

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

25. Jahrgang

6. August 1937

Heft 32

Die physikalischen Weltkonstanten.

Von P. JORDAN, Rostock.

Es ist zum wesentlichen Teile A. S. EDDINGTON zu verdanken, daß das Problem — oder vielmehr die Probleme — der dimensionslosen physikalischen und astronomischen Naturkonstanten uns in der letzten Zeit immer deutlicher ins Bewußtsein gerückt sind und heute von den Physikern verdientermaßen als die wichtigsten Prüfsteine für unser grundsätzliches Verständnis der physikalischen Elementargesetze betrachtet werden.

Aus der Grundkonstanten $h = 6,7 \cdot 10^{-27}$ ergesse der Quantentheorie, aus der Grundkonstanten $e = 4,77 \cdot 10^{-10}$ elektrost. Einh. der Elektronentheorie, und aus der Grundkonstanten $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec (Lichtgeschwindigkeit) der speziellen Relativitätstheorie kann eine dimensionslose Konstante gebildet werden: die berühmte SOMMERFELDsche *Feinstrukturkonstante*

$$\frac{2\pi e^2}{hc} = 0,00729. \quad (1)$$

Offenbar also ist es so, daß die Gesetze der Quantentheorie im Zusammenwirken mit denen der speziellen Relativitätstheorie einen bestimmten Wert für die elektrische Elementarladung e *vorschreiben*: aus einer vollständigen Erfassung der Quanten- und Relativitätsgesetze heraus muß es möglich sein, zu *deduzieren*, daß die Ladung e des Elektrons genau den Wert haben muß, den wir empirisch finden; oder anders ausgedrückt, es muß möglich sein, eine deduktive Begründung dafür zu geben, daß die Feinstrukturkonstante gerade den Wert hat, den wir in (1) als empirische Feststellung verzeichnet haben.

Aber eben die Vereinigung von Quanten- und Relativitätstheorie, also die Klärung solcher Probleme, in denen sowohl Quanten als auch relativistische Effekte eine Rolle spielen, gehört noch immer zu den erst unvollständig gelösten Aufgaben. Zwar ist die *Quantenmechanik* für Teilchen, die sich langsam (im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit c) bewegen, völlig geklärt und bekannt. Aber wenn wir diese Quantenmechanik anwenden auf die Atome, dann ist es dabei ein ganz zufälliger Umstand, daß die Elektronenladung gerade den Wert besitzt, den sie empirisch hat: Es würde für die Anwendung der Quantenmechanik keinerlei Schwierigkeit bedeuten, wenn die Elementarladung einen ganz anderen Wert hätte oder wenn etwa sogar mehrere Arten geladener Teilchen existierten, deren Ladungen gar nicht als Vielfache einer und derselben Elementarladung darzustellen wären. Für die (nichtrelativistische) Quantenmechanik ist also nicht nur der Zahlwert, sondern sogar die *Existenz* einer Elementarladung ein durchaus unabhängiger, in keiner Weise be-

gründbarer Tatbestand: das *kann* gar nicht anders sein, weil es aus Dimensionsgründen unmöglich ist, e aus der die Quantenerscheinungen beherrschenden Konstanten h *allein* zu bestimmen. Andererseits gibt die spezielle Relativitätstheorie ein ganz allgemeines Schema für die Behandlung von Erscheinungen, die sich bei sehr schnellen Bewegungen ergeben; und dieses Schema ist so weit, daß in seinem Rahmen wiederum Existenz und empirischer Zahlwert der Elementarladung als unabhängige, nicht begründbare Tatbestände erscheinen. Erst die *Vereinigung* von h und c macht es dimensionell möglich, einen ausgezeichneten Ladungswert zu definieren, und damit dem *Problem* der Elementarladung eine präzise Form zu geben: Theoretische Berechnung der Feinstrukturkonstanten (1)!

