

VERSAMLUNGSBERICHTE

Internationaler Kongreß für Kurzwellen in Physik, Biologie und Medizin.

Wien, 12.—17. Juli 1937.

J. Zenneck, München: „Die Erforschung der Ionosphäre“¹⁾.

O. Burkard, Graz: „Die Ausbreitungserscheinungen der 10-m-Grenzwellen in ihrer Bedingtheit vom Zustand der Ionosphäre.“

Es ist bekannt, daß Schwingungen von etwa 10 m Wellenlänge nur dann noch an der am stärksten ionisierten F_2 -Schicht reflektiert werden, wenn sie unter sehr großem Einfallswinkel auf diese auftreffen, d. h. mit kleinem Abstrahlwinkel die Erde verlassen. Für die Nachrichtenübertragung sind Wellen unter 12 m nicht geeignet, weil infolge geringer Schwankungen der Ionisierung der F_2 -Schicht bereits ein völliges Aufhören der Reflexion eintreten kann. Es ist aber für die Ionosphärenforschung von Bedeutung, die Ausbreitungserscheinungen gerade dieser Grenzwellen zu untersuchen, weil daraus ein Einblick in die Konstitution der F_2 -Schicht gewonnen werden kann. Die zahlreichen, hauptsächlich von Kurzwellenamateuren gemachten Beobachtungen können wohl deshalb miteinander verglichen werden, weil die Sende- und Empfangsbedingungen nicht sehr weit differieren und die Zahl der Beobachtungen (etwa 10000 im Monat) die Fehler verringern. Die Hauptergebnisse dieser Beobachtungen sind die folgenden: Während eines Minimums der Sonnenfleckenaktivität werden die Grenzwellen überhaupt nicht mehr zur Erde zurückgeworfen, sondern auch von der F_2 -Schicht durchgelassen. Nur während des Sommers treten zur Zeit des Sonnenunterganges Reflexionen auf, so daß eine Übertragung über eine Entfernung von etwa 1000 km möglich ist. Während eines Sonnenfleckenmaximums jedoch können viel größere Entfernungen (6000—14000 km) überbrückt werden. Trotz der Schwierigkeiten, die infolge der komplizierten Vorgänge in der Ionosphäre einer Erklärung dieser Erscheinung entgegenstehen, läßt sich doch i. allg. sagen, daß eine starke Zunahme der Ionisierung bei Annäherung an ein Sonnenfleckenmaximum eintritt. Diese Steigerung ist im Frühjahr und Herbst am ausgeprägtesten, während sie im Sommer ein Minimum zeigt. Im Winter tritt das Tagesmaximum zu Mittag auf, vorher und nachher findet eine Reflexion zur Erde i. allg. nicht statt. Zu eindeutigeren Aussagen können die Beobachtungen während des Sonnenfleckenminimums im Sommer 1934 und 1935 herangezogen werden. Aus der Kenntnis des Abstrahlwinkels und der überbrückten Entfernung ergibt sich, da der Strahlweg hier eindeutig gegeben ist, die Höhe, in der die Reflexion stattfindet. Aus den Beobachtungen ergibt sich eine mittlere Reflexionshöhe von 240 km, was mit anderweitigen Messungen ausgezeichnet übereinstimmt. Ebenso stimmt der Tagesverlauf der Verkehrsmöglichkeit mit den Echomessungen überein, denn in beiden Fällen wird das Maximum um 19 Uhr gefunden. Die von Tag zu Tag wechselnde Güte der Verkehrsmöglichkeit deckt sich jedoch nur in geringem Maße mit dem Ionisierungszustand der F_2 -Schicht, wie er aus Echomessungen folgt. Um diese Tatsache aufzuklären, wurden die Tagesmittel der überbrückten Entfernungen mit den Daten der Verkehrslage und mit den Grenzfrequenzen (senkrechter Einfall) verglichen. Der erste Vergleich lieferte einen Korrelationsfaktor $-0,33$, während der letzte negativ ausfiel. Es fallen also günstige Verkehrslagen mit geringen überbrückten Entfernungen zusammen. Ferner ist es wahrscheinlich, daß die Höhe der F_2 -Schicht großen Schwankungen (zwischen etwa 170 und 260 km) unterworfen ist, die für die unregelmäßigen Ausbreitungserscheinungen der 10-m-Wellen verantwortlich sind. Dafür spricht auch die Tatsache der $5\frac{1}{2}$ tägigen periodischen Wiederkehr günstiger Verkehrslagen ohne eine gleichzeitige Änderung der Ionisierung der F_2 -Schicht. Es scheint sich also um einen $5\frac{1}{2}$ tägigen Rhythmus des Auf- und Absteigens der F_2 -Schicht zu handeln.

