

nur noch ein relativ einfacher Fall betrachtet. Es ist die in Bild 15 der Tafel 2 dargestellte verschlungene Bahn.

Je komplizierter die Bahnen werden, um so mehr schmiegen sie sich im allgemeinen der Außenfläche des Torusraumes an. Von der Äquatorebene aufsteigend, erreichen sie einen höchsten Punkt und senken sich dann, der Krümmung des Torusraumes folgend, mehr oder minder tief zur Erde herab. Dabei machen sie ein, zwei oder noch mehr Schleifen, je nach der Tiefe, die sie erreichen. Normalerweise sind diese Bahnen zur Äquatorebene symmetrisch. Die Elektronen beschreiben also in der Nähe des Nordpols Schleifen, wandern dann zum Südpol, wo sie dieselbe Schleife beschreiben und so fort. Es gibt aber auch zur Äquatorebene unsymmetrische Bahnen und solche, bei denen sich die aufeinanderfolgenden „Schleifen“ nicht entsprechen.

*Der Torusraum.* Die diskutierten Bahnen verlaufen sämtlich in großer Nähe des Grenzkreises. Würden wir die unendlich vielen möglichen und in der Natur auftretenden Bahnen zusammenzeichnen, so würden sie ein Raumgebiet außerhalb des Dipols mit einer scharfen Grenzfläche dem Dipol zu erfüllen. Wir erhielten die für das „Weltraumecho“ so wichtige elektronenreflektierende Torusfläche. Ihre Meridiankurve kann man auch im Experiment unmittelbar zeigen, indem man nicht Einzelstrahlen, sondern Strahlenbündel gegen die Modellerde schießt. BIRKELAND führte schon um 1900 vorzügliche Experimente dieser Art durch.

Allerdings ist es nicht möglich, die Meridiankurve quantitativ richtig zu zeigen, da der Elek-

tronenwulst den Dipoläquator allseitig umgibt, so daß die Meridiankurve zwischen diesem Wulst, durch den hindurch photographiert werden muß, verschwindet. Es wurde deshalb auf quantitative Richtigkeit verzichtet und eine geeignete Stellung der punktförmigen Elektronenquelle gewählt, wodurch die Grenzkurve deutlich, wenn auch zu weit von der Kugel entfernt, erscheint. So wurde das Bild 17 der Tafel 2 erhalten, bei dem die Elektronen von rechts kommend zu denken sind.

Der Torusraum der Erde wird sicherlich keine so scharfe Grenze haben, denn die stillschweigende Annahme, daß es sich um Elektronenstrahlung einheitlicher Geschwindigkeit handle, wird kaum erfüllt sein. Auch wird er in seiner Stärke verschieden ausgeprägt sein, zu bestimmten Zeiten wohl gar praktisch verschwinden. Daß er indessen unter der Voraussetzung, daß die Sonne Elektronen ausstrahlt, vorhanden ist und daher auch mit Recht zur Deutung der „Weltraumechos“ herangezogen werden kann, scheint keinem Zweifel zu unterliegen.

Die hier referierten Versuche haben gezeigt, daß sich die STÖRMERSchen Berechnungen bis in Einzelheiten der wunderlichen Bahnenformen durch Modellversuche verifizieren lassen. Man kann sogar sagen, daß die Natur die von STÖRMER berechneten pittoresken Bahnkurven an Eigenart und Schönheit noch übertrifft<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Anmerkung bei der Revision: Die seit Einreichen dieser Arbeit (August) experimentell systematisch untersuchten periodischen Raumbahnen haben neue Bestätigungen der Theorie und weitere, theoretisch noch unberechnete Bahnformen ergeben.

## Tagung für Erkenntnislehre der exakten Wissenschaften in Königsberg.

VON HANS REICHENBACH, Berlin.

Nachdem schon im Vorjahre eine Tagung für Erkenntnislehre der exakten Wissenschaften in Verbindung mit der Physiker- und Mathematikertagung in Prag stattgefunden hatte, wurde bei Gelegenheit der Physiker-, Mathematiker- und Naturforscher-Tagung in Königsberg im September dieses Jahres eine zweite derartige Tagung abgehalten.