Daß aber die *Lösung* dieses Problems nicht leicht und einfach sein kann, ergibt sich schon daraus, daß der zu verstehende Zahlwert so stark von 1 verschieden ist: Offenbar wird nur eine einigermaßen *komplizierte* Theorie eine Begründung für einen *solchen* Zahlwert geben können; und doch möchten wir wiederum nicht verzichten auf die Überzeugung, daß eine so fundamental den Aufbau der physikalischen Welt beherrschende Zahl aus einem letztthin *einfachen* Zusammenhang heraus bestimmt sei.

Noch stärker verschieden von 1 ist das *Massenverhältnis von Elektron und Proton*; oder wenn wir lieber das reziproke Verhältnis nehmen:

$$\frac{m_p}{m} = 1,84 \cdot 10^3. \quad (2)$$

Auch für diese so elementare dimensionslose Zahl möchte man eine *einfache* Erklärung fordern, und sieht sich der Schwierigkeit gegenüber, diese Einfachheit der gewünschten Deutung schwer vereinbaren zu können mit der Tatsache, daß diese beiden Massen so außerordentlich stark voneinander verschieden sind. Vielleicht wird man allerdings auf Grund der neuesten Entwicklung der *Kernphysik* doch geneigt sein dürfen, dies Problem als komplexer anzusehen, als es früher schien. Wir wissen ja jetzt, daß zwischen Elektron und Proton, trotz der Gleichheit ihrer Ladungsbeträge, ein sehr wesentlicher Unterschied insofern besteht, als die starken *nichtelektrischen Kernbindungskräfte*, deren Träger das Proton ist, beim Elektron *nicht* (bzw. nur in ganz schwacher Andeutung) vorhanden sind. Mit dieser Verschiedenheit der *Kraftfelder* eines Elektrons und eines Protons hängt aber der große Massenunterschied wohl sicherlich zusammen.

Auf eine noch ganz andere Größenordnung aber stoßen wir, wenn wir die elektrische Wirkung eines Elektrons mit seiner *Gravitationswirkung* vergleichen. Offenbar besteht zwischen der *elektrischen* und der *Schwereanziehung* eines Elektrons und eines Protons ein *konstantes* Verhältnis, welches unabhängig vom *Abstand* der beiden Elektronen ist. Dieses Verhältnis — also wieder eine dimensionslose Zahl — hat den ungeheuren Zahlwert $2,27 \cdot 10^{89}$. Das ist eine Zahl, die völlig herausfällt aus dem Rahmen aller sonstigen Physik, und welche die Vermutung hat auftauchen lassen, daß hier ein *Zusammenhang mit den kosmologischen Konstanten bestehe*.

Die *Kosmologie* ist derjenige Teil der Physik (dies Wort jetzt im weitesten Sinne, mit Einschluß der Astronomie, verstanden), der zur Zeit noch den spekulativsten Charakter besitzt: kühnste Extrapolationen tragen weitreichende Schlüsse; und eine Reihe verschiedener Untersuchungen der letzten Jahre hat immer wieder gezeigt, daß bislang noch die verschiedenartigsten Vorstellungen vertretbar sind. Freilich bedeuten diese Unterschiede in manchen Fällen nicht so sehr wirkliche sachliche Divergenzen, als vielmehr Verschiedenheiten der Darstellungsform. So ist es z. B. möglich, dieselben Tatsachen, die einerseits durch die Vorstellung eines expandierenden Weltalls beschreibbar sind, andererseits durch die Vorstellung einer bestimmten zeitlichen Veränderung der Naturkonstanten darzustellen. Und natürlich wäre es irrig, zu meinen, daß zwei derartige Auffassungsweisen sich notwendigerweise widersprechen müßten: Wenn der Fall vorliegt, daß beide übereinstimmen hinsichtlich der Folgerungen betreffs der Beobachtungstatsachen, dann sind beide Auffassungen als *äquivalente* Beschreibungsweisen derselben Tatsachen anzusehen. Es können dann nur Gründe der Bequemlichkeit und Einfachheit oder der Anschaulichkeit zugunsten der einen und zuungunsten der anderen angeführt werden.