¹⁾ Vgl. Zenneck, diese Ztschr. 50, 314 [1937].

J. Fuchs, Wien: „Die gas- und elektronenthermischen Vorgänge in der F-Region der Ionosphäre.“

Die hohe Temperatur, die man in elektrischen Entladungen in hochverdünnten Gasen festgestellt hat, ist bekanntlich auf die Existenz von Ionisierungs- und Wiedervereinigungsvorgängen zurückzuführen. Auch in den höchsten Atmosphärenschichten treten infolge lichtelektrischer Ionisierung und Anregung sehr hohe Gastemperaturen auf. Mit einer vom Verfasser entwickelten Methode können aus den virtuellen Höhen der Ionosphärenschichten und den Grenzwellenlängen bei der Reflexion die Temperaturen in den betreffenden Schichten abgeleitet werden. Es wurde gefunden, daß die beiden F-Schichten erheblich verschiedene Temperaturen besitzen, nämlich die F_1 -Schicht etwa 400°K und die F_2 -Schicht etwa 1400°K . Es wurde vermutet, daß die Zerteilung der F-Region überhaupt auf gasthermische Ursachen zurückzuführen ist, und zwar in der Weise, daß die hohe Temperatur und damit die Existenz der F_2 -Region wesentlich durch die Anregung infolge von Sonnenstrahlung bedingt ist, während die F_1 -Region mehr nicht angeregte Atome enthält. Die Erscheinung der thermischen Expansion der F_2 -Schicht scheint diese Annahme zu bestätigen. Infolge des Vorhandenseins angeregter Atome in der F_2 -Schicht muß dort auch die Elektronentemperatur höher sein als in der F_1 -Schicht. Da aber die Wiedervereinigungskoeffizienten um so kleiner sind, je höher die Elektronentemperaturen, so müssen die Rekombinationen in der F_2 -Schicht langsamer eintreten als in der F_1 -Schicht. In Übereinstimmung damit wurde auch beobachtet, daß das Maximum der Elektronendichte in der F_1 -Region zu Mittag, das der F_2 -Region aber erst einige Stunden später eintritt.

J. Fuchs, Wien: „Das Hals-Störmer-Echo als Phänomen der Ionosphäre.“

Über den Ursprung der Kurzwellenechos langer Laufzeit, nach ihrem Entdecker Hals benannt, gibt es bekanntlich zwei Annahmen. Die erste rührt von Störmer her und führt die Erscheinung auf die Reflexion der Wellen an der Außenseite des elektronenfreien Torusraumes, der nach Störmers Polarlichttheorie die Erde in weitem Abstand umgibt, zurück (Weltraumecho-Hypothese). Van der Pol erklärt hingegen die lange Laufzeit der Echos aus der Verminderung der Gruppengeschwindigkeit der Signale in den oberen Ionosphärenschichten. Bei dieser Hypothese bedarf die Tatsache der geringen Dämpfung der Echos einer besonderen Erklärung. Nun wächst nach Fuchs die Gas- sowie die Elektronentemperatur in der F-Region mit zunehmender Höhe, während der Rekombinationskoeffizient fällt. Im stationären Zustand wird sich daher das Niveau maximaler Elektronendichte, das für die Reflexion maßgebend ist, von dem maximaler Ionisierung trennen, wobei ersteres höher liegt. Dadurch gelangt es in ein Gebiet geringerer Dämpfung, da die dämpfenden Elektronenstöße mit der Höhe abnehmen. Somit scheint die gewünschte Erklärung gegeben zu sein. Berechnungen ergaben aus den beobachteten Echofeldstärken unter der Annahme, daß die Echo-Wellenlängen Grenzwellenlängen darstellen, einen Gasdruck von $4 \cdot 10^{-10}$ am Scheitelpunkt der Welle und eine Elektronentemperatur von 40000° . Dadurch wären die Schwierigkeiten, die der van der Polschen Erklärung anhafteten, behoben und das Phänomen auf die Konstitution der Ionosphärenschichten zurückgeführt.

