

ZU DIESEM BUCH

Mit diesem Briefwechsel der beiden Nobelpreisträger wird ein für die Geschichte der Naturwissenschaften unschätzbares Quellenmaterial geboten. Die Frage der Anerkennung der Relativitätstheorie mit allen politischen und wissenschaftlichen Rückwirkungen wird ebenso ausführlich diskutiert wie das Determinismus-Problem, über das sich Einstein und Born nie einigen konnten. Einstein hielt am Determinismus fest («Gott würfelt nicht!»), Born entschied sich für die indeterministische Interpretation der Atomtheorie, womit er die heute allgemein akzeptierte Auffassung vorbereitete. Die Verständlichkeit des Buches für den Laien wird durch den rückschauenden, den Zeithintergrund verdeutlichenden Kommentar Max Borns garantiert. Zwei weitere Nobelpreisträger haben an diesem Buch mitgearbeitet: Bertrand Russell schrieb ein Geleitwort, Werner Heisenberg das Vorwort.

Albert Einstein, geboren am 14. März 1879 in Ulm, in München aufgewachsen, wurde 1909 als Professor für theoretische Physik an die Universität Zürich berufen. 1913 ernannte ihn die Preussische Akademie der Wissenschaften zu ihrem Mitglied, er wurde Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik in Berlin. 1914/15 begründete er die Allgemeine Relativitätstheorie, 1921 erhielt er den Nobelpreis. 1933 verzichtete Einstein auf seine akademischen Ämter in Deutschland und fand in den USA am Institute for Advanced Studies in Princeton/New Jersey ein neues Wirkungsfeld. Obwohl lebenslang überzeugter Pazifist, gab Einstein aus Furcht vor einer deutschen Aggression 1939 zusammen mit anderen in einem Brief an Präsident Franklin D. Roosevelt den Anstoß zum Bau der ersten amerikanischen Atombombe. Einstein starb am 18. April 1955 in Princeton. In der Reihe «Rowohlt's deutsche enzyklopädie» liegt als Bd. 12 vor: Albert Einstein und Leopold Infeld: «Die Evolution der Physik. Von Newton bis zur Quantentheorie».

Max Born, geboren am 11. Dezember 1882 in Breslau, war Professor für theoretische Physik in Berlin, Frankfurt und Göttingen. Er emigrierte 1933 zunächst nach Cambridge und war von 1936 bis 1954 Titular Professor für Natural Philosophy in Edinburgh. Born widmete sich zunächst der Relativitätstheorie und der Kristallphysik, später begründete er mit seinen Schülern Werner Heisenberg und Pascual Jordan die Quantenmechanik, auf der die moderne Atomtheorie beruht. Born erhielt 1954 den Nobelpreis für Physik. Er starb am 5. Januar 1970.

Albert Einstein
Hedwig und Max Born

Briefwechsel

1916 – 1955

kommentiert von Max Born

Geleitwort von Bertrand Russell
Vorwort von Werner Heisenberg

Rowohlt

Der Briefwechsel zwischen Albert Einstein und Max Born wird beträchtliches Interesse erregen, nicht nur bei Naturwissenschaftlern, sondern auch bei einem breiten Publikum. Beide Männer gehören zu den bedeutendsten Naturforschern unseres Jahrhunderts, haben vielseitige Interessen und sind sich in ungewöhnlicher Weise der sozialen Verantwortung der Wissenschaftler bewußt.

Diese Briefe, die offensichtlich nicht in der Absicht geschrieben wurden, veröffentlicht zu werden, berichten von ihren Hoffnungen und Sorgen in Krieg und Frieden, über ihre privaten Gedanken, die sie sich über den Fortschritt ihrer Arbeit und der ihrer Kollegen machten und über vieles, was sich für die Geschichte der Naturwissenschaften als Quellenmaterial von unschätzbarem Wert erweisen wird.

Auch offenbart sich etwas von der edlen Art des Lebens dieser Männer. Ihre Freundschaft habe ich viele Jahre erfahren dürfen. Beide waren hochbegabt, bescheiden und ganz ohne Furcht in dem, was sie öffentlich sagten. In einem Zeitalter der Mittelmäßigkeit, das von moralischen Zwergen bevölkert ist, erstrahlt das Leben dieser beiden Menschen in besonderer Schönheit. Etwas von diesem Glanz liegt auch auf den Briefen, durch deren Veröffentlichung die Welt reicher werden wird.

Bertrand Russell

Ungekürzte Ausgabe

Veröffentlicht im Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH,

Reinbek bei Hamburg, Februar 1972

Für die Briefe von Max Born:

© 1969 Gustav V. R. Born, London

Für die Briefe von Albert Einstein:

© 1969 Estate of Albert Einstein, New York

Für die deutsche Buchausgabe:

© 1969 Nymphenburger Verlagshandlung GmbH, München

Gesamtherstellung Clausen & Bosse, Leck/Schleswig

Gesetzt aus der Linotype-Aldus-Buchschrift

bei Otto Gutfreund & Sohn, Darmstadt

Printed in Germany

ISBN 3 499 11478 X

schaftliche Zusammenkünfte in irgendwelche Beziehung zu politischen Vorgängen zu bringen. Aber die Dummheit ist nun einmal gemacht, und die Frage ist nur, ob es notwendig ist, teilzunehmen. Es können ja beträchtliche Schwierigkeiten durch Verkehrssperre etc. entstehen. Ich selber habe gar keine Sehnsucht nach hoher Physiker-Concentration, sondern möchte lieber still für mich leben und arbeiten, da ich eben erst von der Nordsee zurückgekommen bin. Von Dir möchte ich wissen, was Ihr Berliner Physiker (besonders Planck, Laue, Haber, Meitner etc.) macht und ob man bei Euch die Reise für erwünscht hält. Bitte antworte mir gleich, da man sich bald um den Paß bemühen muß.

Meine Frau war mit den Kindern über 5 Wochen in Langeoog, und ich war die letzten drei Wochen auch dort. Wir haben uns alle sehr gut erholt; besonders die Kinder haben sich gekräftigt und sehen gut aus. Wir haben viel gebadet, sonst aber nichts getan, als am Strande gelegen und gefaulenzt. Trotz der Abhärtung habe ich hier gleich einen wüsten Schnupfen gekriegt. Ich hatte mir Göttinger Ferientage als still und beschaulich vorgestellt; aber in den 3 Tagen, die wir zurück sind, waren schon wieder 2 auswärtige Gäste da, ein Engländer aus Oxford und Herr Grimm aus München. Von morgen an aber stelle ich mich tot und bin nicht zu sprechen. Eigentlich habe ich nichts besonderes vor. Ich denke, wie immer, hoffnungslos über Quantentheorie nach und suche ein Rezept, um Helium und die andern Atome zu rechnen; aber auch dies gelingt mir nicht. Mein Enzyklopädie-Artikel ist erschienen, ich sende Dir nächstens ein Exemplar. Sonst kriege ich meine Zeit hin mit Lesen, Spaziergehen, Beschäftigung mit den Kindern und mit Musik. Ich übe sehr systematisch und habe, glaube ich, Fortschritte gemacht. Leider ist es hier sehr schwer, ein Trio oder Quartett zusammenzubekommen. - Im letzten Annalenheft, wo auch die schöne Arbeit von Grüneisen und Goens zur Prüfung Deiner Theorie der Dissoziationsgeschwindigkeit steht, ist ein Aufsatz von Gerold v. Gleich über das Merkurperihel, dessen Tonart mir garnicht gefällt. Wirst Du darauf etwas erwidern? Es ist doch merkwürdig, daß so viele Leute gar kein Gefühl für die innere Wahrscheinlichkeit einer Theorie haben. Hast Du Fortschritte mit der affinen Welt gemacht?

Grüße Deine Frau von uns beiden recht herzlich. Dein

Born.

Ob wir Göttinger schließlich nach Bonn gefahren sind, weiß ich nicht mehr. Ich kann mich keines Besuches am Rhein erinnern. Ebenso wenig, was die Berliner getan haben. Auch kann ich nicht mehr beur-

teilen, ob es richtig ist, daß die Einladung nach Bonn in das französische Besatzungsgebiet als politische Demonstration gemeint war. Heute gibt es ja ähnliche Fälle bezüglich der DDR, bei denen ich immer das empfehlen würde, was zur Verringerung der Spannungen zwischen West und Ost beiträgt.

[48]

29. 4. 24

Liebe Borns!

Ihr Brief, I. Frau Born, war wirklich vortrefflich. In der That besteht das wohlthuende an der japanischen Gesellschaft und Kunst darin, daß das Individuum so harmonisch im großen Rahmen steht, daß es in der Hauptsache nicht sich selbst, sondern seine Gemeinschaft erlebt. Jeder von uns hat sich in der Jugend danach gesehnt und hat resignieren müssen. Denn von allen Gemeinschaften, die für uns in Betracht kommen, möchte ich mich keiner hingeben, es sei denn die Gemeinschaft der wirklich Suchenden, welche jeweils nur wenig lebende Mitglieder zählt.

Nach Neapel habe ich beschrieben, indem ich zu meiner Freude erkannte, daß ein hinreichender Gesundheitsdefekt mir die Möglichkeit dazu gab; dafür gehe ich wieder ein bißchen nach Kiel. Bohrs Meinung über die Strahlung interessiert mich sehr. Aber zu einem Verzicht auf die strenge Kausalität möchte ich mich nicht treiben lassen, bevor man sich nicht noch ganz anders dagegen gewehrt hat als bisher. 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. Meine Versuche, den Quanten greifbare Gestalt zu geben, sind allerdings immer wieder gescheitert, aber die Hoffnungen gebe ich noch lange nicht auf. Und wenns garnicht gehen will, dann bleibt doch der Trost, daß der Mißerfolg nur an mir liegt.

Genießet die Schönheit des sonnigen Landes und seid herzlich gegrüßt
von Eurem Einstein.

Die Bemerkung wegen des Reklamebureaus kam ganz aus dem Unterbewußtsein heraus als Folge froher Laune, ohne daß ich mir noch bewußt war, daß Sie irgendwie damit verheiratet waren. Für Ihre hübsche Bemerkung würde ich Ihren Kopf streicheln, wenn das bei einer verheirateten Dame irgendwie gestattet wäre.

Hier fehlt offensichtlich ein Schreiben meiner Frau, auf das dieser Brief Einsteins (No. 48) die Antwort ist. Neben Persönlichem enthält er ein physikalisch-philosophisches Glaubensbekenntnis, die Ablehnung statistischer Gesetze als letzte Grundlage der Physik. Dieses Thema wird immer wieder auftauchen und zu einer harten Diskussion mit mir führen. Gleich hier will ich sagen, was der letzte Grund dieses Zwiespalts ist. Einstein war fest überzeugt, daß uns die Physik Kenntnisse von der objektiv existierenden Außenwelt liefere. Mit vielen anderen Physikern bin ich langsam durch die Erfahrungen im Gebiete der atomaren Quantenerscheinungen dazu bekehrt worden, daß das nicht so ist, daß wir nur in jedem Zeitpunkt eine rohe, angenäherte Kenntnis der objektiven Welt haben und aus dieser nach bestimmten Regeln, den Wahrscheinlichkeitsgesetzen der Quantenmechanik, auf unbekannte (z. B. zukünftige) Zustände schließen können.

[49]

Göttingen, 15. 7. 25

Lieber Einstein,

Wir haben uns über Deine lieben Zeilen herzlich gefreut. Meine Frau ist vorgestern mit den Kindern nach Silvaplana im Engadin abgereist und wird Dir wohl von dort aus schreiben. Ich will inzwischen einiges von uns erzählen.

