

13. Februar 1949.

Hochverehrter, lieber Sommerfeld!

Wie viel hätte ich Ihnen zu sagen. Und es entsetzt mich wahrhaft, das Datum auf Ihrem lieben Brief zu lesen (25. XI. 48), der mit den gleichzeitig eingetroffenen Sonderdrucken seit damals an auffälliger Stelle auf meinem Küchentisch liegt und eigentlich den Namen "Geburtstagsbrief" verdient, sofern Sie mir ihn zu Ihrem Geburtstag geschickt hatten, während ich mich damals mit einem schäbigen Telegramm sozusagen entschuldigt hatte. (Oder sollte man dann von einem "negativen" Geburtstagsbrief sprechen - gleicher Absolutbetrag, bloß der Vectorpfeil umgekehrt?)

Ihr philosophischer Aufsatz hat mich natürlich weit über die gelegentliche ehrenvolle Nennung meiner Person hinaus interessiert. Während ich mit Einstein und mit der allgemeinen Bewunderung seines ganz ohne jeden Vergleich phantastisch extensiven und intensiven Lebenswerks völlig einig gehe (unser bedauerliches Zerwürfnis ist rein persönlich), hege ich, umgekehrt, für Niels Bohr zwar die freundschaftlichsten Gefühle, habe auch, selbstverständlich den höchsten Respekt für das Werk, bei dem er seit 1912 führend war und das für immer grundlegend bleibt auch für jene neuere Entwicklung, die 1925 mit de Broglie und Heisenberg eingesetzt hat; dagegen halte ich für verfehlt und bedauerlich den Einfluss, den er kraft seiner ungeheuren Autorität auf diese neuere Entwicklung selbst genommen hat, vor allem durch Erfindung einiger Schlagworte, als da sind: Komplementarität, direkter Einfluss des Beobachters auf das zu Beobachtende, Verwischen der Grenze zwischen Subjekt und Objekt, Unmöglichkeit von Modellen, Wissenschaft = Prophezei-rezept usw. bis zur physikalischen Theorie der Willensfreiheit. Letztere ist (um das beiläufig zu sagen) m.E. schon mit der heute akzeptierten Deutung der Quantenmechanik rein physikalisch abzulehnen, ganz abgesehen von den viel tiefer liegenden philosophischen Einwänden (von denen ich jetzt nicht reden will). Eine statistische Aussage ist nämlich, so weit sie reicht, ebenso scharf, wie eine dynamische oder jede andere mathematisch formulierte Aussage. Es ist ein Denkfehler, zu glauben, dass man eine solche Aussage für wahr halten und doch zugleich innerhalb der Schwankungsbreite durch andere Umstände (freier Willensentschluss einer Person) das Einzelereignis bestimmen kann. Es heisst nämlich, dass das Einzelereignis doch nicht ganz "frei" und zufällig, sondern eben vom Entschluss abhängig ist. Dann sind bloss zwei Fälle möglich. Entweder das Entschluss-Ensemble durchbricht zuweilen die statistische Voraussage, oder dies ist nicht der Fall, d.h. das Entschluss-Ensemble produziert geradezu das von der Theorie statistisch vorhergesagte Ensemble der Resultate. Die erste Alternative widerstreitet der physikalischen Voraussetzung offen, genau wie es Newton's Gesetz widerstreiten würde, wenn ein Engel einen Planeten aus seiner Bahn lenkte; sie ist also auszuschliessen. Die zweite Alternative führt, etwa im Sinne von Boltzmann und Gibbs, das statistische Gesetz auf ein tiefer liegendes dynamisches zurück, nämlich eben auf die Dynamik der Willensentschlüsse. Letztere

werden damit als direkte physikalische Agentien in das raum-zeitliche Weltbild eingebaut. Das ist erstens nicht nur keine neue, sondern eine ziemlich alte naive philosophische Auffassung - man erinnere des Cartesius Zirbeldrüse; zweitens entspricht es wohl kaum der Meinung der heutigen Quantenmechaniker, als welche ja die Unmöglichkeit einer Zurückführung ihrer statistischen Aussagen auf irgendwelche tiefer gelegene Dynamik unter Beweis gestellt zu haben glauben (J. von Neumann).