Immerhin ist der Zustand der Kosmologie heute gekennzeichnet durch eine Unsicherheit, die es sehr wünschenswert erscheinen läßt, ganz klar auseinanderzuhalten, was *Beobachtungstatsache* — und als solche *unabhängig von jeder Theorie* — und was Ergebnis theoretischer Erwägung ist; wir wollen also die Beobachtungstatsachen uns kurz vor Augen halten, und dann zusehen, was sie besagen.

Sehen wir von feineren Einzelheiten ab, deren grundsätzliche Bedeutung wohl sowieso jetzt noch nicht endgültig zu beurteilen ist¹, so sind es *fünf Zahlen*, welche den Inhalt unseres kosmologischen Wissens ausmachen. Nämlich erstens und zweitens die Grundkonstanten c und κ der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie; drittens die *mittlere Massendichte* μ des Weltalls; viertens die *Hubblekonstante* α ; und fünftens die Größenordnung A

¹ Hierzu möchte ich auch die von HUBBLE [Astrophys. J. 84, 517 (1936)] neuerdings hervorgehobenen Tatsachen rechnen.

des *Weltalters*. Die Zahlwerte und Dimensionen sind:

$$\left. \begin{array}{l} 1. \quad c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec,} \\ 2. \quad \kappa = \frac{8\pi f}{c^2} = 1,87 \cdot 10^{-27} \text{ g}^{-1} \text{ cm,} \\ 3. \quad \mu = 10^{-30} \text{ gcm}^{-3}, \\ 4. \quad \alpha = 1,8 \cdot 10^{-17} \text{ sec}^{-1}, \\ 5. \quad A \cong 10^{10} \text{ Jahre} = 3 \cdot 10^{17} \text{ sec.} \end{array} \right\} (3)$$

Die Konstante κ ist oben definiert durch Zurückführung auf die NEWTONsche *Gravitationskonstante* f .

Die Werte μ und α setzen die modernen astronomischen *Entfernungsbestimmungen* als richtig voraus, und wir wollen annehmen, daß diese Voraussetzung einwandfrei ist. Zwar gründen sich diese *Entfernungsbestimmungen* auf ein sehr kühnes und sehr kunstvoll angelegtes System übereinandergebauter Extrapolationen; trotzdem aber dürfte es unangebracht sein, die Ergebnisse dieser *Entfernungsbestimmungen* als wesentlich abänderungsbedürftig oder unsicher anzusehen.

Für die Bestimmung von μ muß man ferner noch die *mittlere Masse eines extragalaktischen Spiralnebels* kennen; sie wird auf 10^9 Sonnenmassen geschätzt; die Sonnenmasse ist $2 \cdot 10^{31}$ g. Im übrigen ist die Bestimmung von μ eine Sache der statistischen Auszählung dieser Spiralnebel.

Mit der *Hubble-Konstanten* steht es so: Entfernte Spiralnebel zeigen eine *Rotverschiebung* der Spektrallinien, und zwar ist erfahrungsgemäß im ganzen Spektrum eines einzelnen Spiralnebels die Frequenzänderung $\Delta\nu$ einer Spektrallinie proportional mit der Frequenz ν dieser Linie, genau so, wie bei der Doppler-Verschiebung im Spektrum irgendeines Fixsterns. Ebenso, wie wir beim Fixstern aus dem Doppler-Effekt eine radiale Geschwindigkeitskomponente

$$v = \frac{\Delta\nu}{\nu} c \quad (4)$$

berechnen, können wir die an einem Spiralnebel festzustellende Rotverschiebung ausdrücken durch einen nach (4) bestimmten *Geschwindigkeitswert*. Wir wollen ganz nachdrücklich betonen, daß hierin *keinerlei Hypothese* steckt: es mag uns zunächst völlig gleichgültig sein, ob wir diese Rotverschiebung bei den Spiralnebeln ebenfalls als Doppler-Effekt deuten oder uns andere Deutungsmöglichkeiten vorbehalten: die nach (4) berechnete „Fluchtgeschwindigkeit“ des Nebels soll uns jetzt — entsprechend unserem Vorsatz, nur die Beobachtungstatsachen selbst zu sammeln — lediglich ein Maß für die beobachtete Rotverschiebung sein.

