

## VERSAMMLUNGSBERICHTE

## Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik

in Verbindung mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker.

Gemeinsame Sitzung am 10. März 1937

im Neuen Physikalischen Institut der T. H. Berlin.

Prof. Dr. I. Zenneck, München: „Die Erforschung der Ionosphäre.“

Die Feststellung, daß kurze elektrische Wellen durch atmosphärische Schichten in großer Höhe wieder zur Erde zurückreflektiert werden können, ist für die Erforschung des Ionisationszustandes dieser höchsten Atmosphärenschichten („Ionosphäre“, 90–400 km Höhe) von großer Bedeutung geworden. Das zur Untersuchung benutzte Verfahren ist das des „Echolots“, das vom Vortr. am Beispiel der Ausmessung von Meerestiefen erläutert wird: Die Zeit zwischen dem Abgang eines elektrischen Wellenzuges (Signal) und der Rückkehr des reflektierten Wellenzuges (Echo) ist ein Maß für die Entfernung der reflektierenden Schicht von der Erdoberfläche (wenn man die Geschwindigkeit der elektrischen Wellen als konstant ansetzt, was im allgemeinen sicher gilt). Diese Zeitdifferenz ist nun außerordentlich klein, von der Größenordnung  $10^{-5}$  s, sie wird daher mit Oscillographen gemessen, wobei Sender und Empfänger so synchronisiert werden, daß auf dem Oscillographenschirm sich ein stehendes Bild ergibt. Die Verbesserungen dieser Methodik in den letzten Jahren sowie ihre Verbindung mit automatischer Registrierung werden ausführlich besprochen. Bei diesen Messungen zeigte sich zunächst, daß elektrische Wellen verschiedener Wellenlänge  $\lambda$  in verschiedener Höhe reflektiert werden; zur Reflektion einer Welle von bestimmten  $\lambda$  ist nämlich eine ganz bestimmte Trägerkonzentration  $N$  notwendig nach der Gleichung  $N = \frac{\pi mc^2}{e^2} \cdot 1/\lambda^2$ . Variiert man die Wellenlänge und mißt man gleichzeitig die zugehörigen Schichthöhen, so erhält man die gesuchte Kurve  $N = f(h)$ , die zu jeder Höhe  $h$  die Trägerkonzentration  $N$  angibt. Im allgemeinen Fall beginnt die Trägerkonzentration in etwa 70–80 km Höhe merkbar zu werden und rasch zu einem Maximum bei etwa 100 km Höhe anzusteigen; diese Schicht mit maximaler Trägerkonzentration wird im allgemeinen als E-Schicht bezeichnet. In größerer Höhe wird dann die Trägerkonzentration zunächst wieder kleiner, sie steigt aber meist bei sehr viel größerer Höhe, z. B. 200 km, nochmals auf viel größere Werte zu einem 2. Maximum an, dies ist die sogenannte F-Schicht. Beide Hauptmaxima sind sehr häufig in mehrere Maxima unterteilt, z. B. die F-Schicht in eine  $F_1$ - und eine  $F_2$ -Schicht, die sich sehr verschiedenartig verhalten können. Um den Ausdruck „ionisierte“ Schicht zu rechtfertigen, gibt Vortr. einige Zahlenwerte über den Ionisationszustand an: In der E-Schicht sind etwa  $10^8$  Ionen/cm<sup>3</sup> vorhanden bei einer Gasdichte von schätzungsweise  $10^{14}$  Molekülen/cm<sup>3</sup>, allerdings ist die für die Reflektion wichtige Zahl freier Elektronen merklich kleiner, vielleicht  $10^4$ /cm<sup>3</sup>; in der F-Schicht kann man mit  $10^6$ – $10^8$  Elektronen/cm<sup>3</sup> rechnen bei einer Gasdichte von schätzungsweise  $5 \cdot 10^{10}$  Molekülen/cm<sup>3</sup>, es liegt also in beiden Fällen tatsächlich eine weitgehende Ionisation vor.

Die tägliche Änderung der Ionisierung wird im Kurvenbild gezeigt und diskutiert; sie weist auf einen Zusammenhang mit der Sonnenstrahlung hin und scheint in ihrem Verlauf bezüglich der F<sub>2</sub>-Schicht nur durch starke Erwärmungen dieser Schicht (bis auf 900°) erklärbar zu sein, doch muß eine Bestätigung dieser Angaben durch anderweitige Untersuchungen abgewartet werden. Sehr interessant sind ferner kurzzeitige Störungen der Schichten, deren Dauer zwischen wenigen Sekunden und einigen Minuten liegen kann. Hier liegen anscheinend Zusammenhänge mit Durchgängen von Meteoren oder Staubmassen vor, die Ionenbildung bewirken und damit durch Anlagerung der freien Elektronen die Schicht vorübergehend zerstören. Die Geschwindigkeiten dieser Änderungen sind groß, sind aber von gleicher Größenordnung wie die Geschwindigkeiten von Luftstörungen, die im Zusammen-