Der obige Schlagwortkomplex hat sich mit geringen Modulationen nun schon durch zwei Jahrzehnte geschleppt, und man scheint nicht zu bemerken, dass er - sehr im Gegensatz zu Bohrs früheren Intuitionen (bis einschliesslich Korrespondenzprinzip) - zu keinem einzigen greifbaren Erfolg geführt hat. Mir fällt dabei immer das Andersensche Märchen von "des Königs neuen Kleidern" ein. Jeder glaubt, es muss was dahinter sein, weil alle so tun als sähen sie was dahinter. Ich gebe ernstlich zu bedenken, ob es nicht vielleicht doch bloß die Worte sind, die sich zu rechter Zeit eingestellt haben, wo Begriffe fehlen. Wie dem aber auch sei, so scheint mir während dieses zwanzigjährigen Herumgeredes, und durch es, der wichtigste Fund der "neuen Mechanik" in Vergessenheit geraten zu sein, der physikalisch und philosophisch bedeutungsvollste Aufschluss. Jeder Physiker weiss darum, aber man spricht nicht davon, hält es für minder wichtig, überdeckt die Sache durch einen bequemen, aber verschleiernnden Jargon. Die Korpuskel ist kein identifizierbares Individuum. Individualität im absoluten Sinn gibt es nicht mehr. Eine Partikel ist näherungsweise identifizierbar, wenn sie nicht zu langsam bewegt ist in einem Gebiet, in dem die ~~Partikel~~ Partikel dieser Art nicht zu dicht gedrängt sind. Wenn  $p$  der Impuls der Partikel,  $n$  ihre Zahldichte, so muss  $p/A/T^{3/2}$

$$p \sim n^{-1/3} \text{ gross sein gegen } h,$$

(wie sich leicht aus einer Dimensionsüberlegung ergibt). Dass wir der Korpuskel grundsätzlich die Individualität absprechen müssen, das ist m.E. der Kernpunkt der neuen Mechanik. Man hat sich gewöhnt, ihn zu übersehen. Der Jargon sagt dafür, dass die Korpuskel "einer anderen Statistik gehorcht", entweder der Fermischen oder der Boseschen; und bloss wenn obige Bedingung gut erfüllt ist, dürfen man näherungsweise die Boltzmannsche verwenden. Man sollte aber, wenn man schon von "gehören" spricht, als erste Forderung stellen dass das Denken des Physikers der Logik gehorchen soll. Tut es das, dann folgen echte Partikel, d.h. Partikel mit Individualität, denknotwendig der Boltzmann Statistik. Mit derselben logischen Notwendigkeit folgt, dass es sich bei Partikeln ohne Individualität anders verhält; man denke an die Jeans-Debyesche Ableitung des Planckschen Gesetzes mit Boltzmannscher Statistik für die (höchst individuellen) Hohlraumoszillatoren und die Bosesche Ableitung mit Bose Statistik für die (nicht individuellen) Energiequanten. In jedem Fall, in dem die Erfahrung uns zwingt, auf etwas das man zunächst als Partikel angesprochen hat, etwas anderes als Boltzmannsche Statistik anzuwenden, soll man wissen, dass man diesen Partikeln damit die Individualität abspricht. Dies scheint mir die grundlegende Neuerung, viel wichtiger als die wechselseitige Unbestimmtheit von Ort und Impuls, oder gar die rührende Geschichte von der unvermeidlichen

Störung des einen bei der sogenannten Messung (recte Prokrustie) des anderen. Denn wenn mir jemand Nachricht von "meinem Vetter" gibt, so scheint es mir wichtiger, zu wissen, dass eigentlich nicht feststeht, welchen von meinen 7 Vettern er meint, als dass er zwar seine Körpergrösse, aber nicht die Farbe seiner Augen anzugeben weiss. - Obige Ungleichung, die ja aus der Theorie der Gasentartung geläufig ist, lässt sich in der Sprache der Unbestimmtheitsrelation folgendermaassen ausdrücken. Die Partikel behält einen gewissen Grad von Individualität, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

Bestimme ich ihren Ort mit einer Genauigkeit etwas grösser als (d.h. schärfer als)  $n^{-1/3}$ , so soll die damit verbundene Unschärfe des Impulses nicht hinreichen, eine Ortsunschärfe von der Ordnung  $n^{-1/3}$  zu erzeugen innerhalb der Zeit, in der die Partikel vermöge ihres Impulses  $p$  die Strecke  $n^{-1/3}$  zurückgelegt hat (so dass ernstliche Gefahr einer Verwechslung mit Nachbarpartikeln besteht). Beweis: Man überlegt leicht, die Forderung läuft darauf hinaus, dass  $\Delta n/p \ll 1$  sein soll. Da nun andererseits  $\Delta p \gg \hbar/n^2$ , so wird die Forderung einigermaßen erfüllbar, wenn und nur wenn  $p n^{-2} \gg \hbar$ . W.z.b.w.

Ich wollte aber hiemit nur den Zusammenhang auseinandersetzen, nicht etwa die letztere Beziehung aus der Heisenbergrelation "beweisen". Ich bin gar nicht sicher, ob sie nicht in gewissem Sinn das Einfachere ist. Sie gibt ganz direkt die Grenze an, wo der Partikelaspekt in den Wellenaspekt übergeht. Denn wir wissen ja, der letztere beginnt sich gerade in dem Maße geltend zu machen, in dem die Individualität - wegen grossen Gedränges und ungenügender "Peculiarbewegung" - verloren geht. -