Die Erfahrung zeigt nun weiterhin, daß eine *Proportionalität der Fluchtgeschwindigkeiten mit den Entfernungen* der einzelnen Nebel besteht. Dividieren wir also die Fluchtgeschwindigkeit eines Nebels durch seine Entfernung, so bekommen wir (angenähert) immer dieselbe Zahl von der Dimension einer reziproken Zeit; dies ist die Hubble-Konstante α .

Das Weltalter A ist nur größenordnungsmäßig definierbar, hat dafür aber den Vorzug, von den astronomischen Entfernungsbestimmungen unabhängig zu sein. Aus Altersbestimmungen radioaktiver Gesteine kann man bekanntermaßen das Alter der Erde recht zuverlässig ermitteln, und überraschenderweise hat sich gezeigt, daß *Meteore* — auch solche, die zweifellos nicht dem Sonnensystem entstammen — in ihrem Alter nicht über das der Erde hinausreichen. Die dadurch nahegelegte Vorstellung, daß unser ganzes Weltsystem größenordnungsmäßig nicht älter als die Erde sei, findet eine Stütze in mancherlei anderen astronomischen Tatsachen, und steht mit keiner bekannten Tatsache in Widerspruch. Allerdings hat man die frühere Vorstellung, daß die verschiedenen Sterntypen Entwicklungsstadien in einer einheitlich-gleichartigen Sternentwicklung seien, aufgeben müssen, da sie zu Berechnungen des Weltalters auf mindestens 10^{13} Jahre führte.

Wir können nun aus diesen 5 Zahlwerten zwei dimensionslose Konstanten bilden; es wird:

$$\left. \begin{aligned} \alpha A &= 5,4; \\ \frac{\alpha}{c\sqrt{\kappa\mu}} &= 15. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Dies Ergebnis ist sehr bemerkenswert: Die dimensionslosen Konstanten *haben die Größenordnung 1*! Es bestehen hier also sehr einfache Beziehungen; die theoretische Deutung unserer oben aufgezählten kosmologischen Erfahrungsdaten wird *viel einfacher* sein als im Falle der Feinstrukturkonstanten und des Massenverhältnisses Elektron: Proton! Natürlich ist auf die genauen Zahlwerte in (5) nicht viel Gewicht zu legen; und so wollen wir für die weitere Erörterung jetzt in etwas großzügiger Weise beide Zahlwerte einfach gleich 1 setzen.

Neben den in (5) angegebenen dimensionslosen Konstanten können wir aus unseren 5 Zahlen noch je eine kosmologische Naturkonstante von der Dimension einer Masse, einer Länge und einer Zeit berechnen, und nachdem die dimensionslosen Konstanten gleich 1 sind, sind diese jetzt zu berechnenden Werte ganz eindeutig bestimmt:

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{1}{\sqrt{\kappa^3\mu}} = 1,3 \cdot 10^{55} \text{ g.} \\ R &= \frac{1}{\sqrt{\kappa\mu}} = 2,5 \cdot 10^{28} \text{ cm} = 2,5 \cdot 10^{10} \text{ Lichtjahre,} \\ A &= A. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Schreiben wir uns ferner noch ein paar Beziehungen auf, deren Gültigkeit eine Folge davon ist, daß unsere beiden dimensionslosen Zahlen (5) praktisch gleich 1 sind:

$$\left. \begin{aligned} \text{a) } R &= \kappa M, & \text{b) } \mu R^3 &= M, \\ \text{c) } R &= cA, & \text{d) } \alpha R &= c. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Dies alles sind, wie nochmals betont sei, hypothesenfreie bloße Umrechnungen der Erfahrungstatsachen. Wenn wir uns jetzt aber erlauben

wollen, uns bei diesen empirischen Zusammenhängen etwas zu *denken*, so kann es schwerlich eine einfachere und anschaulichere Deutung geben, als die von LEMAITRE entwickelte, die etwa so aussieht:

Die Welt ist vor 10^{10} Jahren hervorgegangen aus einer Urexplosion. Der Weltraum ist von endlicher Größe, sein Radius von der Größenordnung R , sein Volum also von der Größenordnung R^3 . Wir ersehen aus (7b), daß M die Größenordnung für die Gesamtmasse des Weltalls ist, (7d) besagt, daß die von uns aus *entferntesten* Nebel (Abstand R) uns gegenüber gerade mit Lichtgeschwindigkeit fliehen; (7c) besagt, daß bei zeitlich konstantem Werte α das Weltalter A gerade dazu ausreichte, den Weltradius von einem ursprünglichen Werte, der geradezu Null gewesen sein könnte, bis auf seinen heutigen Wert anwachsen zu lassen. Endlich sagt (7a), daß der Weltradius R übereinstimmt mit dem sog. „Gravitationsradius“ des Weltalls (Größenordnung κM). Den eigentlichen physikalischen Sinn dieser Übereinstimmung ersieht man (nach einer Bemerkung von HAAS) am besten, wenn man (7a) umschreibt in

$$\kappa \frac{M^2}{R} = M; \quad (8)$$

das besagt nämlich, daß (über Zahlenfaktoren der Größenordnung 1 sei hier wiederum hinweggesehen) die aus der Gesamtmasse M (definiert durch Addition der Einzelmassen aller Spiralnebel) berechnete *Ruhenergie* Mc^2 dem Betrage nach *gleich* ist der gesamten (negativen!) potentiellen Gravitationsenergie im Weltall. Es ist danach also wohl so, daß die „eigentliche“ Masse des Weltalls, nämlich die, in welcher der Anteil der negativen Gravitationsenergie *mitgezählt* ist, *überhaupt Null ist*.

Die Untersuchungen von LEMAITRE haben gezeigt, daß die hier skizzierte Deutung der Beziehungen (5), (6), (7) tatsächlich in mathematisch einwandfreier Weise durchführbar ist — auf Grund der RIEMANNschen Geometrie und der allgemeinen Relativitätstheorie; dabei ergeben sich natürlich *exakte* Beziehungen an Stelle der nur größenordnungsmäßigen, mit denen wir uns oben begnügt haben. Man wird aber zugeben müssen, daß diese erläuterte Deutung so einfach und so anschaulich ist, wie man es nur wünschen kann. Ich möchte deshalb glauben, daß auch die neuen wichtigen Beobachtungsergebnisse, die HUBBLE kürzlich vorgetragen hat¹, sich schließlich doch dem Rahmen dieses Bildes einfügen werden lassen, obwohl HUBBLE selbst aus ihnen den einigermaßen sensationellen Schluß gezogen hat, daß die Deutung der Rotverschiebung im Sinne der LEMAITREschen Theorie unmöglich sei.

Die *kosmologischen Maßzahlen* M , R , $A = R/c$ erhalten ihren eigentlichen physikalischen Inhalt erst durch die Bezugnahme auf die entsprechenden

¹ Vgl. die Fußnote S. 514.

atomphysikalischen Maßzahlen. Als solche wählen wir am zweckmäßigsten:

$$\left. \begin{aligned} \text{Protonenmasse } m_p &= 1,65 \cdot 10^{-24} \text{ g,} \\ \text{Elementarlänge } A &= \frac{e^2}{m c^2} = 3 \cdot 10^{-13} \text{ cm} \\ (m &= \text{Elektronenmasse}), \\ \text{Elementarzeit } \tau &= A/c. \end{aligned} \right\} (9)$$

Natürlich bedingt der Umstand, daß die dimensionslosen Konstanten (1), (2) der Atomphysik *nicht* die Größenordnung 1 haben, eine gewisse Willkür in der Wahl dieser atomphysikalischen Maßzahlen. Wir hätten statt der Protonenmasse auch etwa die Masse des Elektrons wählen können, und statt der Elementarlänge A , die dem „Elektronenradius“ sowie auch der Größenordnung der Atom-Kernradien entspricht, hätten wir die *Compton-Wellenlänge* h/mc oder auch die Größenordnung $h^2/4\pi^2 m e^2$ der *Atomradien* benutzen können:

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{m c} &= \frac{h c}{e^2} \cdot \frac{e^2}{m c^2} = 2,41 \cdot 10^{-10} \text{ cm;} \\ \frac{h^2}{4\pi^2 m e^2} &= \left(\frac{h c}{2\pi e^2}\right)^2 \frac{e^2}{m c^2} = 0,532 \cdot 10^{-8} \text{ cm.} \end{aligned} \right\} (10)$$

Aber die getroffene Wahl ist für das Folgende passender.

Durch Vergleich der Maßzahlen (6) mit (9) bekommen wir nun zwei neue *dimensionslose Zahlen*; wir schreiben gleich auch noch ihren Quotienten auf:

$$\left. \begin{aligned} \frac{M}{m_p} &= 10^{79}; \\ \frac{R}{A} &= \frac{A}{\tau} = 10^{41}; \\ \frac{M}{m_p} \cdot \frac{R}{A} &= \frac{A}{\kappa m_p} = \frac{e^2}{\kappa c^2 \cdot m_p m} = \frac{1}{8\pi} \cdot \frac{e^2}{f m_p m} \\ &= \frac{1}{8\pi} \cdot 2,27 \cdot 10^{39}. \end{aligned} \right\} (11)$$

Von diesen 3 Zahlen ist die erste anschaulich zu kennzeichnen als die *Anzahl von Protonen und Neutronen im Weltall*. Die dritte hat die bemerkenswerte Eigenschaft, ganz unabhängig von der mittleren Massendichte μ zu sein: sie bedeutet offenbar genau das noch mit 8π dividierte Verhältnis der COULOMBSCHEN Anziehung zwischen einem Proton und einem Elektron zur NEWTONSCHEN Anziehung.

Die *zweite* dieser Zahlen (11) könnte auch als Quotient der ersten und der dritten ausgedrückt werden; und da man diese Art, sie auszudrücken, gewöhnlich bevorzugt hat, so wurde nicht genügend beachtet, was DIRAC jetzt hervorgehoben hat¹, und was wir in (11) bereits erkennbar gemacht haben: Diese dimensionslose Zahl bedeutet nichts anderes als das heutige *Weltalter* A , gemessen in der Elementarzeit $\tau = A/c$ als *Zeiteinheit*. Diese dimensionslose Zahl ist also *keineswegs eine Konstante* — sie *wächst* linear mit der Zeit, wenn auch

mit einem so geringen *relativen* Wachstum, daß sie innerhalb der vergangenen und zukünftigen menschlichen Geschichte als praktisch unveränderlich betrachtet werden muß. Das ist aber, wie DIRAC ausgesprochen hat, überaus erleichternd und befriedigend: Wir brauchen danach gar nicht zu versuchen, eine theoretische Begründung zu finden für das Auftreten einer dimensionslosen Naturkonstanten von der ungeheuren Größenordnung 10^{41} ! Denn der „heutige“ Wert dieser Zahl ist ein rein zufälliger: nach 24 Stunden ist sie wieder um $3 \cdot 10^{28}$ größer geworden.

Vielleicht darf man hoffen, daß auch die noch größere Zahl M/m_p in entsprechender Weise aufzufassen ist. Es besteht ja offenbar bis auf einen relativ kleinen Faktor die Beziehung

$$\frac{M}{m_p} \cong \left(\frac{R}{A}\right)^2; \quad (12)$$

und wenn das nicht bloß ein Zufall, sondern eine notwendige naturgesetzliche Verknüpfung ist, dann folgt, wie DIRAC hervorhebt, aus dem zeitlichen Anwachsen von R/A auch ein entsprechendes Wachstum von M/m_p .

