seinen klassischen Zustandsgrößen vollständig bestimmt zu sein: Bestimmt man seinen Ort exakt, so verschwimmt sein Impuls, wird dieser scharf gemessen, so verliert man das Wissen über seinen Aufenthaltsort. Quantitativ wird dieser Zusammenhang durch die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation ausgedrückt. Das Mindestmaß der Unbestimmtheit zweier komplementärer Größen (z.B. Ort und Impuls) ist nicht Null, sondern eine endliche (wenn auch sehr kleine) Konstante, das Plancksche Wirkungsquantum  $h$ : je genauer die eine Größe bestimmt ist, um so unschärfer ist die andere.  $\Delta p \cdot \Delta q \geq h$ .

Der experimentell erwiesene Unterschied von entschiedenen und unentschiedenen Alternativen verbietet die Gleichbehandlung von Vergangenheit und Zukunft. Erstere ist der Inbegriff der entschiedenen, letztere der unentschiedenen Alternativen.

Damit in der Zukunft gegensätzliche, zur Entscheidung anstehende Alternativen real möglich sind, muss der gerade gegenwärtige Zustand eine gewisse Unbestimmtheit aufweisen hinsichtlich seiner zukünftigen Weiterentwicklung. Ein Zustand hat immer alternative Möglichkeiten, von denen einige in Zukunft realisiert werden, während die Mehrzahl unverwirklicht bleibt. (Für ein freies Wesen ist das selbstverständlich, für ein physikalisches Objekt ist es höchst erstaunlich.) Das maximale Wissen, das von einem Objekt gewonnen werden kann, besteht im Wissen über all seine Möglichkeiten und damit über die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens gewisser Meßwerte. Die Möglichkeiten entwickeln sich gemäß einer deterministischen Funktion (Zustandsfunktion), d.h. über sie gibt es sicheres Wissen und Vorauswissen, nicht jedoch über die zukünftigen Einzelereignisse. Über diese gibt es nur ein Wissen statistischer Art.

**Keine verborgenen Parameter.** Warum ist das maximale Wissen auf die reale Möglichkeit beschränkt? Warum kann es grundsätzlich kein Wissen über die zukünftige Wirklichkeit (der Einzelereignisse) geben? Anders gesagt: Warum kann

<sup>56</sup> Ebd., 179.

<sup>57</sup> Ebd., 180.

es keine verborgenen Parameter<sup>58</sup> geben, die auch die Wirklichkeit restlos bestimmen? Verborgene heißen diese mutmaßlichen Parameter, weil wir sie (noch) nicht kennen, aber prinzipiell kennen sollten. Wodurch aber sollten die gesuchten Parameter charakterisiert sein? Damit wird die grundsätzliche Frage aufgeworfen: Was heißt Wissen?<sup>59</sup>

Für Einstein beruht jedes Wissen auf einer Abbildung der Wirklichkeit. Die Abbildung ist aber etwas Zeitloses. Einstein bedenkt nicht bzw. er möchte ausschließen, dass es eine Art von Wissen gibt, das die Zeit nicht tilgt, sondern der fließenden Gegenwart gerecht wird. Ein solches Wissen ist die Anschauung. Diese Art von Wissen schließt nicht aus, dass sein Gegenstand frei ist. Einer freien Tat kann ich zuschauen und so um sie wissen, ich kann sie aber nicht voraussagen, weil es kein Gesetz gibt, nach dem sie geschieht.

Die Quantentheorie befreit das Denken aus den Klammern eines verengten naturalistischen Materieverständnisses, das durch die klassische Physik befördert worden war. Einstein ist die Symbolgestalt für alle Wissenschaft, die das einmalige Ich, die Freiheit und einen persönlichen Gott als störende Faktoren aus der Wirklichkeitsbetrachtung ausscheiden will. Doch die Physik, der harte Kern der Neuzeit, hat dieses Programm schließlich zum Scheitern verurteilt. Sie weist uns vielmehr auf das Geheimnis hin, das schon die sichtbare Welt durchwaltet. Um das Geheimnis anzuerkennen, muss freilich eine Trauerarbeit geleistet werden, wie Carl Friedrich von Weizsäcker gesagt hat, und das lehnen viele bis heute ab.

Der Glanz Einsteins ist bekannt, seine Tragik bisher kaum. Für Tragik hatte das 20. Jahrhundert keinen Sinn, es wollte nur Sieg und Erfolg. Dafür erlebte es die Tragik an der eigenen Haut. Wird das 21. Jahrhundert mehr Sinn dafür haben, mehr Sinn für die Lage des Menschen? Dann hätte sich Einsteins Kampf gegen den personalen Gott nach Psalm 8 sogar gelohnt: „Aus dem Mund der Kinder und Säuglinge schaffst du dir Lob, deinen Gegnern zum Trotz.“

<sup>58</sup> Die Idee verborgener Parameter besteht in der Ansicht, dass die quantentheoretische Beschreibung der Zustände unvollständig sein müsse und durch (bisher) verborgene Parameter zu ergänzen sei; dann wäre der Indeterminismus nur Ausdruck unseres unvollständigen Wissens. Aufgrund der Experimente von A. Aspect und P. Grangier ist definitiv bewiesen, dass Theorien lokaler verborgener Parameter falsch sind, denn sie müssen den sog. Bellschen Ungleichungen genügen, welche aber im Experiment verletzt werden. – Vgl. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics* (s. Anm. 35), 302–339; Audretsch, *Die Unvermeidbarkeit der Quantenmechanik* (s. Anm. 35). – Albert Einstein konnte sich zeit seines Lebens nicht damit abfinden, dass „Gott würfeln“. Vgl. Niels Bohr, *Diskussion mit Einstein über erkenntnistheoretische Probleme in der Atomphysik*; Schilpp (s. Anm. 7), 84–119, 105ff; Weizsäcker, *Aufbau* (s. Anm. 35), 513; Dieter Hattrup, *Einstein und der würfelnde Gott*, Freiburg 2001.

<sup>59</sup> Nähere Ausführungen dazu in meinen Beiträgen *Quantentheorie als Vernunftkritik* (s. Anm. 53), 249–258 sowie *Die relativistischen und quantenphysikalischen Paradoxa* (s. Anm. 19), 81–84.