Yoji Ito, Tokio: „Ionosphärenuntersuchungen während der totalen Sonnenfinsternis vom 19. Juni 1936.“

Während der Sonnenfinsternis wurden bei Iwamizawa, Hokkaido, im Totalitätsbereich Messungen der virtuellen Höhen und der Grenzfrequenzen der verschiedenen Ionosphärenschichten mit Hilfe automatisch registrierender Apparate in etwa 4-Minuten-Intervallen vorgenommen. Der benutzte Frequenzbereich lag zwischen 1,5 und 14,8 MHz. Die Ergebnisse waren die folgenden:

In der F_1 -Schicht war der Effekt der Finsternis sehr ausgeprägt. Die Grenzfrequenz zeigte eine 47%ige Verminderung der Elektronendichte während der Finsternis an. Etwa 22 min vor und nach der Finsternis war der normale Zustand der Schicht gestört. In der F_2 -Schicht wurde kein merklicher Effekt festgestellt, doch können einige Erscheinungen mit der Finsternis zusammenhängen: 1. Ein An-

wachsen der Elektronendichte vom Beginn der Finsternis bis einige Stunden nachher und 2., daß das Maximum der Elektronendichte höher war als an anderen Tagen. Dabei scheint es sich um die Wirkungen der Temperaturänderungen und des magnetischen Sturms während der Finsternis zu handeln. Die unregelmäßig auftretenden Echos aus der anormalen F-Schicht konnten mehrfach vor Eintritt der Totalität beobachtet werden. Außerdem konnten Echos aus einer anormalen F₁-Schicht empfangen werden, deren Grenzwellenlänge erheblich kleiner war als bei der gewöhnlichen F₁-Schicht. Ihre Intensität schwankte mit der Zeit, doch blieb die virtuelle Höhe der Schicht die gleiche.

H. E. Hollmann, Berlin: „Die Methoden der Erzeugung von Ultrakurzwellen“²⁾.

Die Erzeugung der Ultrakurzwellen ist im Prinzip mit den üblichen Hochfrequenzgeneratoren, Funkensender und rückgekoppeltem Röhrensender, möglich, doch sind im besonderen neuartige Schwingungserzeuger, die elektrische und magnetische Bremsfeldröhre, dafür entwickelt worden.

Der Hertzsche Dipol, dessen Wirkungsweise allen Funkensendern zugrunde liegt, wird durch oscillatorische Funkenentladungen in Schwingungen versetzt. Alle Arten dieser Oscillatoren, einschließlich Mikrooscillatoren, Oscillatorkitter und Massenstrahler, liefern gedämpfte Schwingungen mit Wellenlängen bis zu Bruchteilen von Zentimetern, wenn auch mit geringem Wirkungsgrad. In dieser Hinsicht sind die Ausführungsformen des *Drudeschen* Senders, dem ein ringförmig geschlossener Oscillator zugrunde liegt, wie rotationssymmetrische Systeme mit zentralen Funkenstrecken, weitaus günstiger, besonders bei Erregung mit Hochfrequenz.