Was zunächst die Physik angeht, so entspringen Deine freundlichen Worte über meine Geschäftigkeit Deiner guten Seele. Aber ich bin mir bewußt, daß das, was ich mache, recht alltägliches Zeug ist, verglichen mit Deinen oder Bohrs Gedanken. Mein Gedankenkasten ist sehr klapprig, es geht nicht viel rein, und was drin ist, klappert hin und her, hat keine feste Form und wird immer kompliziert. Dein Gehirn sieht, weiß der Himmel, reinlicher aus. Seine Produkte sind klar, einfach und treffen die Sache. Wir kapierten es dann zur Not ein paar Jahre später. So ist es uns auch mit Deiner Gasentartung und der Boseschen Statistik gegangen. Glücklicherweise erschien Ehrenfest hier und hat uns ein Licht aufgesteckt. Darauf habe ich die Arbeit von Louis de Broglie gelesen und bin allmählich auch hinter Deine Schliche gekommen. Jetzt glaube ich, daß die «Wellentheorie der Materie» eine sehr gewichtige Sache werden kann. Die Überlegungen von unserem Herrn Elsasser sind noch nicht in Ordnung; zunächst ist herausgekommen, daß er sich ordentlich verrechnet hatte – aber ich glaube doch, daß sich das Wesentliche seiner Bemerkung, besonders über die Reflexion von Elektronen, retten läßt. Ich spekuliere auch ein wenig über de Brogliesche Wellen. Mir scheint, daß ein Zusammenhang (ganz formaler Natur) besteht zwischen diesen und

jener mystischen Erklärung der Reflexion, Beugung und Interferenz durch «räumliche» Quantelung, wie sie Compton und Duane vorge schlagen, Epstein und Ehrenfest näher untersucht haben.

Hauptsächlich interessiere ich mich aber für die auch recht geheimnisvolle Differenzen-Rechnung, die hinter der Quantentheorie der Atomstruktur zu stecken scheint. Mit Jordan zusammen untersuche ich systematisch, aber mit geringem Aufwand von Geist, alle denkbaren Korrespondenz-Beziehungen zwischen klassischen, mehrfach periodischen Systemen und Quantenatomen. Eine Arbeit darüber, worin wir den Einfluß nicht-periodischer Felder auf Atome untersuchen, wird bald erscheinen. Sie ist eine Vorarbeit für eine Untersuchung der Vorgänge beim Zusammenstoß von Atomen (Auslöschung der Fluoreszenz, sensibilisierte Fluoreszenz nach Franck etc.); man kann, wie mir scheint, die wesentlichen Züge der Erscheinung verstehen. Das verschiedene Verhalten der Atome beruht in der Hauptsache darauf, ob sie ein (mittleres) Dipolmoment oder nur ein Quadrupolmoment bzw. noch höhere elektrische Symmetrie haben. Was Deine Einwände gegen Jordans Arbeit betrifft, so fühle ich mich darin noch ganz unsicher; aber da ich diese Dinge jetzt von meinem (etwas verzwickten) Standpunkt aus anfasse, werde ich sie demnächst verstehen. Sicherlich hast Du im Ganzen recht; nur beruht Jordans Meinung auf etwas anderer Betrachtung, indem er kohärente Strahlenbündel zuläßt, während Du nur von inkohärenten sprichst. Auch wenn Jordan hier unrecht hat, was mir jetzt sehr wahrscheinlich vorkommt, ist er doch ein besonders kluger, scharfsinniger Kopf, der viel schneller und sicherer denkt als ich. Überhaupt, meine jungen Leute, Heisenberg, Jordan, Hund, sind glänzend. Ich muß mich oft sehr anstrengen, um ihnen bei ihren Überlegungen auch nur folgen zu können. Sie beherrschen die sogenannte Term-Zoologie fabelhaft. Heisenbergs neue Arbeit, die bald erscheint, sieht sehr mystisch aus, ist aber sicher richtig und tief; Hund hat daraufhin das ganze periodische System, all die verzwickten Multipletts, in Ordnung gebracht. Auch diese Arbeit wird bald herauskommen. – Daneben rechne ich mit andern, weniger selbständigen Schülern an der Gittertheorie herum. Wir haben jetzt eine Arbeit fertig (ein Herr Bollnow), worin das Verhältnis der kristallographischen Achsen von 2 Kristallen des tetragonalen Systems, Rutil und Anatas, zwei Formen des TiO_2 , berechnet wird und recht gut herauskommt auf Grund der Forderung, daß das Gitter elektrostatisch im Gleichgewicht sein soll.

Deine Mitteilung über die endlich geglückte Vereinigung von Gravitation und Elektrodynamik hat mich sehr begeistert; das angegebene Wirkungsprinzip sieht ja sehr einfach aus. Jordan und ich wollen es «variieren», sobald wir mal Zeit haben. Aber wir bitten herzlich,

wenn es mit dem Geben im Gleichgewicht ist. Die Heisenberg-Bornschen Gedanken halten alle in Atem, das Sinnen und Denken aller theoretisch interessierten Menschen. An die Stelle einer dumpfen Resignation ist eine bei uns Dickblütern einzigartige Spannung getreten. Sie erleben von dem allen nur den psychologischen Teil, aber diesen wohl reiner als die an der Materie Klebenden. – Jetzt aber ist die Hauptsache, daß Sie wieder ganz gesund werden, daß Sie froh unter der erwachenden Sonne wieder herumlaufen und frei dahinleben können. Ich weiß aus Erfahrung, wie man gesund wird: Eine Zeitlang wie eine Pflanze sein und still und froh vegetieren – eine Kunst, in der Sie nicht so Vollendetes leisten wie die meisten Ihrer Geschlechts-genossinnen; denn das muntere Köpfchen mag sich nicht stillsetzen lassen, denk ich mir! Erinnern Sie sich der asiatischen Vergangenheit; dann werden Sie die Verschwommenheit aller Lebensdinge wohliger erleben und gesund werden.

Einstweilen grüßt Sie herzlich

Ihr
A. Einstein.

Abgesehen von den liebenswürdigen Worten, die von meiner Frau Erkrankung in Amerika und dem Weg zur Genesung handeln, ist dieser Brief bemerkenswert durch die Stellungnahme zur Quantenmechanik. Heisenberg und ich waren froh darüber. Aber es sollte nicht lange dauern, bis die Abkühlung kam (in Brief No. 53).

Der nächste Brief ist wieder von meiner Frau.

[51]

11. 4. 26

Liebe Einsteins!

Meinen Dank für die lieben Briefe kommt arg spät, aber die drei letzten Wochen in Frankfurt waren so wenig erfreulich (Zahnarztbetrieb en gros mit 5 Goldkronen, 3 ausgezogenen Zähnen, 2 Kieferoperationen u. dergl.), daß wirklich nur mehr Zahngedanken in meinem Kopfe Platz hatten. Dies hatte sogar ein komisches Erlebnis zur Folge, denn als ich einstmals ganz versunken zum Zahnziehen wanderte, flüsterte mir ein Gentleman ins Ohr: «Frühlingsgedanken!» Worauf ich nur trocken erwiderte: «Nee – Zahnarzt!» Wonach wir beiderseits grinsend weiterzogen.

Nun habe ich meine Freundin Ellé Rosenberg (geb. Husserl, von philosophischer Abstammung) gebeten, Euch die Abschriften meiner amerikanischen Berichte zu schicken. Vielleicht habt Ihr irgendwann mal grad ein Stündchen Zeit, um darin zu blättern. Max ist auch

wieder im Lande; in seinen Briefen von Boston bis San Francisco stand viel Physikalisches. Ich hoffe, daß wir so Anfang Mai mal nach Berlin rutschen und Euch dann noch erzählen können. Max hat z. B. auch Millers Versuche auf dem Mt. Wilson gesehen und war entsetzt von der lodderigen Versuchsanordnung. – Mein Kopf ist heute Abend zu müde, um auch nur den leisesten Gedanken zu reproduzieren. Ich finde die Erkenntnis recht ärgerlich, daß die Gehirnkräfte proportional mit dem Körperfett steigen und abnehmen. Und da ich von den verlorenen 20 Pfund noch nichts wieder eingebracht habe, könnt Ihr Euch denken, wie gedankenarm ich bin. Ich war (siehe Bergpredigt: selig sind die geistig Schwachen . . .) des Himmelreichs noch nie so sicher wie jetzt.

Also bleibt wohl und seid sehr herzlich begrüßt

von Eurer Hedi Born.

Wir waren im Winter 1925/26 in Amerika am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, Mass., bei Boston. Ich hielt dort Vorträge über zwei Gegenstände: Kristallgitter-Dynamik und Quantenmechanik. Diese sind als kleines Buch erschienen, englisch als Veröffentlichung des MIT, deutsch bei Springer; es ist wohl das erste Buch über Quantenmechanik. Ich habe darin Heisenberg so ins Licht gestellt, daß mein Anteil an der Quantenmechanik in Amerika bis in die jüngste Zeit kaum beachtet wurde. Als Anfang 1926 mein Kurs beendet war, wollten wir eine Reise über den Kontinent antreten, über den Gran Cañon von Arizona bis Kalifornien. Aber meine Frau wurde krank und wurde nach Europa zurückgeschickt. So mußte ich allein reisen und wirkte an vielen Universitäten als Verkünder der neuen Quantenlehre, was zur Folge hatte, daß in den nächsten Jahren Scharen von Amerikanern, bald auch von anderen Ausländern, nach Göttingen kamen.

Meine Frau fuhr nach Deutschland zurück und ging in das bekannte Sanatorium von Prof. v. Noorden in Frankfurt zur Kur. Von dort kommt dieser Brief (No. 51), und dort spielt die hübsche Szene mit den Frühlingsgedanken.

4. 12. 26

Lieber Born!

Ihr müßt ein klein bißchen Geduld haben. Mein Schwiegersohn liest das Stück bestimmt und schreibt Euch. Aber der Arme muß sehr haushalten mit seiner Kraft, weil sein Herz nicht in Ordnung

ist. Ich habe ihn noch einmal gemahnt, das Stück bald zu begutachten. Mir hat der Anfang des Stückes ausgezeichnet gefallen, und ich denke, es wird seine Wirkung nicht verfehlen.

Die Quantenmechanik ist sehr achtungsgebietend. Aber eine innere Stimme sagt mir, daß das doch nicht der wahre Jakob ist. Die Theorie liefert viel, aber dem Geheimnis des Alten bringt sie uns kaum näher. Jedenfalls bin ich überzeugt, daß *der* nicht würfelt. Wellen im 3-dimensionalen Raum, deren Geschwindigkeit durch potentielle Energie (z. B. Gummibänder) reguliert wird . . .

Ich plage mich damit herum, die Bewegungsgleichungen von all Singularitäten aufgefaßten materiellen Punkten aus den Differentialgleichungen der allgemeinen Relativität abzuleiten. Seid bestens gegrüßt

von Eurem
A. Einstein.

Dieser Brief (No. 52) enthält zweierlei, über Hedis Schauspiel, und über Quantenmechanik. Einsteins Schwiegersohn, der seine älteste Stieftochter Ilse geheiratet hatte, war der damals wohl bekannte und angesehene Schriftsteller und Kritiker Rudolf Kayser.

Das Urteil Einsteins über die Quantenmechanik war ein harter Schlag für mich: er lehnte sie ab – zwar ohne eigentliche Begründung, vielmehr unter Berufung auf «eine innere Stimme». Diese Ablehnung spielt in späteren Briefen eine große Rolle. Sie beruht auf einer tiefen philosophischen Meinungsverschiedenheit, die Einstein von der jüngeren Generation trennte, zu der ich mich auch zählte, obwohl ich nur wenige Jahre jünger war als Einstein. Über diese habe ich schon im Kommentar zu dem Briefe No. 48 etwas gesagt.

[53]

14. 12. 26

Lieber Herr Einstein!

Heut kommt mein Bill mit der «neuen Noos», wie Sie so schön sagten. Hoffentlich lachen Sie auch bei den 3 weiteren Akten noch manchmal so herzlich auf wie beim ersten. Daß Sie an dem solchen Spaß hatten, hat mich schrecklich gefreut und ermutigt. Denn man selbst hat so wenig Abstand von dem, was man gemacht, in dem man so intensiv gelebt hat, daß man eben sehr ängstlich damit herausrückt.