Von ganz anderem. - Ich glaube nicht, dass wir uns irgendwelcher Klärung des "mind-matter"-Problems auf dualistischer Grundlage nähern können. Zum Dualismus ist gar keine Veranlassung. Die Materie ist eine Konstruktion aus Sinnesempfindungen und Vorstellungen in gewisser Verknüpfung, und was man "an individual mind" nennt, besteht doch aus denselben Bausteinen. Es ist dasselbe Material, bloß in anderer Zusammenfassung gedacht. Aus der ersten Art von Aggregaten baut sich schliesslich die Welt auf, aus der zweiten das Ich. Gewiss ist die Welt kein Traum, keine Phantasmagorie. Gewiss ist das Ich nicht gerade nur eine "Summe" von verknüpften Empfindungen und Vorstellungen in eigenartig wogender Folge. Hier wie dort, das fühlt man, ruht das Ganze auf einem Grunde, der...oder ist eingewoben in einen Damast, in ein Grundgeflecht, das... (oder wie man sich sonst bildlich ausdrücken mag)...ist, wenn anders dem Verbum sein als selbständigem Hauptverb (nicht bloß als copula) irgendwelcher Sinn beigegeben werden soll. Das dies nun aber - die Welt und Ich - zwei verschiedene Dinge "sein" sollen, das will mir nach der Art, wie die beiden mir gegeben sind, gar nicht einleuchten. Denn wenn ich genau nachdenke, so sind mir gar nicht zwei Dinge

gegeben. Beides ist mir gleichmässig aus derselben Quelle zugeflossen, ich finde in dem Strom keine Inhomogenität, kein Gemenge von Geistigem und Materiellem, sondern es ist alles aus demselben Stoff. Einem, der ganz allein auf der Welt wäre, würde derlei auch nie beifallen. Soll die notwendige Annahme anderer Ichs und das unausweichliche und rätselhafte (weil der direkten Erfahrung widersprechende) Symmetriepostulat bezüglich aller dieser - soll das wirklich zwingen, den anfänglichen naiven Standpunkt aufzugeben? Vor allem aber: nützt das Aufgeben und Übergehen zum Dualismus etwas, beseitigt es das "non liquet"?

Die Nicht-wirkliche-Zweiheit von Materie und Geist, die unmittelbar evidente Einheitlichkeit des Stoffs - der an sich noch weder als materiell noch als geistig zu bezeichnen ist, weil innerhalb einer homogenen Masse unterscheidende Epitheta nicht am Platze sind - des Stoffs, sage ich, aus dem die Gebilde bestehen, denen wir nachher diese Epitheta beilegen und damit nur die Art ihres Aufbaus kennzeichnen: diese sind von Ernst Mach vertreten worden und neuerdings, in den letzten Jahrzehnten, immer wieder von Bertrand Russell. Im Altertum hat Parmenides gesagt: Eines ist das Denken und das um des willen das Denken da ist, du wirst das eine nicht ohne das andere antreffen. - Und selbst der materialistische Demokrit lässt die Sinne den Verstand höhnen: Was, nur Atome und leeren Raum soll es geben, und warm, kalt, süß, farbig das soll alles nichts sein. Wenn dem so wäre, wärs um dein schönes Weltgebäude schlimm bestellt, das du doch aus dem Material gezimmert hast, welches wir Sinne dir geliefert haben. (Dies ist keine Übersetzung, sondern eine freie Wiedergabe des Gedankens.) - Für mich steht nichts fester als dass bloß diese Art von "Monismus" Aussicht hat, allmählich mit den grössten Scheinproblemen aufzuräumen, die uns unglücklichen Erben der Nachsokratiker das Weltverständnis bis zum heutigen Tag erschweren.

-----  
 Ich habe Ihnen sehr viel Geduld zugemutet und will drum schlies-  
 und will bloß noch sagen, dass ich die Ableitung des zentralsym-  
 metrischen Linienelements in dieser lapidaren Form ausserordentlich  
 reizvoll gefunden habe. Es ist wieder einmal ein echter Sommerfeld!  
 So hat die Sache Hand und Fuss, und man versteht wo es herkommt.  
 Formeln, die mittels einer schönen mathematischen Wurstmaschine  
 produziert werden, muss man zwar zum Schluss glauben, aber sie  
 sagen einem wenig.

Meine Frau bittet mich, ihre sehr herzlichen Grüsse hier anzuschliessen. Sie hat in der letzten Zeit viel Übles erfahren. Vor einigen Wochen ist ihre alte Mutter gestorben, sanft und schmerzlos entschlafen - aber der Verlust ist schwer, ob er früh oder spät kommt. Fast gleichzeitig erkrankte Annys Schwester schwer. Doch hoffen wir, sie sei jetzt übers Ärgste hinweg. Anny selbst ist wieder leidend, aber es ist kein Grund zur Sorge, es ist bloss recht lästig für sie (Nervenschmerzen im Arm, die den Schlaf empfindlich beeinträchtigen) - so hoffen wir. - Hoffentlich sind Sie und die Ihren wohl auf. Viele innige Grüsse von Ihrem treu ergebenen