Der *Meissnersche* rückgekoppelte Röhrensender ist grundsätzlich für die Erzeugung ungedämpfter ultrakurzer Wellen geeignet, wenn man für genügend kapazitäts- und induktionsfreie Ausführungsform der nötigen Leiter Sorge trägt. In der bekannten Dreipunktschaltung ergibt ein Gitter und Anode verbindender Induktionsbügel in Verbindung mit der Röhrenkapazität den Schwingkreis. Die Gegentaktsender (*Mesny*, *Holborn*) und der Gleichphasensender (*Hollmann*) sind für die Erzeugung der Ultrakurzwellen weit besser geeignet. Freilich versagen die Rückkoppelsender bald im Ultrakurzwellengebiet, wenn man die Dimensionen der Resonanzkreise ständig verkleinert, und zwar deshalb, weil bei der infolge der Eigenkapazität der gewöhnlichen Röhrenröhren nötigen starken Reduktion der Induktivität der Widerstand des Anodenkreises bald unter den Anpassungswert sinkt, und zweitens infolge der Elektronenträgheitserscheinungen. Man hat die Anpassungsschwierigkeiten durch besondere Ausführungsformen des Belastungskreises, wie Einfügen der Elektrodensysteme in Rohrleitungen oder deren Unterbringung in einem von kugelförmigen Metallkörpern mit Kapazitätsflanschen begrenzten Hohlraum beseitigt. Auch durch Verwendung von Röhren mit extrem kleinen Elektrodensystemen (*Liliputröhren*) hat man die Schwierigkeit zu beheben versucht und gelangte damit bis zu etwa 30 cm Wellenlänge. Von entscheidender Bedeutung bei allen Ultrakurzwellen-Röhrengeneratoren ist aber der Effekt der Elektronenträgheit, der sich dahin auswirkt, daß sich bei wachsender Gitterspannungsfrequenz die rasch aufeinanderfolgenden Elektronenraumladungsverdichtungen und -verdünnungen durch Influenz aufheben und ein Absinken des Anodenstromes verursachen. Aber gerade diese Erscheinung der endlichen Elektronenlaufzeiten wird in der Bremsfeldröhre nach *Barkhausen* und *Kurz* zur Schwingungserzeugung benutzt. Man erhält eine solche Röhre, indem man in einem gewöhnlichen Dreielektrodenrohr Gitter und Anode vertauscht, das heißt, das Gitter auf hohes positives Potential bringt, während die frühere Anode als Steuerelektrode schwach negativ gegenüber der Kathode wird. Die Wirkung dieser Anordnung ist die, daß die von der Kathode ausgehenden Elektronen durch die Gitteranode hindurchfliegen und im Raum zwischen Anode und Gitter zur Umkehr veranlaßt werden, worauf sie neuerlich in den Kathodenraum gelangen usw. Die Elektronen führen also Pendelschwingungen um die Gitteranode aus und geben,

wenn sie phasenrichtig pendeln, d. h. ihre Bewegungsrichtung mit der Spannung umkehren, Schwingungsenergie an den Kreis ab. Dafür ist erforderlich, daß sich die Elektronen zu einer gemeinsamen Raumladungswolke ordnen, was infolge der Aussortierung durch Raumladungseffekte der Fall ist. Die Wellenlänge der so erhaltenen Schwingungen ist durch die *Barkhausensche* Beziehung $\lambda^2 \cdot E_g = \text{const.}$ (E_g Spannung der Gitteranode) gegeben. Zur Verstärkung der *Barkhausen*-Schwingungen verwendeten *Gill* und *Morell* ein zwischen Gitter und Anode geschaltetes *Lecher*-System und erhielten dabei Schwingungen, deren Frequenz nicht mehr nach der *Barkhausen*-Beziehung durch die Gitterspannung gegeben, sondern wie beim gewöhnlichen Röhrensender nur von der Länge des *Lecher*-Systems bestimmt war. Allerdings ist eine merkliche Erregung des Außenkreises nur in einem gewissen Frequenzbereich zu beobachten, wobei das Optimum durch die *Barkhausen*-Beziehung gegeben ist. Der Unterschied zwischen den beiden Arten von Schwingungen ist in ihrer Entstehung in der Bremsfeldröhre gelegen und vornehmlich durch die Ausbildung des Gitters bedingt. Während man bei Verwendung der *Barkhausen*-Röhre in Verbindung mit *Lecher*-Drähten beide Schwingungsarten erhält, gelangt man bei größerer Ausbildung des Anodengitters immer mehr in das Gebiet der spannungsunabhängigen Schwingungsanfachung. Von den Konstruktionen der Bremsfeldröhren werden insbes. die Gegentaktröhre mit zwei symmetrisch liegenden Glühkathoden sowie die neuere *Farnsworthsche* Röhre, die an Stelle der Glühkathoden lichtelektrisch empfindliche Sekundäremissionskathoden verwendet, erwähnt. In letzterer werden durch die zunächst lichtelektrisch ausgelösten Elektronen beim Aufprall auf die gegenüberliegende Elektrode Sekundärelektronen ausgelöst, die nach Durchlaufen des zentralen Gitters wieder durch Sekundäremission neue Ladungsträger erzeugen und damit den Schwingungsvorgang unterhalten. Diese Röhren besitzen einen sehr hohen Wirkungsgrad, da nur phasenrichtige Elektronen vorkommen.