Jetzt, wo ich nichts zu arbeiten vor habe, komme ich mir stumpfsinnig und zwecklos vor und betäube mich mit schönen Kunstgeschichtskollegs. Wenn man selbst so eine bescheidene kleine Kunst-

bastelei begonnen hat, dann blickt man mit ganz anderen Augen in die Werkstatt der Meister. –

Es wäre nett, wenn Sie mir mal ein kurzes Wort schreiben, wenn Sie den Bill gelesen haben. Nehmen Sie ihn mal nachmittags mit auf das Sofa. –

Margot schrieb mir, daß Ihre Frau krank sei? Ich wünsche sehr herzlich gute Besserung und Ihnen allen geruhsame Weihnachtstage.

Mit herzlichen Grüßen Ihnen Allen von Max und mir

Ihre Hedı Born.

[54]

6. 1. 27

Liebe Frau Born!

Ich habe Ihr Stück mit vielem Vergnügen gelesen und denke, daß es als Satyre der Zeit guten Erfolg haben kann. Es ist durch und durch witzig und amüsan. Als Kunstwerk allerdings scheint es mir nicht gerade viel zu taugen in Bestätigung der vielbestätigten Wahrheit, daß Männer und Weibsen an verschiedenen Stellen ihrer Person den Schwerpunkt der produktiven Tätigkeiten haben. Sie lassen Ihre Personen als Marionetten tanzen; sie sind nichts anderes als Marionetten in Ihrer Hand, die dem Zeitkind Ihre Meinung zu demonstrieren haben, sonst nichts. Eigenleben wird ihnen nicht zugebilligt. Sie sind gewissermaßen transparent wie Gespenster und gewissermaßen abstrakt. Aber der *Geist* rettet alles. Bernard Shaw hat oft ähnliches gemacht, und jeder hat Freude an seinem Feuerwerk. Ich weiß nicht, ob der Rudi die Sache schon gelesen hat; der Arme lebt eben ständig in einem Papierhagel, während es sich bei mir schon sehr gebessert hat in dieser Beziehung.

Ich werde das Stück Herrn Jessner geben und ihm sagen, daß ich es für witzig, geistreich und zeitgemäß halte, und ihm etwas über den Inhalt erzählen. Hoffentlich schlägt's ein.

Ihnen und Ihrem Mann herzliche Grüße

von Ihrem
A. Einstein.

[55]

Göttingen, Planckstr. 2

Lieber Herr Einstein!

Herzlichen Dank für Ihre Kritik, die ich mir sehr habe durch meinen Kopf gehen lassen. Ich habe nun schon allerlei Kritiken gehört – oft ganz entgegengesetzt, z. B. bezüglich der Güte verschiedener Akte – aber mich interessiert natürlich am meisten eine *prinzipielle* Kritik,

mit der Sache waren so viele andere Zweige verknüpft, daß ich sicher hätte mitarbeiten können, wenn ich mich angeboten hätte.

Eine eigentliche Versuchung ist mir so erspart geblieben. Und das unterscheidet mein Schicksal von dem Einsteins. Zur Zeit, da ich den vorstehenden Brief an Einstein schrieb, etwa ein Jahr vor Hiroshima, wußten wir noch so gut wie nichts von dem Manhattan-Projekt. Viel später erst erfuhr ich, daß es Einstein war, der auf Drängen Szilards und einiger anderer Physiker einen von diesen aufgesetzten Brief an Präsident Roosevelt geschrieben hatte, der das ganze Unternehmen ins Rollen brachte. Ich vermute, auch Einstein erfuhr später nicht viel von dem Fortschritt des Projekts.

Einstains Motiv war, wie das Szilards, es müsse verhindert werden, daß diese Waffe zuerst von Hitler gebraucht wird. Daß sie dann auf wehrlose Menschen angewandt wurde, war für ihn sicher ein grauenhafter Gedanke, der seinen Lebensabend verdüstert hat.*

Einstains Schicksal offenbart, wie kaum ein anderes in der Geschichte, wie größte Kraft des Geistes und reinstes Wollen nicht davor schützen, Entscheidungen zwischen zwei Möglichkeiten fällen zu müssen, die beide gleich verabscheuenswert sind.

Hätte ich all das gewußt, so hätte ich den vorausgehenden Brief schwerlich geschrieben. Ich glaubte, Einstein sei ein absoluter Pazifist, wie die Quäker, mit denen ich durch meine Frau, die Mitglied der «Gesellschaft der Freunde» geworden war, viel in Berührung kam. Aber das war er nicht. Er haßte die Anwendung von Gewalt, besonders wenn sie sich gegen unbeteiligte, wehrlose Menschen richtete. Er hielt keine politische oder wirtschaftliche Ideologie, keinen Staat, keine Verfassung für wertvoll genug, um Massen von Menschenleben dafür zu opfern. Aber die Ereignisse unserer Zeit hatten ihn, wie auch mich, gelehrt, daß die letzten ethischen Werte, auf denen alles Menschentum beruht, in letzter Not auch durch Gewalt und unter Opfern von Menschenleben verteidigt werden müssen. Wir hatten nie mehr Gelegenheit, uns darüber auszusprechen. Aber ich bin überzeugt, daß wir uns verstanden hätten. Der nächste Brief, seine Antwort auf meine Anregung, bestätigt das.

7. 9. 44

Lieber Born,

Ich war so erfreut über Deinen Brief, daß es mich zu meiner eigenen Überraschung drängt, Dir zu schreiben, ohne daß mich jemand mit

* s. «Einstein on Peace», Kap. 9, S. 584.

erhobenen Zeigefinger dazu drängt. Englisch aber kann ich nicht schreiben von wegen der hinterhältigen Orthographie. Wenn ich lese, höre ich es vor mir und erinnere mich nicht, wie das Wortbild aussieht.

Erinnerst Du Dich noch daran, daß wir vor etwas unter 25 Jahren zusammen in einem Tram nach dem Reichstagsgebäude fuhren, überzeugt, daß wir wirksam helfen könnten, aus den Kerlen dort ehrliche Demokraten zu machen? Wie naiv wir doch gewesen sind als Männer unter 40 Jahren. Ich kann nur lachen, wenn ich daran denke. Wir empfanden beide nicht, wieviel mehr im Rückenmark sitzt als im Großhirn und wieviel fester es sitzt. Daran muß ich jetzt denken, wenn sich die tragischen Fehler von dazumal nicht wiederholen sollen. Da dürfen wir uns nicht wundern, wenn die scientists keine Ausnahme bilden (in der großen Mehrzahl) und *wenn* sie anders sind, so ist es nicht auf die Verstandesfähigkeit, sondern auf das menschliche Format zurückzuführen, wie bei Laue. Bei ihm war es interessant zu beobachten, wie er sich schrittweise von den Traditionen der Herde losgerissen hat unter der Wirkung eines starken Rechtsgefühls. Mit einem ethical code haben die Mediziner erstaunlich wenig ausgerichtet, und bei den eigentlichen Wissenschaftlern mit ihrem mechanisierten und spezialisierten Denken dürfte noch weniger eine ethische Wirkung zu erwarten sein. Es ist eigentlich ganz richtig, daß Du Bohr das diesbezügliche Priesteramt zugeachtet hast. Denn es besteht Hoffnung, daß er auf diese Weise die priesterliche Seite von der Physik abziehen und anderweitig verwenden wird. Sonst aber erwarte ich mir nichts von solchem Unterfangen. Das Gefühl für das, was sein soll und was nicht sein soll, wächst und stirbt wie ein Baum, und keine Art Dünger wird sehr viel dabei ausrichten. Was der Einzelne tun kann ist nur ein sauberes Beispiel geben und den Mut zu haben, ethische Überzeugungen in der Gesellschaft von Cynikern ernsthaft zu vertreten. Seit langem habe ich danach gestrebt, mich demgemäß zu verhalten (mit wechselndem Erfolg).

Dein «ich fühle mich zu alt...» nehme ich nicht allzu ernst, weil ich es von mir kenne. Es spitzt manchmal oben heraus (mit wachsender Häufigkeit) und taucht dann wieder unter. Wir können es ja ruhig der Natur überlassen, uns allmählich zu Staub zu machen, wenn sie nicht einen rascheren Weg bevorzugt.

Ich habe mit viel Interesse Deinen Vortrag gegen die Hegelei gelesen, welche bei uns Theoretikern das Don Quijote'sche Element ausmacht oder soll ich sagen, den Verführer? Wo dies Übel oder Laster aber gründlich fehlt, ist der hoffnungslose Philister auf dem Plan. Deshalb vertraue ich darauf, die die «jüdische Physik» nicht umzubringen ist. Ich muß sogar gestehen, daß Deine Ausführungen, besonders wenn ich mir den Max Born lebhaft vorstelle, mich an

das schöne Sprichwort «Junge Huren, alte Betschwestern» erinnern, nur daß ich nicht recht glaube, daß Du Dich ehrlich und vollständig zur letzteren Kategorie durchgerungen hast. –

In unserer wissenschaftlichen Erwartung haben wir uns zu Antipoden entwickelt. Du glaubst an den würfelnden Gott und ich an volle Gesetzlichkeit in einer Welt von etwas objectiv Seiendem, das ich auf wild spekulativem Wege zu erhaschen suche. Ich *glaube* fest, aber ich *hoffe*, daß einer einen mehr realistischen Weg, bezw. eine mehr greifbare Unterlage finden wird, als es mir gegeben ist. Der große anfängliche Erfolg der Quantentheorie kann mich doch nicht zum Glauben an das fundamentale Würfelspiel bringen, wenn ich auch wohl weiß, daß die jüngeren Kollegen dies als Folge der Verkalkung auslegen. Einmal wirds sich ja herausstellen, welche instinktive Haltung die richtige gewesen ist.

Mit herzlichen Grüßen an Dich und die Deinen
(nun robot-befreiten)

Dein
(Albert)

Das Erlebnis vor 25 Jahren, an das Einstein mich hier erinnert, war folgendes.

Als Ende 1918 die deutsche Heeresleitung plötzlich kapitulierte und überall in Deutschland die Revolution ausbrach, lag ich mit einer Grippe im Bett und erlebte die Vorgänge in Berlin nur aus der Ferne. Als ich gerade wieder auf war, rief mich Einstein an – das Telephon funktionierte selbst in den wilden Tagen – und berichtete: Nach dem Vorbild der Arbeiter- und Soldaten-Räte (deutsche «Sowjets») hatte sich an der Universität ein Studentenrat gebildet. Eine seiner ersten Handlungen war, den Rektor und andere Würdenträger der Hochschule abzusetzen und einzusperren. Da man glaubte, Einstein habe durch seine «linke» Einstellung Einfluß auf die extremistischen Studenten, wurde er gebeten, mit dem «Rat» Verhandlungen zu führen, um die Freilassung der Gefangenen und die Herstellung einer vernünftigen Ordnung zu erreichen. Einstein hatte herausgebracht, daß der Studentenrat im Reichstagsgebäude tagte und fragte mich, ob ich mitkommen wolle. Trotz meines von der Grippe geschwächten Zustandes sagte ich zu. Erst kam der lange Marsch – Trams und Busse liefen in unserer Gegend nicht – von meinem Haus im Grunewald zu Einsteins im Bayerischen Viertel; dann fuhrn wir mit der Tram in die Nähe des Reichstags, und zwar zu dritt; denn Einstein hatte außer mir noch den Psychologen Max Wertheimer eingeladen, mitzukommen.

Auf die Schwierigkeiten, durch die das Reichstagsgebäude umla-

gernden Menschenmassen und den Kordon von rot-bebänderten und schwerbewaffneten Revolutionskämpfern durchzukommen, will ich nicht eingehen. Schließlich erkannte jemand Einstein, und alle Wege standen offen.

Im Reichstagsgebäude wurden wir in ein Konferenzzimmer geführt, wo der Studentenrat tagte. Der Vorsitzende begrüßte uns höflich und bat uns, Platz zu nehmen und zu warten, bis ein wichtiger Punkt der neuen Statuten für die Universität erledigt wäre.