hang mit Meteordurchgängen durch die Ionosphäre bereits beobachtet sind. Wichtig für die Struktur der Schichten ist die Tatsache, daß in einigen Fällen gleichzeitige Reflektion an zwei Schichten beobachtet wird; da nur Totalreflektion möglich ist, läßt sich diese Erscheinung nur durch „Löcher“ in der unteren Schicht, also eine wolkige Struktur erklären. Die bei weitem wichtigste abnormale Erscheinung ist aber das Auftreten einer sehr dünnen starken E-Schicht bei Nacht (abnormale E-Schicht), wo die Trägerkonzentration in der E-Schicht normalerweise gleich Null ist. Vergleichende Beobachtungen am Kochelsee und in Berlin (gleicher Längengrad) ergaben keine Übereinstimmung.

Die Ursache für das Vorhandensein der Ionisation in den oberen Atmosphärenschichten ist in erster Linie in der UV-Strahlung der Sonne zu suchen (bei totaler Sonnenfinsternis Abklingen der Ionisation auf 0). Aber plötzliche Änderungen am Tage, die nach Norden hin stark zunehmen, ebenso wie das Auftreten der abnormalen E-Schicht, weisen auf noch andere Ursachen hin, die wohl in Analogie zum Nordlicht als Korpuskularstrahlung anzunehmen sind; die ungewöhnliche Schärfe der abnormalen E-Schicht wäre dann aus Reichweiteüberlegungen verständlich. Ob es sich dabei um Elektronen oder Ionen (z. B.  $\alpha$ -Strahlen) handelt, läßt sich vorläufig noch nicht entscheiden.

In der Diskussion geht Vortr. etwas näher auf den Reflexionsvorgang ein, vor allem auf die Frage, wie weit sich die Verzögerung der Welle in der Nähe der reflektierenden Schicht auf die Genauigkeit der Entfernungsmessung dieser Schicht auswirkt.

## Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin.

Colloquium am 22. Januar 1937.

Doz. Dr. E. Justi und Dr. H. Scheffers, Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin: „Neue Versuche über das Wesen der elektrischen Leitfähigkeit der Metalle.“

Es wurden die Metallproben bis auf 1,8° abs. (–269,4°) abgekühlt und gleichzeitig in ein starkes Magnetfeld (bis zu 35000 Gauß) gebracht. Die stäbchenförmigen Metallproben waren Einkristalle aus reinstem Gold und Wolfram. Nach den Vorstellungen der Elektronengastheorie, der gemäß im Metall die abgespaltenen Valenzelektronen nach Art von Gas-molekülen frei zwischen Atomrümpfen (Metallionen) umher-schwirren sollten, war folgendes zu erwarten: Steht das Magnetfeld senkrecht auf der Stäbchenachse, durch die der zur Widerstandsmessung benötigte Strom fließt, so werden die Elektronen nach der bekannten Ampèreschen Schwimmerregel senkrecht zur Stromrichtung und senkrecht zum Magnetfeld aus ihrer Bahn abgelenkt, und infolgedessen tritt eine Widerstands-vermehrung auf. Diese sollte aber gegen den Widerstand ohne Magnetfeld klein sein und außerdem nicht mehr zunehmen, wenn das Magnetfeld einen Wert von etwa 1000 Gauß überschreitet. Statt dessen beobachteten die Autoren eine Widerstandszunahme, die beschleunigt (quadratisch) mit der angelegten Feldstärke zunimmt und beispielsweise bei Wolfram bei 4,2° abs. und 25000 Gauß mehr als das 1000fache des ursprünglichen Widerstandes beträgt. Die Experimente enthüllten gleichzeitig auch den Grund, warum die Theorie des freien Elektronengases versagt; die Widerstandszunahme zeigte sich nämlich von dem Winkel abhängig, den jeweils das Magnetfeld mit den Kristallachsen des Einkristallstäbchens bildete, eine Erscheinung, die bisher den Experimentatoren entgangen war. Nach der phänomenologischen Theorie der Kristallphysik sollte sich nämlich jedes regulär kristallisierende Metall — dazu gehört bekanntlich die überwiegende Mehrzahl der Metalle — isotrop verhalten; jede Anisotropie schließt ein Gas von freien Elektronen aus, da ja ein Gas durch seinen isotropen Charakter gekennzeichnet ist. Wenn man beobachtet, daß ein im Magnetfeld um seine Würfelkante gedrehtes Wolframkristallstäbchen bei einer Umdrehung um 360° 4 Maxima und 4 Minima der Widerstandszunahme zeigt, daß bei solchen Metallen regelmäßig Minima der Widerstandszunahme auftreten, wenn das Magnetfeld auf einer ausgezeichneten Kristallfläche senkrecht steht, wenn man konstatiert, daß die Symmetrien dieser Widerstandsdiagramme mit denjenigen der Laue-Rückstrahl-Diagramme genau überein-