Wir haben vorhin festgestellt, daß die durch Addition der Ruhmassen aller Materieteilchen im Weltall entstehende Gesamtmasse M gerade *kompensiert* wird durch die negative Gravitationsenergie; es besteht deshalb keineswegs etwa seitens des *Energiesatzes* eine Schwierigkeit, sich vorzustellen, daß die räumliche Expansion des Weltalls von einer dauernden Materieerzeugung begleitet sei. Es wäre dann aber die Aufgabe einer ausführlicheren Theorie dieser astrophysikalischen Materieerzeugung, zu begründen, weshalb dabei eine Beziehung (12) zwischen Expansion und Materieerzeugung bestehen muß. Ist diese DIRACSCHE Vorstellung richtig, so muß offenbar die *Gravitationskonstante* κ *fortgesetzt abnehmen, umgekehrt proportional* mit der seit Weltanfang vergangenen Zeit A , so daß also diese Gravitationskonstante den Namen „Konstante“ gar nicht verdient.

Versucht man dagegen (12) als zufällig, d. h. als nur „heute“ gültig anzusehen, so gewinnt man noch andere Möglichkeiten, steht aber jedenfalls der Aufgabe gegenüber, eine Deutung zu finden für eine dimensionslose Naturkonstante von ungeheurer kosmologischer Größe. Naheliegende Möglichkeiten wären, entweder M/m_p oder auch κ als konstant anzusehen; man wird das der weiteren Untersuchung überlassen müssen.

Veranlassung zur Beschäftigung mit diesen Fragen und zur Abfassung dieses Aufsatzes gab dem Berichterstatter das Erscheinen eines neuen Buches von A. S. EDDINGTON, „*Relativity Theory of Protons and Electrons*“¹. Seit einer Reihe von Jahren hat sich EDDINGTON in wiederholten Untersuchungen mit dem Problem der dimensionslosen

¹ Cambridge: University Press 1936. VI, 336 S. 18 cm × 26 cm. Preis geb. St. 21/net.

¹ Nature (Lond.) 139, 323 (1937).

Naturkonstanten beschäftigt; die experimentellen Bemühungen um eine möglichst genaue Ermittlung insbesondere der Feinstrukturkonstanten durch Kombination atomphysikalischer Präzisionsmessungen haben wesentliche Impulse erhalten durch EDDINGTONS aufsehenerregende Überlegungen zu dieser Frage. Das Erscheinen eines Buches, in welchem EDDINGTON nicht nur die systematische Zusammenfassung seiner ausgedehnten früheren Untersuchungen, sondern zugleich auch noch wesentliche Ergänzungen und Fortführungen gibt, würde deshalb von den Physikern auch dann als ein Ereignis betrachtet werden, wenn dieser Verfasser *nicht* allgemein bekannt wäre als einer der glänzendsten wissenschaftlichen Stilisten unserer Zeit und als einer der markantesten Vertreter der hohen wissenschaftlichen Tradition Englands.

Als eine Fortführung und Ergänzung seines rühmlichst bekannten früheren Werkes „*The Mathematical Theory of Relativity*“ erstrebt das neue Buch eine Einbeziehung von Atomistik und Quantentheorie in die Gedankengänge der Relativitätstheorie. „I have sought a harmonisation, rather than a unification, of relativity and quantum theory.“ Die Brücke zu diesem neuen Gebiet bildet DIRACS relativistische Theorie des Spinelektrons, die durch die Entdeckung der „Spinoren“, auch ganz abgesehen von aller Elektronen- und Quantentheorie, eine so unerwartete und wunderbare Bereicherung der vorher auf die „Tensoren“ beschränkten Relativitätstheorie brachte. Von der Untersuchung dieser Spinoren und der berühmten DIRACSchen Matrizen ausgehend, entwickelt EDDINGTON seine eigenartigen Gedankengänge, welche zu einer theoretischen Bestimmung der Feinstrukturkonstanten und des Massenverhältnisses Proton:Elektron führen. Man kann nicht behaupten, daß der Weg dorthin einfach eine *Deduktion* aus den schon bekannten und experimen-

tell gesicherten Gesetzen von Relativitäts- und Quantentheorie sei; und es ist deshalb auch nicht zu behaupten, daß die gefundenen Werte mit logisch-mathematischer Zwangsläufigkeit die richtigen sein *müssen*. Vielmehr handelt es sich für EDDINGTON darum, aus der eingehenden Betrachtung dessen, was wir schon mit Sicherheit wissen, die Möglichkeit einer *Vertiefung* unseres Verstehens der physikalischen Elementargesetze herauszulesen; nach dieser Vertiefung — über deren Richtigkeit endgültig zu entscheiden also Sache des Experimentes bleibt — wird eine Bestimmung der fraglichen Konstanten möglich.