So warteten wir geduldig und hörten zu. Schließlich war jener Punkt erledigt und der Vorsitzende sagte: «Ehe ich auf Ihr Anliegen, Professor Einstein, eingehe, darf ich mir erlauben zu fragen, was Sie über die neuen Bestimmungen für die Studenten denken?» Einstein besann sich einige Minuten; dann sagte er etwa folgendes: «Ich habe immer gedacht, das Wertvollste an der Einrichtung der deutschen Universität ist die akademische Freiheit, die dem Dozenten in keiner Weise vorschreibt, was er lehrt, und dem Studenten die Wahl der Vorlesungen überläßt, ohne viel Aufsicht und Kontrolle. Ihre neuen Statuten scheinen das alles aufzuheben und durch genaue Vorschriften zu ersetzen. Mir täte es leid, wenn die alte Freiheit aufhörte.» Darauf betretenes Schweigen bei den jungen, hochmögenden Herren. Dann kam unsere Angelegenheit zur Sprache, aber der Studentenrat erklärte sich unzuständig und verwies uns an die neue Regierung in der Wilhelmstraße, für die man uns einen Passierschein mitgab.

Also wanderten wir weiter in das Reichskanzlerpalais. Dort herrschte Hochbetrieb. Die Lakaien aus der Kaiserzeit standen noch an den Ecken der Korridore und Treppen, aber sonst rannten Leute in mehr oder weniger schäbiger Kleidung mit Aktentaschen herum, sozialistische Abgeordnete und Delegationen von den Arbeiter- und Soldatenräten. Der Hauptsaal war voll von laut redenden, aufgeregten Menschen. Aber Einstein wurde gleich erkannt und wir hatten keine Schwierigkeit, zu dem neu ernannten Präsidenten Ebert durchzudringen, der uns in einem kleinen Zimmer empfing und sagte, wir würden verstehen, daß er sich heute, da es um die Existenz des Reiches ginge, nicht mit kleineren Angelegenheiten befassen könne. Er gab uns ein paar schriftliche Worte an den zuständigen, neuen Minister, und unsere Sache war im Handumdrehen erledigt.

Wir verließen das Reichskanzlerpalais in Hochstimmung, mit dem Gefühl, an einem historischen Ereignis teilgenommen zu haben, und mit der Hoffnung, nun sei es für immer zu Ende mit preußischer Anmaßung, Junkertum, Vorherrschaft des Adels, der Beamtencliquen, des Militärs, jetzt habe die deutsche Demokratie gesiegt.

Selbst mein langer Heimweg zum Grunewald, meist zu Fuß, konnte diese Stimmung nicht dämpfen.

so schief gegangen ist, hat doch nur an einem Haar gehangen. Natürlich stimme ich ganz mit Dir überein in der Meinung, daß alles menschliche Handeln aus den Tiefen des ethischen Gefühls entspringt, das primär und von der Vernunft fast unabhängig ist. Aber von dieser Übereinstimmung muß ich gleich zu unserem Zwiespalt in der Physik springen. Denn ich kann das beides nicht trennen, und ich kann nicht begreifen, wie Du eine vollständig mechanistische Welt mit der Freiheit des ethischen Individuums vereinigen kannst. Hedi, die von Physik gar nichts versteht, hat das doch in ihrem beiliegenden Briefe ausgezeichnet formuliert. Ich finde eine deterministische Welt ganz abscheulich – das ist ein primäres Gefühl. Vielleicht hast Du recht, daß sie so ist. Aber im Augenblick sieht es in der Physik nicht gerade so aus – und sonst in der übrigen Welt erst recht nicht. Auch finde ich Deine Ausdrucksweise mit dem «würfelnden» Gott ganz inadäquat. Würfeln muß Du in Deiner deterministischen Welt auch – das ist nicht der Unterschied. Aber den weißt Du doch genau so gut wie ich, und wenn Du alle Argumente grade nicht zur Hand hast, so gib Pauli ein Stichwort, und er wird sie herunterrasseln. Ich glaube, Du unterschätzt erstens die empirische Grundlage der Quantentheorie (ich lege auf die Masse der «Beweise» keinen so großen Wert, als auf einzelne krasse Dinge, wie z. B. das Gibbs'sche Paradoxon, oder den Stern-Gerlach-Versuch), und zweitens hast Du eine Philosophie, die irgendwie den Automaten der toten Dinge mit der Existenz der Verantwortlichkeit, des Gewissens in Einklang bringt – was ich nicht fertigbringe. Was nun meinen Aufsatz anti Eddington und Milne betrifft, so ist er im Stile britischer Höflichkeit geschrieben. Mit meinen eigenen Worten wäre die Sache kürzer abgetan gewesen: «rubbish». Aber es war nötig, so etwas zu schreiben, weil Eddington als eine Art Prophet hier zu Lande gilt. Ich meine aber, daß Du das Recht hast zu spekulieren, andere Leute aber nicht, auch ich nicht. Habe ich denn früher so gesündigt (oder gehurt, nach Deinem Sprichwort)? Ich hatte immer viel Verständnis für Deine gute jüdische Physik und viel Vergnügen daran; aber selber gemacht habe ich es nur einmal: die nicht-lineare Elektrodynamik, und die ist doch kein besonderer Erfolg. Ich meine ganz ehrlich, wenn Durchschnittsleute sich durch reines Denken Naturgesetze verschaffen wollen, so kommt nur Mist heraus. Schrödinger kann es vielleicht. Ich wüßte gern, was Du über seine affinen Feldtheorien denkst. Ich finde alles schön und geistreich; aber ob es wahr ist? Er hat jetzt seine Vorlesungen über Statistische Thermodynamik veröffentlicht (autographiert); die finde ich jedenfalls schöner und solider. – Ich habe hier immer noch – trotz des Krieges – eine kleine Gruppe von Leuten, die wissenschaftlich arbeiten. Fürth hat auch experimentiert, er hat ein photo-elektrisches

Mikrophonometer gebaut, und einen ebenfalls photo-elektrischen harmonischen Analysator. Jetzt macht er einen von mir erdachten Fourier-Transformator; der produziert momentan für eine gegebene Kurve die Fourier-Coeffizienten-Kurve, auf dem Schirm eines Oszillographen. Es würde Dir Spaß machen. Wir arbeiten ferner über Kristalle und X-Strahlen, aber hauptsächlich an der Verbesserung der quantisierten Feldtheorien. Du hast natürlich völlig recht, wenn Du diese in ihrer jetzigen Gestalt verabscheust. Aber ich denke, wir (d. h. mein chinesischer Mitarbeiter Peng und ich) haben sie schon wesentlich verbessert, und wir sind ziemlich sicher, daß wir alles Üble (divergierende Integrale etc.) herauswerfen können. Ich glaube, es wird mindestens so schön wie eine anständige klassische Theorie.

Leider kann ich noch nicht viel arbeiten. Mein Herz verträgt nicht die kleinste Anstrengung. Darum werde ich auch nichts weiter in der Frage unternehmen, die der Anlaß zu meinem vorigen Briefe und Deiner Antwort war, – zumal diese Antwort nicht ermutigend ist. Ich weiß auch nicht, wo Niels Bohr ist, und kann ihn daher nicht zum Priester dieser Sache machen. Du hast wohl recht, daß Wissenschaftler es noch schwerer haben als andre Leute, ihr Gewissen und Rechtsgefühl zu entwickeln. Was Laue betrifft, so habe ich auch gehört, daß er sich anständig und tapfer gehalten hat. Hoffentlich überlebt er die letzte und vermutlich grausigste Periode des Krieges. Hoffentlich schreibst Du gelegentlich wieder einmal. Wir freuen uns ganz schrecklich über einen Brief von Dir. Er verursacht lange Diskussionen; denn Hedi, als Quäkerin, legt Deine Aussprüche oft anders aus, als ich alter Heide (das heißt, ich bin das eigentlich garnicht, sondern recht fromm; nur im Vergleich zu Hedi).

Grüß unsere Freunde in Princeton, Neumann, Ladenburg, Weyl und den bissigen Pauli. In alter Freundschaft

Dein Max Born.

Unter den experimentellen Arbeiten meines Mitarbeiters Fürth war nur eine, deren Idee von mir ausgegangen ist, der photo-elektrische Frouiertransformer. Er ist später von dem Edinburger Zweig der Firma Ferranti weiter entwickelt worden, hat sich aber nicht in die Praxis eingeführt.

[84]

3. 3. 47

Lieber Born!

Wenn ich nicht ein ausgepichteter alter Gauner wäre mit einem versteinerten schlechten Gewissen, dann hätt' ich es nicht so lange

ausgehalten, ohne Dir zu schreiben. Darum, erstens hat Deiner Frau Gedicht über das indische Lebensideal tiefen Eindruck auf mich gemacht, so daß es mich nicht gewundert hätte, wenn es von dem alten Goethe geschrieben wäre; zweitens war ich sehr beeindruckt von dem Beitrag, den Du dem sonderbaren Schulmeister Schilpp für den mir gewidmeten Band gegeben hast. Es ist so viel Wärme darin und ein so deutlicher Beweis dafür, für wie sonderbar und versteinert Du meine Haltung der statistischen Quantentheorie gegenüber ansiehst. Endlich gefiel mir Deine Sorge für den Transport Deines chinesischen Schützlings besonders gut, der Dir – glücklicherweise ohne mein Dazwischentreten – glücklich und schweigsam entglitten ist. Ich hatte mit Weyl über den Fall beraten, und wir waren darin überein gekommen, daß wir das Problem nicht in der von Dir vorgeschlagenen Weise zu lösen imstande gewesen wären, und daß ich mich an den englischen Botschafter wenden sollte, der die Sache schandenhalber zu einem befriedigenden Abschluß bringen würde. Glücklicherweise verbummelte ich diesen Schritt einige Tage, worauf Dein erlösender Brief ankam.

Meine physikalische Haltung kann ich Dir nicht so begründen, daß Du sie irgendwie vernünftig finden würdest. Ich sehe natürlich ein, daß die prinzipiell statistische Behandlungsweise, deren Notwendigkeit im Rahmen des bestehenden Formalismus ja zuerst von Dir klar erkannt wurde, einen bedeutenden Wahrheitsgehalt hat. Ich kann aber deshalb nicht ernsthaft daran glauben, weil die Theorie mit dem Grundsatz unvereinbar ist, daß die Physik eine Wirklichkeit in Zeit und Raum darstellen soll, ohne spukhafte Fernwirkungen. Allerdings bin ich nicht fest davon überzeugt, daß es wirklich mit der Theorie eines kontinuierlichen Feldes gemacht werden kann, obwohl ich hierfür eine bisher recht vernünftig erscheinende Möglichkeit gefunden habe. Die rechnerischen Schwierigkeiten sind jedoch so groß, daß ich ins Gras beißen werde, bevor ich selbst eine sichere Überzeugung hierüber erlangt habe. Aber davon bin ich fest überzeugt, daß man schließlich bei einer Theorie landen wird, deren gesetzmäßig verbundene Dinge nicht Wahrscheinlichkeiten sondern gedachte Tatbestände sind, wie man es bis vor kurzem als selbstverständlich betrachtet hat. Zur Begründung dieser Überzeugung kann ich aber nicht logische Gründe, sondern nur meinen kleinen Finger als Zeugen beibringen, also keine Autorität, die außerhalb meiner Hand irgendwelchen Respekt einflößen kann.

Ich freue mich, daß Dein Leben und Deine Arbeit fruchtbar und befriedigend sind. Dies hilft einem hinweg über die Tollheiten der Menschen, die das Schicksal des sogenannten homo sapiens im Großen bestimmen. Es war ja wohl nie besser, aber man hat es in seiner

Jämmerlichkeit nicht so deutlich gesehen, und die Folgen der Pfsucherei waren weniger katastrophal als unter den gegenwärtigen Umständen.

Sei mit den Deinen herzlich begrüßt von Deinem

A. Einstein.

Die «Indischen Sonette» meiner Frau sind in einer Sammlung ihrer Gedichte «Stille Gänge» (Bad Pyrmont) erschienen. In Anhang II sind sie mit einigen andern Gedichten dieser Sammlung abgedruckt.

