

vorläufigen Voraussetzungen später zu beweisender Sätze folgerichtig vom Bekannteren zum weniger Bekannten fortschreitet, könnte also etwa in folgender Weise aufgebaut werden: Erste Grundlage bildet die durch Analyse des Bewußtseins gewonnene kritische Gewißheit vom Dasein unserer inneren Akte und ihres realen Subjektes, des „Ich“. Wie von da aus das erste metaphysische Prinzip, das Kontradiktionsprinzip, erwiesen werden kann, wurde schon gezeigt. Durch eingehendere Analyse des Verstandesaktes wäre dann die wesensmäßige Hinordnung des erkennenden Ich auf das reale Sein als Formalobjekt und Erkenntnisziel darzulegen, wie auch schon kurz angedeutet wurde; so darf man wohl die Erkenntnis der „natura intellectus“ auffassen, die der hl. Thomas als Vorbedingung für die Erkenntnis der Wahrheit — wenn auch offenbar nicht jeder Wahrheit — fordert (De veritate q. 1, a. 9). Um aber aus diesem Naturstreben des Verstandes etwas folgern zu können, müßte dann auf dem Weg über das Prinzip vom zureichenden Grund das Finalitätsprinzip kritisch erhärtet werden: das Gute als *ratio sufficiens* (vgl. S. c. g. 3, 2 3 16). Mit Hilfe dieses Prinzipes wird dann die Objektivität der Sinneserkenntnis, wie auch — am besten vorher — der Gedächtniserkenntnisse dargetan. Dann ist der Weg frei für die Behandlung der Universalienfrage in ihrer ganzen Weite.

## Zum Wärmetod des Weltalls.

Von Adolf Steichen S. J.

Der unbequemen Folgerung aus dem Entropiesatze, daß die Welt dem Wärmetode entgegengeht, glaubt man vielfach durch die Annahme einer unendlich großen Energiemenge in der Welt entgegen zu können. Ist dieser Einwand berechtigt? Wir sehen hier davon ab, ob eine *actu* unendlich große Energiemenge philosophisch annehmbar ist oder nicht. Wir verfahren so, als ob kein Widerspruch im Begriffe selbst liege. Dann kann in doppelter Weise von unendlich großen Energiemengen geredet werden.

1. Man kann sagen: Die Energiedichte ist in jedem Punkte des Raumes endlich, aber die Energiemenge ist unendlich groß, weil die Energie einen unendlich großen Raum erfüllt. Allein diese unendlich große Energiemenge rettet die Welt nicht vom Wärmetode. Denn in einer unendlich großen Welt verläuft die Energieentwertung auch auf unendlich großen Fronten. In jedem einzelnen Punkte ist aber, gemäß der Annahme, die Energiedichte nur endlich. In jedem einzelnen Punkte findet somit eine völlige Entwertung in endlicher Zeit statt. Für den Gesamtprozeß der Entwertung ist die Größe der Front, auf der er sich abspielt, nicht ausschlaggebend, sondern nur die Energiedichte.

2. Man kann aber auch sagen: In gewissen Gegenden des Welt-

raumes können die Energiedichten unendlich groß sein. Diese uns tatsächlich unbekanntes Energieaufspeicherungen bilden unversiegbare Energiequellen, aus denen den energiearmen Gebieten neue Energie, und damit neues Leben zufließen kann.

Muß nun die Physik die Möglichkeit unendlich großer Energiedichten zugeben? Im 51. Bande (1928) der Zeitschr. f. Physik, S. 730 ff., veröffentlicht der junge, hochbegabte russische Physiker G. I. Pokrowski eine beachtenswerte Arbeit „Zur Frage nach einer oberen Grenze für die Energiedichte“. Er schreibt: „Wie bekannt, ist in den meisten erforschten physikalischen Erscheinungen das Prinzip der Superposition der Energie gültig. Als Folgerung dieses Prinzips kann die Additivität von Energiedichten betrachtet werden. Dabei kann die entstehende Dichte der Energie, wenigstens theoretisch, unbegrenzt wachsen. Es kann aber eine Reihe von Tatsachen vorgeführt werden, welche auf die Möglichkeit der Existenz einer oberen Grenze für die Energiedichte deuten. Diese Tatsachen zu betrachten, ist das Ziel dieser Mitteilung.“

Den Ausführungen Pokrowskis liegt die Annahme zugrunde, daß die Materie sich restlos in Energie umwandelte, und umgekehrt die Energie sich zu Materie verdichten kann. Diese Annahme ist heute unter den Physikern weit verbreitet. Wir lassen die einfachen Rechnungen fort und beschränken uns auf die wesentlichen Gedanken des Autors.

