läßt sich der früher beschriebene Kreisprozeß nun mit monochromatischer Strahlung, $d\nu \ll \beta\nu$, ausführen.

Bei der Ableitung aller bisher angegebenen Resultate ist β^2 gegen 1 vernachlässigt worden; es werden zum Schluß noch genauere Formeln entwickelt, die z. B. für die während der Kompression um dV über die Grenze b reflektierte Energie den Wert

$$-dV \left\{ \frac{1}{3} b \cdot u_b + \beta b \cdot u_b - \frac{1}{4} \beta b^2 \left(\frac{\partial n}{\partial \nu} \right)_b \right\}$$

ergeben. Doch lassen sich diese genaueren Formeln für die vorliegende Untersuchung nicht verwerten, da bei endlicher Kompressionsgeschwindigkeit die allen unseren Überlegungen zugrunde liegende Voraussetzung einer nach allen Richtungen gleichmäßigen Strahlung nicht mehr erfüllbar ist.

Zum Schluß möchte ich nicht verfehlen, Herrn Geh. Reg.-Rat Professor Dr. M. Planck für die Anregung zu dieser Arbeit und für das lebhafte Interesse, das er ihrem Fortgange stets gewidmet hat, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Einige Bemerkungen über die Grundprinzipien der physikalischen Forschung.

Von Helge Holst.

(Eingegangen am 21. August 1920.)

In einem Artikel „Kausalität und Relativitätstheorie“ (ZS. f. Phys. 1, 467—474, 1920) hat J. Petzoldt gegen meine früheren Ausführungen gewisse Einwände erhoben; ich glaube aber, daß diese im wesentlichen darauf beruhen, daß er verschiedene meiner Aussagen etwas anders aufgefaßt hat, als es in meinen Absichten lag. Es würde aber viel zu weit führen, diese Aussagen und Einwände zu diskutieren. Ich möchte dagegen gern — um so weit wie möglich Mißverständnisse meines Standpunktes abzuwehren — das, worin ich den Kern der ganzen Frage sehe, auf eine andere Weise ganz kurz präzisieren¹⁾.

Weil wir nicht Längen und Zeiten, sondern nur Raum- und Zeitkoinzidenzen wahrnehmen, müssen wir, um überhaupt bestimmte Werte

¹⁾ Die angedeuteten Gesichtspunkte habe ich in einem kleinen Buch in dänischer Sprache „Vort fysiske Verdensbilleder og Einsteins Relativitetsteori“, Kopenhagen 1920, ausführlicher dargestellt.

der Längen und Zeiten in die physikalische Beschreibung einführen zu können, gewisse, nicht durch das Beobachtete notwendig bedingte Prinzipien zugrunde legen. Was die bisherige (vor-Einsteinsche) Behandlungsweise kennzeichnet, ist nun in dieser Hinsicht die Anwendung von zwei Prinzipien, welche wir als das Eindeutigkeitsprinzip und das euklidische Prinzip bezeichnen können.

Das erste ist das Prinzip oder die Forderung, daß die physikalischen Gesetze so beschaffen sein sollen, daß man durch Einführung der gesetzmäßig bestimmten Korrekturen die Werte von Längen und Zeiten unabhängig von den Meßumständen findet. Durch das zweite Prinzip wird an die Gesetze die Forderung gestellt, daß die Abweichungen von den euklidischen Regeln, welche im allgemeinen bei unseren Messungen hervortreten, verschwinden sollen, wenn wir unsere Maßstäbe und Uhren für alle äußeren Einflüsse gehörig korrigieren. Wenn diese Forderungen nicht erfüllt sind, werden wir Änderungen in die Gesetze einführen oder nicht berücksichtigten Ursachen nachspüren.

Indem wir diesen Prinzipien folgen, werden wir u. a. zur Aufstellung von Gesetzen geführt, nach welchen Bewegungen im „Äther“ oder — wenn wir uns auf den Standpunkt der physikalischen („kausalen“ oder „Machschen“) Relativität stellen — in dem von der Sternenwelt gebildeten Felde die Lorentzschen Änderungen von Dimensionen und Perioden bedingen (denn ohne diese läßt sich das Eindeutigkeitsprinzip nicht aufrecht halten). Wenn diese Änderungen nicht zu klein für die Wahrnehmungen wären, würden sie z. B. durch Drehung einer Scheibe bei Messungen als ebenso „real“ wie Änderungen durch Temperatur hervortreten. Nur innerhalb eines materiellen Systems, das in einem Inertialsystem sich translatorisch bewegt, werden sie sich einer Entdeckung durch Messungen entziehen, aber dieses ist eigentlich nur eine mathematische Abstraktion, weil wir nur für eine infinitesimale Raumgegend ein Inertialsystem wählen können.

Wenn die bisherige physikalische Forschung auf den genannten Prinzipien gefußt hat, dann hat sie dadurch den Weg fortgesetzt, welchen jeder Mensch betritt, wenn er schon in der Wiege das Beobachtete in ein raumzeitliches Weltbild einzuordnen anfängt. Wir können daher die Anwendung dieser Prinzipien als die „natürliche“ Behandlungsweise der physikalischen Probleme bezeichnen, und den sonst recht schwebenden Begriff „unsere allgemeine oder natürliche Raum- und Zeitauffassung“ können wir jetzt klarer bestimmen als die Auffassung, daß es unter Anwendung von diesen Prinzipien möglich ist, gegen eine Einordnung alles Beobachteten in ein eindeutiges,

euklidisches Weltbild immer weiter vorzuschreiten. Ich sehe in Einsteins Theorie nichts, das gegen die Annahme streitet, daß dieses möglich ist (wenigstens wenn wir von den mehr peripherischen Fragen der Grenzbedingungen absehen).

Einstein verläßt aber in seiner Theorie die Grundlage der natürlichen Raum-Zeitauffassung, indem er sowohl auf das Eindeutigkeitsprinzip wie auf das euklidische Prinzip verzichtet. In dem Kovarianzprinzip findet er einen neuen Leitstern für die Aufstellung und Formulierung physikalischer Gesetze. Dieses bedeutet eine mächtige Abstraktion und bezeichnet eine große Revolution in der Behandlung physikalischer Probleme, wodurch die Gesetzmäßigkeit der Vorgänge in ganz anderer Weise hervortritt.

Die physikalische oder Machsche Relativität läßt sich ebenso wohl mit den Prinzipien der gewöhnlichen Physik wie mit dem Kovarianzprinzip kombinieren, und in rein erkenntnistheoretischer Hinsicht hat die alte und die neue Behandlungsweise die gleiche Berechtigung, weil es erlaubt ist, verschiedene Prinzipien für die physikalische Beschreibung zu wählen. Indem Einstein auf seinen neuen Wegen in ungezwungener Weise zu einfachen allgemeinen Gesetzen gelangt ist, hat er die überaus große Fruchtbarkeit seiner Behandlungsweise bewiesen. Die alte Behandlungsweise hat sich jedoch im Laufe der Zeiten als sehr zweckmäßig gezeigt, und ich glaube, daß es nicht unfruchtbar sein wird, innerhalb der von Einstein geöffneten neuen Bereiche auch die alten Prinzipien anzuwenden.

Charlottenlund, Dänemark, August 1920.