Das Buch des «Schulmeisters Schilpp» ist ein Band der in USA erscheinenden Serie «The Library of Living Philosophers», mit dem Titel «Albert Einstein, Philosoph-Scientist». Jeder Band dieser Sammlung beginnt mit einer kurzen Autobiographie des betreffenden Philosophen; auf diese folgen kritische Abhandlungen verschiedener Autoren über dessen Arbeitsgebiete und zum Schluß seine Antworten darauf. Ich hatte es übernommen, über «Einsteins statistische Theorien» zu schreiben; dieser Aufsatz ist in deutscher Übersetzung in meinem Buch «Physik im Wandel meiner Zeit» (S. 85) zu finden. Am Ende des Artikels bin ich auf Einsteins Haltung zur Quantenmechanik eingegangen und habe sein empirisches Glaubensbekenntnis aus der Jugendzeit seiner späteren Neigung zur Spekulation gegenübergestellt. In einem Nachruf Einsteins auf Ernst Mach («Physik. Zeitschr.» 17, 1916, S. 101) steht:

«Begriffe, welche sich bei der Ordnung der Dinge als nützlich erwiesen haben, erlangen über uns leicht eine solche Autorität, daß wir ihren irdischen Ursprung vergessen und sie als unabänderliche Gegebenheiten hinnehmen. Sie werden dann zu «Denknotwendigkeiten», «Gegebenen a priori» usw. gestempelt. Der Weg des wissenschaftlichen Fortschritts wird durch solche Irrtümer oft für lange Zeit ungangbar gemacht. Es ist deshalb durchaus keine müßige Spielerei, wenn wir darin geübt werden, die längst geläufigen Begriffe zu analysieren und zu zeigen, von welchen Umständen ihre Berechtigung und Brauchbarkeit abhängt, wie sie im einzelnen aus den Gegebenheiten der Erfahrung herausgewachsen sind. Dadurch wird ihre allzu große Autorität gebrochen. Sie werden entfernt, wenn sie sich nicht legitimieren können, korrigiert, wenn ihre Zuordnung zu den gegebenen Dingen allzu nachlässig war, durch andere ersetzt, wenn sich ein neues System aufstellen läßt, das wir aus irgendwelchen Gründen vorziehen.» Diesem Bekenntnis stelle ich in dem Artikel des Schilpp-Buches seine Haltung zur Quantenmechanik gegenüber, indem ich Stellen aus früheren Briefen zitiere. Der vorliegende Brief (No. 84) kann ebenso gut als Paradigma dienen, insbesondere die Stelle, die mit den Worten beginnt: «Meine physikalische Haltung kann ich Dir

nicht so begründen, daß Du sie irgendwie vernünftiger finden würdest.» Der entscheidende Satz ist dann der, wo er sagt, «daß die Physik eine Wirklichkeit in Zeit und Raum darstellen soll, ohne spukhafte Fernwirkungen». Auch ich hatte dies für ein Postulat gehalten, das unbedingt Gültigkeit beanspruchen darf. Aber die Tatsachen der physikalischen Erfahrung haben mich belehrt, daß auch diese Forderung kein Prinzip a priori ist, sondern eine zeitgebundene Regel, die durch eine allgemeinere ersetzt werden muß und kann. Hiervon wird in den folgenden Briefen noch viel die Rede sein.

In dem Schilpp-Buch ist übrigens mein Artikel keineswegs der einzige, der von diesem Thema handelt. Es enthält z. B. einen Aufsatz von Niels Bohr, wo dieser von den ausführlichen Diskussionen mit Einstein berichtet, in denen er dessen ingenieure Gedanken-Experimente zur Widerlegung der Quantenmechanik eingehend zerplückt.

Auch diese im Druck niedergelegte Meinungsverschiedenheit hat die Freundschaft zwischen uns nicht im leisesten gestört. Einstein erkennt ausdrücklich den warmen Ton meines Artikels an.

Um was es sich bei dem Transport meiner chinesischen Schützlinge handelte, kann ich mich nicht mehr erinnern. Ich hatte eine Reihe hochbegabter chinesischer Mitarbeiter, die vermutlich bei der immer drohender werdenden Kriegsgefahr heimreisen wollten, ohne Deutschland oder Rußland zu passieren, sondern auf dem Wege über Amerika.

Der letzte Absatz des Briefes ist eine resignierte Klage über die Tollheit und Jämmerlichkeit des homo sapiens, die in jener Zeit (Ende 1947) immer augenfälliger wurde.

[85]

Magdalen College, Oxford

4. 3. 48

Lieber Einstein,

Vor ein paar Tagen sah ich hier den Film über Atom-Energie, da erschienst Du leibhaftig und sprachst mit der so wohlbekannten und geliebten Stimme und zeigtest Dein freundlich-spöttisch-ernstes Grinsen. Ich war richtig gerührt – es wird bald 20 Jahre, daß wir Dich nicht gesehen haben. Die Hedi, der ich dies Erlebnis nach Edinburgh schrieb, antwortete gleich, sie will den Film auch sehen, und ich werde die Atomphysiker hier bereden, ihn hinzuschicken. Auf dem Film waren auch schöne Aufnahmen von J. J. Thomson und Rutherford, aber obwohl ich sie sehr verehrt habe, sind sie meinem Herzen doch nicht so nahe. Was den Rest des Films anbetrifft, so ist er ganz gut, wird aber am Laufe der Weltgeschichte nicht viel ändern. Wir sind da in eine üble Sache hineingestolpert, rechte Narren sind wir, und

um die schöne Physik tut's mir leid. Dazu hab'n wir nachgedacht, bloß um den Menschen zu helfen, sich von dieser schönen Erde schnell wegzubefördern! Ich verstehe garnichts mehr von Politik, ich versteh weder die Amerikaner, noch die Russen, noch die vielen kleinen Stänker, die jetzt, ausgerechnet jetzt! in Nationalismus machen. Selbst unsere guten Juden in Palästina haben ihre Sache auf diese faule Weise in Mißkredit gebracht. Besser an was andres denken.

Heute hatte ich die letzte meiner «Waynflete Lectures», wo ich unter anderem ein paar Stellen aus Deinen Briefen vorbrachte – ich nahm an, daß Du nichts dawider hast, da Du mir mein Manuskript nicht unter Protest zurückgeschickt hast. Diese Zeit in einem luxuriösen Oxforder College war sehr schön. Das – relativ – gute Essen macht mir nicht viel aus; aber viele Gespräche mit mannigfaltigen klugen Leuten; die schöne alte Stadt mit ihren grauen Gemäuern; Besuche bei meiner Tochter Gritli (ihr Mann, Maurice Pryce, war leider fast die ganze Zeit krank) und Spielen mit meinen Enkeln; gelegentlich Musik auf 2 Klavieren – lauter schöne Dinge. Ich habe die Vorträge zum Druck als Buch fertig gemacht. Hedi ist zu Hause geblieben, um unsere Wohnung umzugestalten: Verlegung der Küche nach oben, sodaß wir alten Leute nicht mehr so viel Treppen steigen brauchen. Sie ist glücklich, weil ein religiöser (sehr schöner) Artikel von ihr in einer Indischen Zeitschrift erschienen ist. Kannst Du nicht ihre Gedichte an einer deutschen Zeitschrift in Amerika drucken lassen? Sie sind doch sehr schön, aber hier in England versteht niemand deutsch, und in Deutschland sind genug Dichter, mehr als sie ernähren können. Damit hat Hedi auch viel zu tun, Pakete an hungernde Leute in Deutschland zu schicken. Grade die Anti-Nazis leiden jetzt wieder besonders. Aber wir sind ja selbst rationiert und können nicht viel helfen.

Was wir in Physik machen, wird Dich nicht sehr interessieren. Unsere kinetische Theorie der Flüssigkeiten haben wir mit einer Arbeit über das meschuggene Helium II abgeschlossen (noch nicht erschienen). Einer meiner Chinesen arbeitet an Supra-Leitung, und ich halte seine Theorie (die auf ein paar Vorschlägen von mir beruht) für besser als Heisenbergs. Mein Mitarbeiter Green bemüht sich um Elementarpartikel; er ist ein glänzender Mann, der beste den ich seit Pryce hatte. All das hält mich einigermaßen jung. Ich habe noch 5 Jahre im Amte, dann werde ich pensioniert mit einer Pension, von der ich nicht leben kann (es ist eine Art Versicherung, deren Höhe von der Dienstzeit abhängt) – so werde ich wohl weiter arbeiten, bis zum seligen Tode. Kein schlechtes Los.

Wenn ich mich auch über einen Brief von Dir sehr freue, so brauchst Du nicht zu antworten, wenn Dir nicht danach zu Mute ist. Alles Gute, und viele Grüße für Margot.

Dein Max Born.

abreisen müsse; und sie hatte große Mühe ihm das auszureden. Während des ganzen Kongresses hielt die Spannung an. Auch später, bei einer der Tagungen von Nobelpreisträgern in Lindau, hat er uns nach Möglichkeit geschnitten.

Mein Urteil über Heisenberg war wohl nicht gerecht. Er hat mir später einmal auseinandergesetzt, welches seine Arbeiten und die aus ihnen folgenden Beziehungen zu Regierungsstellen während der Hitlerzeit waren. Inzwischen (1969) sind objektive Darstellungen der deutschen Arbeiten über Kernspaltung während des Krieges erschienen, vor allem das Buch des englischen Historikers David Irving*, durch die Heisenbergs Aussage bestätigt und seine Haltung gerechtfertigt wird.

Von unserer Theorie der superfluiden Helium-Phase und der Superleitfähigkeit von Metallen habe ich schon gesagt, daß nichts Rechtes daraus geworden ist.

[88]

5. 4. 48

Lieber Born!

Ich sende Dir da einen kurzen Aufsatz, den ich auf Paulis Anregung in die Schweiz zum Druck gesandt habe. Ich bitte Dich in diesem Falle, Deine Abneigung so weit zu überwinden, daß Du diese kurze Sache so durchliest, wie wenn Du selbst Dir noch keine Ansicht gebildet hättest, sondern gerade vom Mars zu Besuch kämst. Ich bitte Dich darum nicht, weil ich mir einbilde, Deine Meinung beeinflussen zu können, sondern nur weil ich denke, daß Du daraus meine hauptsächlichsten Beweggründe besser verstehen kannst als aus dem was Du sonst von mir kennst. Es kommt allerdings dort nur die negative Seite zum Ausdruck und nicht das Vertrauen, daß ich in die relativistische Gruppe als heuristisch einschränkendes Prinzip setze. Jedenfalls wird es mich sehr interessieren, Deine Gegengründe zu erfahren, abgesehen natürlich von der Tatsache, daß die Quantenmechanik bisher allein den Wellen-Partikel-Character von Licht und Materie zu erfassen fähig war.

Mit herzlichen Grüßen

Dein
Albert Einstein.

* David Irving: «The Virus House» (Deckname eines deutschen Kernforschungslaboratoriums in Berlin); New York 1968, S. 329. Man lese hierzu auch die der «Deutschen Atombombe» gewidmete Nummer des «Bulletins of the Atomic Scientists» (Juni 1968, S. 32 ff), das außer einem Leitartikel des Herausgebers E. Rabinowitsch Beiträge von Heisenberg selbst und von Hans Suess (einst Mitarbeiter an der deutschen Kernforschung, jetzt Professor der Chemie an der Universität von San Diego, Kalifornien) enthält.

Quanten-Mechanik und Wirklichkeit

Im Folgenden will ich kurz und elementar darlegen, warum ich die Methode der Quanten-Mechanik nicht für im Prinzip befriedigend halte. Ich will aber gleich bemerken, daß ich keineswegs leugnen will, daß diese Theorie einen bedeutenden, in gewissem Sinne sogar endgültigen Fortschritt der physikalischen Erkenntnis darstellt. Ich stelle mir vor, daß diese Theorie in einer späteren etwa so enthalten sein wird, wie die Strahlen-Optik in der Undulations-Optik: Die Beziehungen werden bleiben, die Grundlage aber wird vertieft bzw. durch eine umfassendere ersetzt werden.

I.

Ich denke mir ein freies Teilchen zu einer Zeit durch eine räumliche beschränkte ψ -Funktion (im Sinne der Quanten-Mechanik vollständig) beschrieben. Gemäß einer solchen Darstellung hat das Teilchen weder einen scharf bestimmten Impuls noch einen scharf bestimmten Ort.