Die Magnetfeldröhre oder das Magnetron, in welchem außer dem elektrischen auch ein magnetisches Feld wirksam ist, wird in zwei Formen verwendet. Die einfache Magnetfeldröhre oder das ungeschlitzte Magnetron ist ein Zweielektrodenrohr mit zylindrischer Anode, das sich in einem der Elektrodenachse parallelen Magnetfeld befindet. Durch die Wirkung des Magnetfeldes werden die vom Glühdraht radial ausgehenden Elektronen abgelenkt und laufen bei einer gewissen Magnetfeldstärke, ohne auf die Anode zu gelangen, in einer Kreisbahn zurück. Dabei bilden sie am Orte ihrer Umkehrpunkte eine um den Glühdraht rotierende Raumladungswolke, die wie im Falle der *Barkhausen*-Pendelungen, mit denen hier viel Ähnlichkeit besteht, Schwingungen erzeugt, deren Wellenlänge auch in gleicher Weise von der Anodenspannung abhängt wie bei der Bremsfeldröhre ($\lambda^2 E_a = \text{const.}$). Im allg. führt ein Elektron vor seinem Auftreffen auf die Anode viele Umläufe in Schleifenbahnen aus, wobei es Energie abgibt oder erhält. Auch die Auswahl der phasenrichtigen, Schwingungsenergie liefernden Teilchen erfolgt hier durch Raumladungseffekte. Als kürzeste Wellenlänge überhaupt (bei ungedämpften Schwingungen) konnte mit einer solchen Röhre bei einer Feldstärke von 40000 *Gauß* und über 10000 V Anodenspannung 6,4 mm erhalten werden. Die zweite Art der Magnetfeldröhre, die *Habann*-Röhre oder das geschlitzte Magnetron, besitzt eine in zwei oder vier paarweise verbundene Segmente unterteilte Anode, die an ein *Lecher*-System angeschlossen werden. Der Mechanismus der Schwingungserzeugung ist hier verwickelter als bei einem einfachen Magnetron. Denn hier wirkt außer dem radialen elektrischen Feld noch ein tangentiales in den Spalten zwischen den Anodensegmenten. Man kann die umlaufende Raumladung in anschaulicher Weise als den Rotor und den geschlitzten Anodenzyylinder als den Stator einer Wechselstrommaschine auffassen, deren Pole von den Segmenten gebildet werden. Diese Art Magnetron zeichnet sich durch einen hohen Wirkungsgrad (z. B. 50% bei 60-cm-Wellen) aus.

Schließlich wird noch auf die Theorie der Inversionsschwingungen eingegangen. Es wird gezeigt, daß es zur Anfachung von Schwingungen genügt, wenn die Elektronen an einer Elektrode vorbeigehen, da vor allem der Influenzstrom Inversionen unterworfen ist, d. h. abwechselnd positiv und negativ werden kann. An dem einfachsten Beispiel des

²⁾ Vgl. H. E. Hollmann: Physik u. Technik der ultrakurzen Wellen, I. Bd.: Erzeugung ultrakurzweiliger Schwingungen. Springer, Berlin 1936.