Die Vorträge waren um zwei Hauptthemen gruppiert. Das erste Hauptthema bildeten die Grundlagen der Mathematik. Die verschiedenen Richtungen auf diesem Gebiete waren durch je einen Referenten vertreten. Den Standpunkt des Logizismus (RUSSELL) vertrat R. CARNAP, Wien, den Standpunkt des Intuitionismus (BROUWER) A. HEYTING, Enschede (Holland), den Standpunkt des Formalismus (HILBERT) I. VON NEUMANN, Berlin, den Standpunkt der Sprachkritik (WITTGENSTEIN) vertrat F. WAISMANN, Wien. In diesen Problemen handelt es sich ja um die Sicherstellung der Mathematik gegenüber den großen Schwierigkeiten, die sich bei der Verschärfung des Denkens mit Hilfe der symbolischen Logik ergeben haben. Gegen die Angriffe des Intuitionismus, der wichtige Grundsätze der Logik und Mathematik, vor allem den Satz des tertium non datur, nicht unbeschränkt anerkennen will, hat HILBERT sich durch eine neue Begründung der Mathematik verteidigt, bei welcher die gewöhnliche Mathematik in die Zeichensprache eines Kalküls übersetzt und dann zum Gegenstand einer metamathematischen

Untersuchung gemacht wird, welche die Widerspruchslosigkeit dieses Kalküls und damit die Berechtigung der gewöhnlichen Mathematik dartun soll. Diese Wendung aus dem inhaltlichen Denken in einen rein formalen Kalkül wurde von v. NEUMANN mit großer Überzeugungskraft dargelegt, während andererseits HEYTING sich die Aufgabe gestellt hatte, die BROUWERSchen Gedanken in möglichst präzisierter Form, befreit von der schwerverständlichen Fassung ihres Begründers, darzulegen. Der RUSSELLsche Standpunkt, nach dem Mathematik ganz auf Logik zurückgeführt werden kann, wurde von CARNAP in klarer Form dargelegt, ebenso die RUSSELLsche Typentheorie, nach welcher gewisse, scheinbar sinnvolle Sätze als bedeutungslos, als sinnfrei, bezeichnet werden müssen, wenn anders Widersprüche vermieden werden sollen. Die eigenartigen Auffassungen WITTGENSTEINS, nach welchen die logischen Schwierigkeiten im wesentlichen auf einem Mißverständnis der Sprache beruhen, konnte F. WAISMANN wesentlich klarer herausstellen, als dies in WITTGENSTEINS Veröffentlichungen geschehen ist. Man kann als Ergebnis dieser Diskussion feststellen, daß die Unterschiede der Richtungen heute nicht mehr so scharf sind, wie sie früher erschienen. So wird z. B. von den Intuitionisten die Widerspruchsfreiheit der HILBERTSchen Mathematik anerkannt, während andererseits die Formalisten zugeben, daß ihre Metamathematik im wesentlichen nach Gesichtspunkten orientiert ist, die

mit den BROUWERSCHEN übereinstimmen. Der Logizismus andererseits hat Elemente der beiden widerstrebenden Richtungen in sich vereinigt. Eine solche ausgleichende Grundstimmung kam denn auch in der Diskussion zum Ausdruck, die ziemlich umfangreich war.

Das zweite Hauptthema bildeten die Fragestellungen philosophischer Art, die sich an die Quantenmechanik angeschlossen haben. Einen Vortrag über Kausalität und Quantenmechanik hielt W. HEISENBERG, Leipzig; voraus ging ein Vortrag von H. REICHENBACH, Berlin, über den physikalischen Wahrheitsbegriff. Dieser von einer philosophischen Kritik der bisherigen Physik ausgehende Vortrag legte dar, wie schon seit längerer Zeit das Auftreten des Wahrscheinlichkeitsbegriffs in der Physik zu einer Revision des physikalischen Wahrheitsbegriffs geführt hat, indem die bisher allein bekannte Alternativlogik durch eine Wahrscheinlichkeitslogik ersetzt wird, für welche ein Satz alle stetigen Wahrscheinlichkeitsgrade zwischen 0 und 1 besitzen kann. Diese Gedanken führten ohne Schwierigkeit zu dem HEISENBERGSCHEN Vortrag über, nach welchem strenge Aus-

sagen über das Naturgeschehen im kleinen nicht mehr gemacht werden können und deshalb als sinnfrei bezeichnet werden müssen. Auch diesen beiden Vorträgen, in denen sich eine bemerkenswerte Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen naturphilosophischer und physikalischer Forschung aussprach, folgte eine angeregte Diskussion, in der noch zahlreiche Einzelheiten aufgeklärt wurden.

Daneben fanden noch einige Vorträge über andere Themen statt, von denen hier nur der Vortrag von O. NEUGEBAUER, Göttingen, zur Geschichte der vor-griechischen Mathematik erwähnt sei.

Nachdem eine streng wissenschaftliche Behandlung philosophischer Fragen, wie sie auf diesen Tagungen zum erstenmal in größerem Maßstab der Öffentlichkeit vorgelegt wurde, so weitgehendes Interesse bei den Fachvertretern gefunden hat, besteht die Absicht, die Tagung für Erkenntnislehre weiter fortzusetzen. Der ausführliche Tagungsbericht wird in der Zeitschrift „Erkenntnis“, Verlag Felix Meiner, Leipzig, erscheinen, in der bereits der Bericht über die 1. Tagung in Prag veröffentlicht worden ist.