In welchem Sinne nun soll ich mir vorstellen, daß diese Beschreibung einen wirklichen individuellen Tatbestand darstellt? Zwei Auffassungen scheinen mir möglich und naheliegend, die wir gegeneinander abwägen wollen:

a) Das (freie) Teilchen hat in Wirklichkeit einen bestimmten Ort und einen bestimmten Impuls, wenn auch nicht beide zugleich in demselben individuellen Falle durch Messung festgestellt werden können. Die ψ -Funktion gibt nach dieser Auffassung eine unvollständige Beschreibung eines realen Sachverhaltes.

Diese Auffassung ist nicht die von den Physikern acceptierte. Ihre Annahme würde dazu führen, neben der unvollständigen eine vollständige Beschreibung des Sachverhalts für die Physik anzustreben und für eine solche Beschreibung Gesetze zu suchen. Damit würde der theoretische Rahmen der Quanten-Mechanik gesprengt.

b) Das Teilchen hat in Wirklichkeit weder einen bestimmten Impuls noch einen bestimmten Ort; die Beschreibung durch die ψ -Funktion ist eine prinzipiell vollständige Beschreibung. Der scharfe Ort des Teilchens, den ich durch eine Orts-Messung erhalte, ist nicht als Ort des Teilchens vor der Messung interpretierbar. Die scharfe Lokalisierung, die bei der Messung zutage tritt, wird nur durch den unvermeidlichen (nicht unwesentlichen) Messungs-Eingriff hervorgebracht. Das Messungs-Ergebnis hängt nicht nur ab von der realen Teilchen-Situation sondern auch von der prinzipiell unvollständig bekannten Natur des Meß-Mechanismus. Analog verhält es sich, wenn der Impuls

oder sonst eine das Teilchen betreffende Observable gemessen wird. Dies ist wohl die gegenwärtig von den Physikern bevorzugte Interpretation; und man muß zugeben, daß sie allein dem im Heisenbergschen Prinzip ausgesprochenen empirischen Sachverhalt im Rahmen der Quanten-Mechanik in natürlicher Weise gerecht wird.

Nach dieser Auffassung beschreiben zwei (nicht nur trivial) verschiedene ψ -Funktionen stets zwei verschiedene reale Situationen (z. B. das orts-scharfe bzw. das impuls-scharfe Teilchen).

Das Gesagte gilt mutatis mutandis ebenso für die Beschreibung von Systemen, die aus mehreren Massenpunkten bestehen. Auch hier nehmen wir (im Sinne der Interpretation I b) an, daß die ψ -Funktion einen realen Sachverhalt vollständig beschreibe, und daß zwei (wesentlich) verschiedene ψ -Funktionen zwei verschiedene reale Tatbestände beschreiben, auch wenn sie bei Vornahme einer vollständigen Messung zu übereinstimmenden Meß-Resultaten führen können; die Übereinstimmung der Meßresultate wird dann zum Teil dem partiell unbekanntem Einfluß der Meßanordnung zugeschrieben.

II.

Fragt man, was unabhängig von der Quanten-Theorie für die physikalische Ideenwelt charakteristisch ist, so fällt zunächst folgendes auf: die Begriffe der Physik beziehen sich auf eine reale Außenwelt, d. h. es sind Ideen von Dingen gesetzt, die eine von den wahrnehmenden Subjekten unabhängige «reale Existenz» beanspruchen (Körper, Felder etc.), welche Ideen andererseits zu Sinneseindrücken in möglichst sichere Beziehung gebracht sind. Charakteristisch für diese physikalischen Dinge ist ferner, daß sie in ein raum-zeitliches Kontinuum eingeordnet gedacht sind. Wesentlich für diese Einordnung der in der Physik eingeführten Dinge erscheint ferner, daß zu einer bestimmten Zeit diese Dinge eine voneinander unabhängige Existenz beanspruchen, soweit diese Dinge «in verschiedenen Teilen des Raumes liegen». Ohne die Annahme einer solchen Unabhängigkeit der Existenz (des «So-Seins») der räumlich distanten Dinge voneinander, die zunächst dem Alltags-Denken entstammt, wäre physikalisches Denken in dem uns geläufigen Sinne nicht möglich. Man sieht ohne solche saubere Sonderung auch nicht, wie physikalische Gesetze formuliert und geprüft werden könnten. Die Feldtheorie hat dieses Prinzip zum Extrem durchgeführt, indem sie die ihr zugrunde gelegten voneinander unabhängig existierenden elementaren Dinge sowie die für sie postulierten Elementargesetze in den unendlich-kleinen Raum-Elementen (vierdimensional) lokalisiert.

Für die relative Unabhängigkeit räumlich distanter Dinge (A und B) ist die Idee charakteristisch: äußere Beeinflussung von A hat keinen unmittelbaren Einfluß auf B; dies ist als «Prinzip der Nahewirkung» bekannt, das nur in der Feldtheorie konsequent angewendet ist. Völlige Aufhebung dieses Grundsatzes würde die Idee von der Existenz (quasi-) abgeschlossener Systeme und damit die Aufstellung empirisch prüfbarer Gesetze in dem uns geläufigen Sinne unmöglich machen.

III.

Ich behaupte nun, daß die Quanten-Mechanik in ihrer Interpretation (gemäß I b) nicht vereinbar ist mit dem Grundsatz II.

Wir betrachten ein physikalisches System S_{12} , das aus zwei Teilsystemen S_1 und S_2 zusammengesetzt ist. Diese beiden Teilsysteme mögen in einer früheren Zeit in physikalischer Wechselwirkung gewesen sein. Wir betrachten sie aber zu einer Zeit t , in welcher diese Wechselwirkung vorüber ist. Das Gesamtsystem sei im Sinne der Quanten-Mechanik vollständig beschrieben durch eine ψ -Funktion ψ_{12} der Koordinaten $q_1 \dots$ bzw. $q_2 \dots$ der beiden Teilsysteme (ψ_{12} wird sich nicht darstellen lassen als ein Produkt von der Form $\psi_1 \psi_2$, sondern nur als eine Summe solcher Produkte).

Zur Zeit t seien die beiden Teilsysteme räumlich voneinander getrennt, derart daß ψ_{12} nur dann von O verschieden ist, wenn die $q_1 \dots$ einem begrenzten Raumgebiet R_1 und die $q_2 \dots$ einem von R_1 getrennten Raumgebiet R_2 angehören.

Die ψ -Funktion der einzelnen Teilsysteme S_1 und S_2 sind dann zunächst unbekannt, bzw. sie existieren überhaupt nicht. Die Methoden der Quanten-Mechanik erlauben aber, ψ_2 von S_2 zu bestimmen aus ψ_{12} wenn zudem eine im Sinne der Quanten-Mechanik vollständige Messung am Teilsystem S_1 vorliegt. Man erhält so anstelle des ursprünglichen ψ_{12} von S_{12} die ψ -Funktion ψ_2 des Teilsystems S_2 .

Bei dieser Bestimmung ist es aber wesentlich, was für eine Art von im quantentheoretischen Sinne vollständiger Messung am Teilsystem S_1 vorgenommen wird, d. h. was für Observable wir messen. Wenn z. B. S_1 ein einziges Teilchen ist, dann steht es uns frei, ob wir z. B. seinen Ort oder seine Impuls-Komponenten messen. Je nach dieser Wahl erhalten wir für ψ_2 eine anders-artige Darstellung und zwar derart, daß je nach der Wahl der Messung an S_1 verschiedenartige (statistische) Voraussagen über an S_2 nachträglich vorzunehmende Messung resultieren. Vom Standpunkte der Interpretation I b bedeutet dies, daß je nach der Wahl der vollständigen Messung an S_1 eine

verschiedene reale Situation hinsichtlich S_2 erzeugt wird, die durch verschiedenartige $\psi_2, \underline{\psi_2}, \underline{\psi_2}$ etc. beschrieben werden.

Vom Standpunkt der Quanten-Mechanik allein bedeutet dies keine Schwierigkeit. Je nach der besonderen Wahl der Messung an S_1 wird eben eine verschiedene reale Situation geschaffen, und es kann nicht die Notwendigkeit auftreten, daß dem selben System S_2 gleichzeitig zwei oder mehr verschiedene ψ Funktionen $\psi_2, \underline{\psi_2}$ etc. zugeordnet werden.

Anders verhält es sich jedoch, wenn man gleichzeitig mit den Prinzipien der Quanten-Mechanik auch an dem Prinzip II von der selbständigen Existenz des in zwei getrennten Raumteilen R_1 und R_2 vorhandenen realen Sachverhaltes festzuhalten sucht. In unserem Beispiel bedeutet nämlich die vollständige Messung an S_1 einen physikalischen Eingriff, der nur den Raumteil R_1 betrifft. Ein solcher Eingriff kann aber das physikalisch-Reale in einem davon entfernten Raumteil R_2 nicht unmittelbar beeinflussen. Daraus würde folgen, daß jede Aussage bezüglich S_2 , zu der wir auf Grund einer vollständigen Messung an S_1 gelangen können, auch dann für das System S_2 gelten muß, wenn überhaupt gar keine Messung an S_1 erfolgt. Das würde heißen, daß für S_2 gleichzeitig alle Aussagen gelten müssen, welche aus der Setzung von ψ_2 oder $\underline{\psi_2}$ etc. abgeleitet werden können. Dies ist natürlich unmöglich, wenn $\psi_2, \underline{\psi_2}$ etc. von einander verschiedene reale Sachverhalte von S_2 bedeuten sollen, d. h. man gerät in Konflikt mit der Interpretation I b der ψ -Funktion.

Es scheint mir keinem Zweifel zu unterliegen, daß die Physiker, welche die Beschreibungsweise der Quanten-Mechanik für prinzipiell definitiv halten, auf diese Überlegung wie folgt reagieren werden: Sie werden die Forderung II von der unabhängigen Existenz des in verschiedenen Raum-Teilen vorhandenen physikalisch-Realen fallen lassen; sie können sich mit Recht darauf berufen, daß die Quanten-Theorie von dieser Forderung nirgends explicit Gebrauch mache.

Ich gebe dies zu, bemerke aber: Wenn ich die mir bekannten physikalischen Phänomene betrachte, auch speziell diejenigen, welche durch die Quanten-Mechanik so erfolgreich erfaßt werden, so finde ich doch nirgends eine Tatsache, die es mir als wahrscheinlich erscheinen läßt, daß man die Forderung II aufzugeben habe. Deshalb bin ich geneigt zu glauben, daß im Sinne von I a die Beschreibung der Quanten-Mechanik als eine unvollständige und indirekte Beschreibung der Realität anzusehen sei, die später wieder durch eine vollständige und direkte ersetzt werden wird.

Jedenfalls sollte man sich nach meiner Ansicht davor hüten, sich beim Suchen nach einer einheitlichen Basis für die gesamte Physik auf das Schema der gegenwärtigen Theorie dogmatisch festzulegen.

A. Einstein.

Der kurze Aufsatz gehört so eng zu diesem Briefe, daß ich ihn hier aufnehmen mußte. Auch ist ohne ihn mein Antwortbrief unverständlich. Die Diskussion ist natürlich nur dem begreiflich, der etwas von der Entwicklung der modernen Physik und ihren philosophischen Grundlagen weiß.

[89]

84 Grange Loan, Edinburgh

9. 5. 48

Lieber Einstein,

Ich muß mich sehr entschuldigen, daß ich Deinen Brief vom 5. April mit dem Manuskript nicht gleich beantwortet habe. Ich war zwei Monate in Oxford, dann nur 14 Tage zu Hause und wieder fort mit Hedi nach Frankreich, um an zwei Tagungen, in Bordeaux und Paris, teilzunehmen. Nach der Rückkehr hatte ich meine lange vernachlässigten Schüler zu betreuen, die Oxforder Vorträge druckfertig zu machen und den offiziellen Nachruf auf Planck für die Roy. Soc. zu schreiben, eine umfangreiche Aufgabe, die bis Mitte Juni fertig sein muß. So komme ich erst heute dazu, Deinen Brief zu beantworten.

Es freut mich, daß Du auf meine Meinung einen gewissen Wert zu legen scheinst. Ich habe das Gefühl, daß ich es kaum verdiene. Aber da Du es willst, magst Du hören, was mir beim Lesen Deines Manuskripts in den Sinn gekommen ist.