Auskoppelgenerators, bei welchem ein Elektronenstrahl durch eine Hohllektrode hindurchgeschossen wird, läßt sich zeigen, daß der Widerstand der Hohllektrode wie der einer Diode invertieren kann, lediglich auf Grund der influenzierten Ladungen. Ein ähnlicher Fall liegt bei dem Bremsfeldgenerator vor, nur daß dort die Elektronen nach dem Durchgang ihre Bewegungsrichtung umkehren. Ferner wird auf die Theorie der Schwingungsanfachung durch den Kathodenstrahl im Plattensystem der Kathodenstrahlröhre eingegangen und daraus zunächst die Theorie eines statischen Modelles der Habann-Röhre und weiter die des Magnetrons selbst abgeleitet.

L. Rohde, München: „Neue Hilfsmittel in der Kurzwellenmeßtechnik.“

Der Fortschritt der Kurzwellentechnik hängt in hohem Maße von der Entwicklung einfacher und direkt zeigender Geräte ab. Es werden einige neu entwickelte Meßinstrumente beschrieben und vorgeführt. Für die Spannungsmessung wurde ein mittels Trockenbatterie gespeistes Röhrenvoltmeter mit einem Meßbereich von 1—250 V entwickelt, welches von 50 Hz bis 50 MHz richtig zeigt. Mittels eines ansteckbaren Spannungsteilers kann der Meßbereich bis 2500 V erweitert werden. Das Instrument ist nur etwa handgroß und weist eine Gehäusekapazität von etwa 15 μF auf. Mit besonderen Spannungsteilern kann bis 20000 V gemessen werden. Ferner wurde ein Schalttafelinstrument mit 100 V Normalbereich und Spannungsteiler bis 30000 V gebaut. Sehr kleine Spannungen werden mit einem kompensierten Röhrenvoltmeter gemessen, das eine Anfangsempfindlichkeit von 0,02 V besitzt und besonders zur Messung von Störspannungen geeignet ist. Bei der Strommessung bietet sich durch die Anwendung von Trockengleichrichtern in Verbindung mit Hochfrequenzwandlern gegenüber den Hitzdraht- und Thermogeräten der Vorteil der Überlastbarkeit, wenn auch der erzielbare Frequenzbereich nicht so groß ist. Weiter sind Thermoinstrumente mit Stromwandlern bis zu 500 A Meßgrenze gebaut worden. Auch für die Frequenzmessung sind neue Geräte entwickelt worden, die eine getrennte Grob- und Feinmessung und eine direkte Anzeige für den Modulationsgrad besitzen. Als Hilfsmittel bei Feldstärkemessungen ist ein Meßsender entwickelt worden, der Spannungen von 0,1—0,000001 liefert. Seine kürzeste Welle ist 2 m, durch geeignete Bauart wird eine elektrische Dichte von über 1 $\mu\text{V}/\text{m}$ in 1 m Abstand erreicht. Ferner gibt es ein neuartiges Dämpfungsmeßgerät, das Verlustmessungen im Bereich von 2—10 m Wellenlänge auszuführen gestattet. Das als Netzanschlußgerät ausgeführte Instrument ist sehr praktisch gebaut, so daß das Endergebnis sofort gewonnen werden kann.

H. Falkenhagen, Dresden: „Die Untersuchung von Dipolflüssigkeiten und flüssigen starken Elektrolyten mittels Kurzwellen.“

Der grundlegenden Veröffentlichung Debyes (1912) über die Dipolstruktur gewisser Moleküle³⁾, die zunächst eine Erklärung älterer Beobachtungen über das Auftreten dielektrischer Anomalien bei Gasen, nämlich abnorm hohe elektrische Suszeptibilität, verbunden mit einer starken Temperaturabhängigkeit derselben, lieferte, folgten zahlreiche Untersuchungen über die dielektrischen Eigenschaften von Gasen und Flüssigkeiten, in denen die Richtigkeit der Theorie im wesentlichen bestätigt werden konnte.