EDDINGTONS Ergebnisse sind:

$$\frac{hc}{2\pi e^2} = 137; \quad \frac{(m_p + m)^2}{m_p m} = \frac{(136)^2}{10 \cdot 137}. \quad (13)$$

EDDINGTONS weitere Untersuchungen betreffen dann auch die *kosmologischen* dimensionslosen Zahlen. Abweichend von DIRACS — erst durch das EDDINGTONSche Buch angeregt! — Überlegung faßt er auch diese beiden Zahlen als *Konstanten* auf. Seine Erwägungen führen ihn einerseits zu einer Deutung und Begründung der geheimnisvollen Beziehung (12), andererseits zu einer theoretischen Bestimmung der Zahl M/m_p :

$$\frac{M}{m_p} = 136 \cdot 2^{256}. \quad (14)$$

Ob diese kühnen Gedankengänge in allen Punkten — auch dort, wo sie nach DIRACS Bemerkung einer von der LEMAITRESchen Theorie verschiedenen Vorstellung entsprechen — recht behalten werden, muß der Zukunft überlassen bleiben. Sicher aber ist, daß EDDINGTONS neues Buch eine Quelle wichtiger, fruchtbarer Anregungen für die physikalische Forschung werden wird.

Reizvoll und tiefgründig, wie immer bei EDDINGTON, sind auch einige philosophische Gedanken, in denen er das Buch ausklingen läßt.

Neuauftretende Infektionskrankheiten und die Wege ihrer Bekämpfung.

VON MAX GUNDEL, Gelsenkirchen¹.

Viele ansteckenden Krankheiten zeigen sowohl hinsichtlich ihrer Häufigkeit als auch im Hinblick auf die Schwere ihrer klinischen Erscheinungsformen Schwankungen, die wie das Kommen und Gehen der Seuchen unserem Verständnis bisher kaum näher zugänglich geworden sind. Es gibt Seuchen, die von Jahrzehnt zu Jahrzehnt in stummen Infekten, endemischen Herden und Epidemien erhalten bleiben, die vielfach schon seit Jahrzehnten bekannt sind und trotz energisch durchgeführter Bekämpfungsmaßnahmen bisher nicht austilgbar waren. Sie können zur Weltseuche werden, um unter Umständen nach Erforschung ihres Erregers und ihrer Verbreitungsweise durch spezifische oder allgemeine Bekämpfungsmaßnahmen bis auf bestimmte Herde zurückgedrängt zu

¹ Aus dem Hygienischen Institut des Ruhrgebiets zu Gelsenkirchen.

werden. Andere Seuchen treten auf, bald in einem bestimmten Rhythmus, bald in unbestimmten Zeitabschnitten. Dieses Werden und Vergehen ansteckender Krankheiten ist in seinen letzten Ursachen noch nicht gedeutet worden. Gelegentlich einmal treten nun Krankheitsbilder und gehäufte Erkrankungen auf, die weder dem Kliniker noch dem Hygieniker bisher bekannt waren. Es handelt sich hierbei nicht immer um Krankheiten, die erstmalig in der Menschheitsgeschichte — unter unseren Augen sozusagen — auftreten. Es hat sie vielfach früher schon gegeben, doch wurden sie wegen ihres sporadischen Vorkommens oder ihres Auftretens nur in längeren zeitlichen Zwischenräumen wieder vergessen.

Den Charakter der Neuartigkeit solcher ansteckenden Krankheiten haben in den letzten 10 bis 15 Jahren etwa die Psittakosis, die Bangsche Krank-