Laß mich mit einem Beispiel anfangen. Auf eine Platte doppelbrechenden Kristalls fällt ein Lichtstrahl und wird in 2 Strahlen zerlegt. Man stellt durch Messung die Polarisationsrichtung des einen Teilstrahls fest; dann kann man schließen, daß die des andern senkrecht dazu ist. Man hat also durch Messung über ein System an einer Raumstelle etwas über ein System an einer andern Raumstelle festgestellt. Daß dies möglich ist, beruht auf der Kenntnis, daß beide Strahlen durch Passieren eines Kristalls aus einem Strahle hervorgegangen sind, in optischer Sprache, daß sie kohärent sind.

Dieser Fall scheint mir sehr verwandt mit Deinem abstrakten Beispiel, das offenbar an die Stoßtheorie anknüpft. Es ist aber einfacher und zeigt, daß solche Dinge im Rahmen der gewöhnlichen Optik passieren. Die Quanten-Mechanik hat die Sache nur verallgemeinert.

Es scheint mir, daß Dein Grundsatz der «Unabhängigkeit räumlich distanter Dinge A und B» nicht so zwingend ist, wie Du ihn hinstellst. Er gibt keine Rechenschaft von der Tatsache der Kohärenz; räumlich entfernte Dinge, die einen gemeinsamen Ursprung haben, brauchen nicht unabhängig zu sein. Ich glaube, daß man das nicht leugnen

kann und einfach akzeptieren muß. Dirac hat sein ganzes Buch darauf aufgebaut.

Du sagst: «Die Methoden der Quanten-Mechanik erlauben, ψ_2 von S_2 zu bestimmen aus ψ_{12} , wenn zu dem eine im Sinne der Quanten-Mechanik vollständige Messung am Teilsystem S_1 vorliegt.» Du setzt daher offenbar voraus, daß ψ_{12} bekannt ist. Es ist also garnicht so, daß eine Messung bei S_1 etwas aussagt über das im entfernten S_2 passierende, sondern nur in Verbindung mit der Kenntnis von ψ_{12} , d. h. von weiteren früheren Messungen. Im optischen Beispiel entspricht dies der Feststellung, daß beide Teilstrahlen durch einen Kristall aus einem Strahl erzeugt sind.

Dein Beispiel ist mir zu abstrakt und zu wenig präzisiert, um viel damit anfangen zu können. «Messung» in der Quanten-Mechanik wird leider oft liederlich definiert. Es bedeutet einmal die Feststellung der möglichen Eigenwerte einer Größe, das andre Mal die Feststellung, ob ein System in dem Zustande ist, der einem bestimmten Eigenwert entspricht, oder allgemeiner, die Feststellung der Gewichte $|a_n|^2$, mit denen die verschiedenen Eigenwerte $n = 1, 2 \dots$ im Gemisch

$$\psi(x) = \sum_n a_n \psi_n(x)$$

vorhanden sind. Mir ist nicht klar, wie Du es in Deinem Beispiel «Messung» verstehst. Es wäre mir bequemer, einen wirklichen Stoßprozeß zu betrachten, wo zwei anfänglich unabhängige Teilchen auf einander prallen und sich ablenken. Die Wellenfunktionen nach dem Stoß würden dann Deinen ψ_1 und ψ_2 entsprechen. Es kommt ferner darauf an, ob Du einen stationären Strom einfallender Teilchen beider Arten meinst, oder gerade nur zwei Teilchen, eins von jeder Sorte. Im letzteren Falle passiert im allgemeinen garnichts; man muß nicht nur die Stoßrichtung, sondern auch die Zeiten genau wissen, und wenn diese gerade so abgepaßt sind, daß Ablenkung eintritt, scheint es mir einleuchtend, daß die Teilchen nach dem Stoße nicht «unabhängig» sind. Damit überhaupt etwas passiert, muß man ja vor dem Stoße schon viel wissen und einrichten. Wenn es sich aber um einen stationären Strom von Teilchen handelt, bei dem das zeitliche Eintreffen am Stoßort statistisch ist, ist es doch klar, daß diese Statistik sich in der Verteilung nach dem Stoße zeigt, d. h. daß die beiden Partner wieder nicht unabhängig sind. Ich kann eigentlich keine rechte Schwierigkeit entdecken.

Aber ich fühle, daß ich mich nicht so klar ausdrücke, wie ich gern möchte. Im Grunde komme ich immer wieder zurück auf die Tatsache der Kohärenz, die man nicht wegleugnen kann. Da aber auch die Nützlichkeit mechanischer Bilder nicht wegzuleugnen ist, so muß man

mit einem Formalismus zufrieden sein, der beides unter einen Hut bringt. In meinem Gemüte verursacht er kein störendes Knarren und Knirschen. Daher bin ich geneigt, ihn zu gebrauchen und in gewissem Sinne an ihn «zu glauben», bis etwas entschieden «besseres» auftaucht. Ich habe das alles in meiner Oxford Vorlesung in ziemlicher Breite auseinandergesetzt, vielleicht wirst Du es mal zu sehen bekommen.

Was nun meine Erwartung eines «besseren» betrifft, so bin ich allerdings ganz anderer Meinung als Du. Der Fortschritt in der Physik ist doch immer eindeutig vom Anschaulichen zum Abstrakten gegangen. So wird es wohl auch bleiben. Die Quanten-Mechanik und Quanten-Feldtheorien versagen in entscheidenden Punkten. Aber alle Anzeichen scheinen mir darauf hinzudeuten, daß man sich auf Dinge gefaßt machen muß, die uns älteren Leuten nicht behagen. Ich glaube, daß sogar die Tage der relativistischen Gruppe in ihrer von Dir gegebenen Form gezählt sind: Die Transportabilität des Lienienelements ist mathematisch sehr schön, aber für mein Gefühl physikalisch unbefriedigend. Nun deuten die Divergenzen in der Quanten-Mechanik darauf hin, daß es in der Welt eine absolute Länge gibt. Ich vermute, daß diese irgendwie in die allgemeine Transformations-Gruppe aufgenommen werden muß. Wir haben uns viel damit geplagt. Mein Schüler Green, ein hochbegabter Mensch (den ich Euch nächstes Jahr nach Princeton schicken werde), wird vielleicht weiter kommen; er hat gute Ideen und große mathematische Geschicklichkeit.

Wir arbeiten jetzt an Supraleitung, und ich denke, wir haben die richtige Theorie. Es ist garnicht so furchtbar verwickelt.

Mit herzlichen Grüßen auch von Hedi

Dein Max Born.

Die Wurzel der Meinungsverschiedenheit zwischen Einstein und mir liegt in seinem Axiom, daß Ereignisse, die an verschiedenen Orten A und B stattfinden, unabhängig voneinander sind, in dem Sinne, daß eine Beobachtung des Zustandes bei B nichts darüber lehrt, wie der Zustand bei A ist. Mein Argument gegen diese Annahme ist aus der Optik genommen und beruht auf dem Begriffe der Kohärenz. Wenn ein Lichtstrahl durch Spiegelung, Doppelbrechung oder dergl. in zwei Strahlen geteilt wird, die verschiedene Wege einschlagen, so kann man aus Beobachtung in einem Punkte A des einen Teilstrahls einen Schluß auf den Zustand des andern in einem entfernten Punkte B ziehen. Es ist merkwürdig, daß Einstein, der als einer der ersten Theoretiker die Bedeutung der de Broglieschen Arbeit über Wellenmechanik gesehen und uns andre darauf aufmerksam gemacht hat, diesen Einwand

gegen sein Axiom nicht gelten ließ. Für Licht ist es sicher ungültig; wenn aber die Bewegung von Materie als Wellenausbreitung beschrieben werden kann – und dazu hat ja Einstein selbst gewichtige Argumente geliefert – so ist der Begriff der Kohärenz auf Materiestrahlen anwendbar; daraus ergibt sich genau wie bei Licht, daß unter Umständen aus Feststellung des Zustandes in A auf den Zustand in B geschlossen werden kann. Einstein erklärte eine Theorie, die zu solchen Folgerungen führt, als unvollständig. In seinen Augen muß also die Theorie des Lichts ebenfalls als unvollständig gelten. Er erwartete den Aufbau einer tieferen Theorie, die diesen unvollkommenen Zustand beseitigen sollte. Bisher hat sich seine Hoffnung nicht erfüllt; und die Physiker haben gute Gründe – die hauptsächlich auf Untersuchungen J. von Neumanns (s. Kommentar zu Brief No. 78) beruhen – zu glauben, daß dies unmöglich ist.

[90]
Professor M. Born F. R. S.
Department of Mathematical Physics
The University
Drummond Street, Edinburgh, 8.

22. 5. 48

Lieber Einstein,
Dieser Brief hat nichts zu tun mit Quantentheorie, wie mein letzter, den Du hoffentlich bekommen hast, sondern mit Palästina. Du wirst sagen, «was geht Dich das an?» In der Tat, als Du mir 1933 schriebst, ich sollte nach Jerusalem gehen, habe ich abgelehnt, wegen meiner Frau und Kinder, die keinerlei jüdische Tradition haben. Ich war auch nicht klar über die Lage in Europa. Später war ich ein paar Wochen mit Weizmann in Karlsbad täglich zusammen und habe viel gelernt. Ich glaube allerdings, er hätte viel mehr Juden retten können, wenn er das Anerbieten der Engländer, ihnen ein Stück von Kenia (Ostafrika) zu geben, angenommen hätte. So wie die Sache jetzt liegt, ist Palästina der einzig mögliche Zufluchtsort. Ich war sehr traurig, als die Juden zu Terror griffen und zeigten, daß sie von Hitler gelernt hatten. Auch war ich meinem neuen «Vaterlande» Britain so dankbar, daß ich nichts Böses von ihm erwartete. Allmählich wurde mir aber klar, daß unser Bevin ein böses Spiel treibt: erst werden die Araber bewaffnet und geschult, dann zieht die Britische Armee ab und läßt die Araber das schmutzige Geschäft der Vernichtung der Juden tun. Natürlich hatte ich keinen Beweis, daß es so ist. Außerdem ist mir jeder Nationalismus verhaßt, auch der jüdische. Darum regte ich mich nicht besonders auf. Allmählich ist es aber völlig

klar geworden, daß meine schlimmste Vermutung richtig war. Heute bringt der Manchester Guardian einen Leitartikel, in dem er Bevin ganz offen anklagt, genau in dem genannten Sinne. Ich bin sehr niedergeschlagen, denn ich bin gänzlich machtlos und ohne Einfluß in diesem Lande. Dieser Brief ist nur bestimmt, Dir zu sagen, daß, wenn Du irgend was tust, um zu helfen, ich von ganzer Seele hinter Dir stehe. Kannst Du nicht die amerikanische Regierung zum Handeln bewegen, ehe es zu spät ist? Die Russen würden mittun, und das würde vielleicht helfen, die Spannung zwischen Amerika und Rußland zu verringern. Laß mich wissen, wie die Sache bei Euch angesehen wird.

Mit herzlichen Grüßen, auch von Hedi,

Dein
Max Born.

[91]

1. 6. 48

Lieber Born!

Dein Palästina-Brief hat mich sehr gerührt. Es kann kein Zweifel sein, daß Du Bevins Politik richtig charakterisiert hast. Es scheint, daß er via den Sessel, auf dem er sitzt, mit dem Infamie-Bazillus angesteckt worden ist. Du hast aber etwas optimistische Vorstellungen über die mir gebotenen Möglichkeiten, das Spiel in Washington zu beeinflussen. Dieses ist charakterisiert durch die feine Maxime: die rechte Hand darf nicht wissen, was die linke tut. Mit der rechten Hand schlägt man auf den Tisch und mit der linken Hand hilft man (z. B. durch Embargo) dem insidiösen Angriff Englands.