Ein Anstoß zum weiteren Ausbau der Debyeschen Theorie war die Entdeckung Drudes, daß sich die Dielektrizitätskonstante gewisser Flüssigkeiten im Gebiet kurzer Wellen anomal verhält. Diese anomale Dispersion wurde von Drude der Existenz intramolekularer Eigenschwingungen zugeschrieben. Die Unwahrscheinlichkeit von Molekülschwingungen so geringer Frequenz veranlaßte Debye zu der Annahme, daß die anomale Dispersion auf die Wirkung der Dipolmoleküle zurückzuführen ist, in der Weise, daß die Einstellungszeit der Dipole im elektrischen Feld so groß ist, daß sie zwar bei tiefen Frequenzen dem Felde zu folgen vermögen, bei höheren Frequenzen aber eine völlige Einstellung nicht mehr stattfindet. In diesem Fall wird der Orientierungsanteil der Mole-

kularpolarisation klein, und es bleibt im wesentlichen nur der Verschiebungsanteil bestehen, das ist jener Anteil, der von der Verschieblichkeit der Ladungen im Molekül herrührt. Wesentlich für das Verständnis der anomalen Dispersion ist die „Relaxationszeit“, die angibt, wie lange ein Molekül braucht, um in einem plötzlich entstehenden Feld die Lage kleinster potentieller Energie zu erreichen; die Relaxationszeit ist der inneren Reibung der Flüssigkeit proportional. Tatsächlich ist in Wasser bei etwa 1,6 cm Wellenlänge anomale Dispersion festzustellen, bei n-Propylalkohol liegt das Gebiet der anomalen Dispersion bei etwa 1 m Wellenlänge. Die zufolge der endlichen Relaxationszeit τ auftretende Phasenverschiebung zwischen der elektrischen Feldstärke und der Polarisation bedingt das Auftreten einer Absorption elektrischer Energie (dielektrische Verluste), deren Größe durch den Absorptionsindex α erfaßt wird. Die Debyeschen Formeln, welche die Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante und des Absorptionsindex darstellen, können in der Form geschrieben werden

$$\epsilon' = \frac{n_D^2 \lambda_s^2 + \epsilon_0 \lambda^2}{\lambda^2 + \lambda_s^2}$$

$$\epsilon'' = \frac{(\epsilon_0 - n_D^2) \lambda_s}{\lambda^2 + \lambda_s^2}$$

unter Einführung der komplexen Dielektrizitätskonstante

$$\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon''$$

Dabei sind: ϵ_0 die statische DK, n_D der Brechungsindex für die Na-D-Linie, λ die elektrische Wellenlänge, im Vakuum gemessen, und λ_s die das Dispersionsgebiet bestimmende Sprungwellenlänge. Nach einer von Hackel gefundenen, dem Versuchsergebnis angepaßten Form der Debyeschen Theorie ist die Sprungwellenlänge gegeben durch

$$\lambda_s = \frac{\epsilon_0 + 2}{n_D^2 + 2} \cdot 2\pi c \tau'$$

wobei τ' mit dem in der ursprünglichen Debyeschen Theorie an dieser Stelle stehenden τ nach Messungen von Hackel bei Alkoholen in einem linearen Zusammenhang steht, wenigstens innerhalb eines nicht zu weiten Temperaturbereichs. An Stelle von ϵ'' wird auch die durch die Absorption bedingte Erhöhung der spezifischen Leitfähigkeit $\Delta\kappa$ verwendet, die durch die Beziehung

$$\Delta\kappa = \frac{\epsilon_0 - n_D^2}{60} \cdot \frac{\lambda_s}{\lambda^2 + \lambda_s^2}$$