## Ein experimentelles Argument für den stellaren Ursprung der Ultrastrahlung.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von V. F. HESS, Graz.

Während früher alle Beobachter übereinstimmend der Ansicht waren, daß die Sonne keinen merklichen Anteil zum Gesamtbetrag der kosmischen Ultrastrahlung (Höhenstrahlung) liefert, so ist es jetzt durch die gesteigerte Empfindlichkeit der Apparate und durch die relativ große Anzahl der schon vorhandenen Beobachtungen und Registrierungen bei verschiedenen Versuchsbedingungen möglich geworden, mit größerer Schärfe als bisher nochmals die Frage zu untersuchen, ob der Einfluß der Sonne bei der Ultrastrahlung wirklich ganz zu vernachlässigen ist.

Die genauesten und verlässlichsten Registrierungen, welche bisher vorliegen, sind diejenigen, welche mit dem großen Hochdruckapparat G. HOFFMANNS in Muottas Muraigl (2456 m über dem Meere) im Engadin ausgeführt worden sind. Diese Messungen zeigen, daß die mittlere Intensität der Strahlung bei Tag zweifellos etwas höher ist als bei Nacht:

G. HOFFMANN und F. LINDHOLM [Gerl. Beitr. z. Geophys. 20, 52 (1928)] geben die mittlere Differenz zwischen Tag- und Nachtintensität als  $0,12 \text{ mA} \approx 0,0125 \text{ I}$  (Ionenpaare pro ccm. sec) bei nach oben unabgeschirmtem Apparat und als  $0,04 \text{ mA} \approx 0,0042 \text{ I}$  mit Bleiabschirmung von 6 und 9 cm Dicke. F. LINDHOLM [Gerl. Beitr. z. Geophys. 26, 416–439 (1930)] fand mit dem gleichen Apparat aus erheblich längeren Beobachtungsreihen die folgenden, der Tabelle 6 seiner Arbeit entnommenen Werte.

Bei HOFFMANNS und LINDHOLMS Apparat entspricht ein Kompensationsstrom von 1 mA einer Ionisation von  $0,104 \text{ I}$ ; daher betrug die Totalintensität der Ultrastrahlung bei oben geöffnetem Panzer auf Muottas Muraigl  $2,50 \text{ I}$ . Den Unterschied zwischen der Intensität bei Tag und bei Nacht kann man wenigstens provisorisch als

Maß der wirklichen Stärke der solaren Komponente der Ultrastrahlung auffassen. Man ersieht aus der Tabelle sofort, daß auf Muottas Muraigl in 2450 m Höhe ungefähr die Hälfte der solaren Komponente der Ultrastrahlung noch fähig ist, eine Schichtdicke von 10 cm Blei zu durchdringen. Diese Strahlungskomponente ist daher weitaus durchdringender als die Gammastrahlen der radioaktiven Substanzen. Wenn wir annehmen, daß die ganzen  $0,011 \text{ I}$  von der Sonne kommen, so können wir den Absorptionskoeffizienten in Blei  $\mu_{\text{Pb}}$  berechnen (es wird genügen, die Rechnung für den Fall der senkrechten Inzidenz durchzuführen):

$I = I_0 e^{-\mu_{\text{Pb}} d}$ , wobei wir einsetzen  $I_0 = 0,0011$ ,  $I = 0,0058$  laut obiger Tabelle und  $d = 10 \text{ cm}$ ; man erhält  $\mu_{\text{Pb}} = 0,064 \text{ cm}^{-1}$  und für den Massenabsorptionskoeffizienten

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{Pb}} = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{g}.$$

Dieser Wert stimmt fast genau mit dem Massenabsorptionskoeffizienten der totalen kosmischen Ultrastrahlung

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{Pb}} = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{g}$$

überein, welcher von K. BÜTTNER [Z. f. Geophys. 3, 179 (1927)] auf dem Eiger-Gletscher in ungefähr gleicher Höhe (2,3 km) erhalten worden ist. Würden wir annehmen, daß ein Teil der oben erwähnten Differenz zwischen Tag- und Nachtwerten ( $0,011 \text{ I}$  bei unabgeschirmtem Apparat) auf eine Erhöhung des mittleren Emanationsgehaltes der Atmosphäre bei Tag zurückzuführen wäre, dann würden wir mit einer der obigen analogen Rechnung sogar eine noch größere Härte der solaren Ultrastrahlung, d. h. einen noch kleineren Wert für den Massenabsorptions-Koeffizienten dieser Strahlung erhalten. Daher sind wir berechtigt, den Schluß