Dein Brief über die Interpretation der Quantentheorie ist zwar ausführlich, hält sich aber nicht an mein logisches Schema, sodaß ich nicht antworten kann, ohne Dich durch lästige Wiederholungen zu ermüden. Vielleicht kommt es doch noch mal zu einer mündlichen Diskussion. Ich möchte nur noch sagen, daß ich keineswegs auf das sogenannte klassische Schema versessen bin, daß ich es aber für nötig halte, irgendwie dem allgemeinen Relativitätsprinzip gerecht zu werden, dessen heuristische Kraft nach meiner Meinung für den wirklichen Fortschritt nicht entbehrt werden kann.

Herzlich grüßt Dich

Dein
A. Einstein.

Mein «Palästina-Brief» und Einsteins Antwort bedürfen kaum eines Kommentars. Die Beurteilung der Palästina-Politik Bevins war voll

unser beider Namen schreibt. Die Ideen sind aber meistens noch aus meinen jüngeren Jahren. – Aus den Zeitungen sah ich, daß Blackett bei der British Association in Birmingham wieder ein paar neue kurzlebige Mesonen angekündigt hat. In der Dir gewidmeten Nummer der «Rev. of Modern Physics» steht eine Arbeit, in der ich das Vorhandensein von Mengen solcher kurzlebiger Teilchen plausibel gemacht habe. Die Einzelheiten dieser Rechnungen sind wahrscheinlich falsch, aber das Prinzip scheint sich zu bestätigen.

Hedi läßt schön grüßen, Dich und Margot. Nochmals Dank für das Buch. Dein
Max Born.

4. 9. 50

Bevor ich diesen Brief absende, möchte ich noch 2 Bemerkungen anfügen. Eine betrifft eine Stelle in dem Buche, wo Du die Verantwortlichkeit des ganzen deutschen Volkes für die Untaten der Nazis erklärst. Ich habe damals diese Meinung geteilt, mich aber jetzt eines besseren besonnen. Ich denke, es gibt keine Massen-Verantwortlichkeit in einem höheren Sinne, nur Individua. – Ich habe genug anständige Deutsche getroffen – vielleicht klein an Zahl, aber echt. Vermutlich hast auch Du die Ansichten der Kriegsjahre etwas modifiziert. – Die andere Bemerkung betrifft Deine Deutung der ψ -Funktion: sie scheint mir genau mit dem übereinzustimmen, was ich mir von Anfang an dachte und was wohl alle vernünftigen Physiker heute denken. Daß ψ den «Zustand» eines Systems beschreibt, ist nur eine Redeweise wie im gewöhnlichen Leben: «Meine Lebenserwartung (als Mensch von 67 Jahren) ist 4,3 Jahre.» Auch eine Aussage über ein einzelnes System, aber sinnlos im empirischen Sinne. Denn gemeint ist natürlich: Nimm eine Gesamtheit von Individuen, jedes 67 Jahre alt, und zähle, welcher Prozentsatz eine gegebene Zeit lebt. In dieser Weise habe ich die Deutung von $|\psi|^2$ immer aufgefaßt. Du schlägst statt dessen vor, von einem System vieler gleicher Individuen, einer statistischen Gesamtheit, zu sprechen. Der Unterschied scheint mir nicht wesentlich, nur etwas sprachliches. Oder habe ich Dich mißverstanden, und Du meinst irgend etwas tieferes? – Sollten wir hier zu einer Einigung kommen, so scheint mir einige Hoffnung vorzuliegen, dasselbe auch in der Frage der «Vollständigkeit» zu erzielen. Aber davon später.

M. B.

Seit ich dies schrieb, sind so viele Krisen gefolgt, daß ich schwerlich noch jemand erinnert, was die von 1950 war. Die Welt sieht immer noch «zum Verzweifeln» aus. Vielleicht ist die Schwierigkeit der

Verständigung mit Kommunisten etwas geringer geworden. Daß die Russen nicht daran denken, Europa zu überrennen, wenn sie nicht aufs äußerste herausgefordert werden, glaube ich heute noch wie damals.

Das Kristallbuch hatte ich bei Kriegsausbruch (1939) angefangen, um die Theorie der Kristallgitter systematisch auf quantenmechanischer Grundlage aufzubauen. Aber meine Kräfte reichten nicht aus; ich mußte das Manuskript liegenlassen. Später gab ich es einem meiner begabten chinesischen Mitarbeiter, Dr. Kun Huan, zu lesen, und dieser erklärte sich bereit, mir bei der Fertigstellung zu helfen. Dies lief darauf hinaus – wie in dem Brief geschildert –, daß er die Hauptlast der Arbeit trug. Nur am Schluß fiel diese wieder auf mich. Er war ein begeisterter Kommunist, und als die Nachricht von Mao Tse-tungs Sieg über Tschiang Kai-schek kam, wollte er unbedingt dabei sein und ging mit seiner (englischen) Frau zurück nach China, wobei er die letzten, noch unfertigen Kapitel des Buches mit sich nahm. Nach vielen Mahnungen schickte er mir diese endlich zurück. Das Fertigmachen des großen Manuskripts, das Nachrechnen aller Formeln, das Lesen der Korrekturen usw. hatte ich dann allein zu besorgen, was in meinem Alter (Ende 70) nicht leicht war. Heute ist das Buch «Dynamical Theory of Crystal Lattices» (Oxford 1954) weit verbreitet und erfüllt seinen Zweck.

Die Nachricht über die Existenz vieler kurzlebiger Teilchen hat mich erfreut, weil unsere Reziprozitätstheorie so etwas vorhersagte. Heute sieht es so aus, als ob sie auch einen Beitrag zu ihrer Klassifizierung und zum Verständnis ihrer Eigenschaften liefert.

Das Nachwort enthält zunächst eine Betrachtung über Massenverantwortlichkeit. Einsteins Antwort darauf steht im nächsten Briefe. Dann folgt ein Versuch, unsere Meinungsverschiedenheit über die Deutung der Quantenmechanik als Folge einer ungenauen, abgekürzten Redeweise wegzudisputieren. Aber diese Betrachtung trifft nicht den Kern von Einsteins Bedenken, wie aus dem folgenden deutlich hervorgehen wird.

[97]

15. 9. 50

Lieber Born!

Es tut mir leid, daß man Dich mit meiner Serie von Aufsätzen behelligt hat. Es ist garnichts darin, was auf Originalität Anspruch macht, sondern es sind nur Äußerungen, die durch an mich gestellte Ansprüche veranlaßt sind, nicht aus eigenem Bedürfnis geschrieben.

Solche Leute wie Dein bolschewistischer Doktor kommen zu ihrer

fanatischen Einstellung aus Protest gegen die Härten, Ungerechtigkeiten und Ungereimtheiten in unserer eigenen Gesellschaft (Flucht aus der Realität). Wenn er in Rußland wäre, wäre er gewiß auch dort ein Rebell – nur würde er sich hüten, Dir davon zu erzählen. Immerhin scheint es mir, daß es die hiesigen in ihrer äußeren Politik weit schlimmer betreiben als die Russen. Und das blöde Volk läßt sich alles einreden. Dabei ist es äußerst kurzsichtig. Denn Überlegenheit technischer Art ist vorübergehend; und wenn es zu einem allgemeinen Konflikt kommt, so entscheidet schließlich die Zahl der Menschen.

Was ich in der Quantentheorie Unvollständigkeit der Beschreibung nenne, hat in der Relativitätstheorie kein Analogon. Es ist kurz gesagt der Umstand, daß in der Beschreibung durch die ψ -Funktion Qualitäten eines individuellen Systems keinen Ausdruck finden, an deren «Realität» wir alle miteinander nicht zweifeln (in dem Falle, daß es sich um «makroskopische» Parameter handelt).

Denk Dir einen (makroskopischen) Körper, der um eine Axe frei drehbar ist. Der Zustand ist nur durch einen Winkel bestimmt. Der Anfangszustand (Winkel und Drehimpuls) sei so scharf gegeben, als es die Quantentheorie erlaubt. Die Schrödingergleichung liefert dann die ψ -Funktion für jede spätere Zeit. Ist diese groß genug, so werden alle Winkelwerte (praktisch) gleich wahrscheinlich. Macht man aber eine Beobachtung (z. B. durch Momentanbeleuchtung mit einer Laterne), so findet man einen bestimmten Winkelwert (genau genug). Daraus folgt zwar nicht, daß dieser Winkelwert schon vor der Beobachtung vorhanden war – aber man glaubt es, weil man im Makroskopischen an den Forderungen der Realität festzuhalten entschlossen ist. Die ψ -Funktion drückt also in diesem Falle den realen Tatbestand nur unvollkommen aus. Das ist es, was ich als «unvollständige Beschreibung» bezeichne.

Dagegen wirst Du wahrscheinlich nichts haben. Du wirst aber wohl den Standpunkt einnehmen, daß eine vollständige Beschreibung unnütz wäre, weil es für eine solche keine Gesetzmäßigkeiten gäbe. Ich behaupte nicht, daß ich diese Ansicht entscheidend widerlegen kann. Mein Instinkt sagt mir aber, daß eine vollständige Formulierung der Gesetzmäßigkeiten an eine vollständige Beschreibung der Tatbestände gebunden ist. Dies bin ich überzeugt, trotzdem der Erfolg dagegen spricht (bis jetzt). Ich glaube auch, daß die gegenwärtige Formulierung in dem Sinne wahr ist, wie z. B. die Aussagen der Thermo-Dynamik – nämlich soweit die benutzten Begriffe adäquat sind. Dies soll nicht einen (aussichtslosen) Versuch darstellen, Dich (oder sonst jemand) zu überzeugen; ich möchte nur, daß Du meine Denkweise verstehst.

Aus dem Schluß Deines Briefes sehe ich, daß auch Du die quanten-

theoretische Beschreibung als *unvollständig* auffaßt (Ensemble). Aber Du bist eben davon überzeugt, daß es für eine vollständige Beschreibung keine (vollständigen) Gesetze gibt, nach dem positivistischen Grundsatz *esse est percipi*. Nun, dies ist eine programmatische Einstellung, kein Wissen. Hier liegt die Haupt-Verschiedenheit unserer Einstellung. Einstweilen stehe ich allein mit meiner Meinung – wie Leibniz gegenüber dem absoluten Raum der Newtonschen Theorie.

Nun hab ich Dir wieder etwas auf meinem alten Steckenpferd vorgeritten. Aber Du bist selber schuld, weil Du mich provoziert hast. Ich freue mich, daß Deine Kinder zu unserem Taubenschlag kommen. Was die Deutschen anlangt, habe ich meine Einstellung nicht geändert; sie datiert übrigens nicht erst von der Nazi-Zeit. Von Geburt sind alle Menschen durchschnittlich gleich. Die Deutschen haben aber eine gefährlichere Tradition als die andern Völker der sogenannten Civilisation. Das jetzige Verhalten der andern gegen sie zeigt mir nur, wie wenig die Menschen auch aus ihren schmerzlichsten Erfahrungen lernen.

Herzliche Grüße Dein

A. E.

Dies ist wohl die klarste Darstellung der Realitäts-Philosophie Einsteins. Besonders der vorletzte Absatz ist aufschlußreich. Er nennt meine Art der Beschreibung der physikalischen Welt «unvollständig»; aber er hält dies für einen Mangel, auf dessen Beseitigung er hofft, während ich mich damit begnüge. Tatsächlich habe ich es immer als einen Fortschritt angesehen, weil eine exakte Beschreibung des Zustandes eines physikalischen Systems voraussetzt, daß man unendlich präzise Angaben darüber machen kann, was mir unsinnig scheint. Mir scheint, daß ich hier dem von Einstein in der Relativitätstheorie gewiesenen Wege gefolgt bin. Dort erkannte er die Unmöglichkeit, Punkte im Raum und in der Zeit absolut festzulegen, und schloß daraus, daß der Begriff absoluter Orts- und Zeitbestimmung sinnlos ist. Darauf beruht sein ganzes gewaltiges Gebäude. Aber die Analogie der Situation in der Quantentheorie wollte er nicht anerkennen.

[98]

4. 5. 52

Lieber Einstein,

Der Tod Ladenburgs ist, wie Du Dir denken kannst, mir sehr nahe gegangen. Er war mein ältester und, bis das Schicksal uns in die verschiedenen Länder warf, mein nächster Freund, mit dem ich