P. bringt folgende Tatsache. In Abständen vom Mittelpunkte des Atomkernes, die kleiner oder gleich  $10^{-12.5}$  cm sind, treten sehr bedeutende Abweichungen vom Coulombschen Gesetze auf, „welche folgendermaßen gedeutet werden können. Man kann nämlich annehmen, daß die Energiedichte des elektrischen Feldes bei solchen Werten von  $r$  so groß wird, daß das Eindringen von Materie oder Energie in den Raum, welcher den Kern umgibt, nicht mehr möglich ist. Somit muß hier die Energiedichte ihren maximalen Wert erreichen, bis zu welchem das Prinzip der Superposition mehr oder weniger gültig sein kann.“ Schreibt man der Masse der schwersten Atomkerne einen energetischen Ursprung zu, und benützt man die Einsteinsche Beziehung zwischen der Energie  $U$  und der Masse  $m$ :  $U = mc^2$  ( $c$  bedeutet die Lichtgeschwindigkeit), so erhält man für die Energiedichte  $\rho$  des elektrostatischen Feldes im Abstände  $r = 10^{-13}$  cm den Wert  $\rho = 10^{12.7}$  g/cm<sup>3</sup>.

„Diese Zahl stimmt mit der maximalen Dichte der Materie in den Atomkernen, welche gleich  $10^{13 \pm 1}$  ist, gut überein, was bei der energetischen Auffassung von Materie auch zu erwarten wäre.“

„Nimmt man an, daß der maximale Wert für die Energiedichte eine allgemeine Bedeutung hat und für alle Arten von Energie gültig ist, so kann man auch die obere Grenze für einige andere physikalische Größen feststellen.“ P. tut dies zuerst für die absolute Temperatur  $T$ .

1. Aus dem Werte von  $\varrho$  und aus der Gleichung für die Energie des Atoms berechnet er als maximalen Wert:  $T$  rund  $10^{12.6} \pm 1$  Grad.

2. Aus dem Werte von  $\varrho$  und der Stefan-Boltzmannschen Gleichung für die Dichte der Hohlraumstrahlung ergibt sich der maximale Wert der Temperatur im Raume um das Atom  $T$  rund  $10^{12.4} \pm 0.3$  Grad. Diese beiden Werte für die maximale Temperatur sind von derselben Größenordnung. Daraus zieht P. die interessante Schlußfolgerung: „Wie ersichtlich ist, stimmen die beiden Werte innerhalb der Fehlergrenzen gut überein. Somit kann man den Schluß ziehen, daß bei einer Temperatur von etwa  $3 \times 10^{12}$  Grad die Energiedichte in den Teilchen und in dem sie umgebenden Raume gleich wird. Würde man die Teilchen als Energieverdichtungen ansehen, so müßten solche Teilchen bei dieser Temperatur in dem umgebenden Raume sozusagen ‚aufgelöst‘ werden. Hier haben wir also einen Grund, unsere Annahme bezüglich der oberen Temperaturgrenze als ganz richtig anzusehen. Bei der Temperatur, welche der maximalen Energiedichte entspricht, hört die Existenz der diskreten Materieteilchen auf, und man kann also von keiner höheren Temperatur sprechen.“

Aus der oberen Grenze für die Energiedichte bestimmt P. dann noch die obere Grenze für die Frequenz  $\nu$  einer Strahlung. Er benutzt dazu mehrere Methoden, die innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Fehler hinreichend gut miteinander übereinstimmen. Als wahrscheinlichen maximalen Wert findet er  $\nu = 10^{23.4}$ . Die höchste bis jetzt tatsächlich beobachtete Frequenz findet sich bei der Höhenstrahlung. Hier fanden Millikan und Cameron  $\nu = 10^{22.6}$ .

Aus der ganzen Arbeit von P. ersieht man, daß eine obere Grenze für die Energiedichte sehr gut mit den neuesten Anschauungen der Physik verträglich ist und daß man wohl kaum ein Recht hat, sich auf das mögliche Vorhandensein unendlich großer Energiemengen irgendwo im Weltraum zu berufen, um den kommenden Wärmetod der Welt zu leugnen.

## Zeitatome?

Von Adolf Steichen S. J.

In Bd. 51 (1928) der Zeitschr. f. Physik, S. 737 ff., veröffentlicht G. I. Pokrowski eine Arbeit unter dem Titel „Zur Frage nach der Struktur der Zeit“, von der er selbst schreibt: „In folgender Mitteilung wird die Möglichkeit der Existenz eines Zeitatoms von der Größenordnung von  $4.5 \times 10^{-24}$  sec. diskutiert.“ P. geht aus von einem Ergebnis seiner im vorausgehenden Beitrag besprochenen Abhandlung. Hier hatte er gezeigt, daß in den verschiedensten Fällen die Frequenz einer Strahlung einen gewissen Grenzwert nicht überschreiten kann. Da Frequenz und periodische Zeit einer Schwingung durch eine mathe-