gegeben ist und aus dem gemessenen $\Delta\kappa$ die Berechnung von λ_s gestattet. Aus den Messungen Hackels⁴⁾ bei etwa 50—100 m folgt λ_s und damit ϵ' und $\Delta\kappa$. Meßergebnisse von Malsch, Mizushima, Åkerlöf, Rudolph und Szymanowski an n-Propylalkohol z. B. ergeben eine gute Übereinstimmung mit den obigen Formeln. Ebenso bestätigen Messungen von Schmelzer, ferner solche von Ardenne, Groß und Otterbein bei ganz kurzen Wellen (13 cm) und noch kürzeren Wellen von Esau und seiner Schule, sowie solche von Schreck bei langen Wellen (150 m) die Richtigkeit der Beziehung für die Sprungwellenlänge. Es zeigt sich also, daß diese Modifikation der ursprünglichen Debyeschen Theorie eine quantitative Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment zu liefern vermag. Daß an die Stelle der Relaxationszeit τ die Größe τ' einzusetzen ist, wird von Debye dahin erklärt, daß erstens die für rotierende Kugeln gültige Stokesche Formel für Flüssigkeitsmoleküle nicht anwendbar ist, und zweitens, daß τ infolge der von Debye untersuchten quasikristallinen Struktur der Flüssigkeiten, die eine Behinderung der freien Rotation bewirkt, vermindert wird. Debye gibt auch eine Näherungstheorie für τ' , die jedoch für die Übereinstimmung mit den Hackelschen Werten noch einer Korrektur bedarf. Möglicherweise führt die Berücksichtigung der höheren Näherungen der Debyeschen Theorie zu einer besseren Übereinstimmung mit dem experimentellen Befund. Außer an den Alkoholen sind die obigen Formeln noch an einer Reihe anderer Stoffe nach Messungen

³⁾ Vgl. die zusammenfassende Darstellung der Debyeschen Theorie in dieser Ztschr. 50, 3 [1937].

⁴⁾ Physik. Z. 38, 195 [1937].

bei *M. Wien*, bei *Esau* und bei *Malsch* bestätigt worden, so an Wasser, Chlorbenzol und Aceton. Bei einer Reihe polarer Flüssigkeiten, wie Nitrobenzol, Glycerin, Rohrzuckerlösungen, zeigt sich jedoch keine Übereinstimmung mit der Theorie. Durch zahlreiche Figuren beschreibt Vortr. diese Verhältnisse. Eine Erklärung für dieses Verhalten konnte bisher noch nicht gegeben werden. Die Anwendung der *Debyeschen* Theorie auf verdünnte Lösungen polarer Stoffe in nichtpolaren Lösungsmitteln ergibt die Hochfrequenzverluste in guter Übereinstimmung mit den Messungen *Martins* als dem Quadrat des Dipolmomentes proportional. Es zeigte sich auch, daß das *Stokesche* Gesetz anwendbar ist, wenn man eine von der meßbaren Zähigkeit verschiedene benutzt. Bemerkenswert ist ferner die Beobachtung *Schmelzers*, daß Tetra-*n*-butylammoniumbromid, in Benzol gelöst, das infolge seines hohen Dipolmomentes bereits bei langen Wellen eine Abweichung von der Leitfähigkeitsbeziehung aufweist, von der Feldstärke stark abhängige Verluste zeigt. Dabei scheint es sich um den *Onsagerschen* Dissoziationsspannungseffekt zu handeln, wonach infolge der erhöhten Dissoziation in starken Feldern zwar eine Erhöhung der Ionenleitfähigkeit eintritt, die aber durch die Verminderung der Dipolleitfähigkeit infolge Ionenbildung übertroffen wird. Von Wichtigkeit ist eine Untersuchung *Wymans*, die von *Onsager* auch theoretisch begründet worden ist, in der gezeigt wird, daß man bei vielen polaren Flüssigkeiten, besonders solchen mit hoher Dielektrizitätskonstante, an Stelle des Ausdruckes $\frac{\epsilon-1}{\epsilon+2}$ in der *Clausius-Mosottischen* Beziehung näherungsweise $\frac{\epsilon-1}{\epsilon+1}$ einzusetzen

hat. Das würde bedeuten, daß sich die Sprungwellenlänge, das heißt das Gebiet der anomalen Dispersion, nach kleineren Wellenlängen verlagert. Das Problem der Struktur der polaren Flüssigkeiten erscheint also noch keineswegs gelöst, sondern erfordert noch zahlreiche Untersuchungen. Der Vortrag befaßt sich mit diesen Schwierigkeiten im Zusammenhang mit einer Kontinuumstheorie der polaren Flüssigkeiten von *Onsager*⁵⁾. Auch wird erörtert, daß vielleicht das Verständnis der polaren Flüssigkeiten im Zusammenhang mit einer von *Pauling* gegebenen Theorie der festen Phase der polaren Substanz möglich sein dürfte.

Schließlich wird noch kurz auf das Gebiet der starken elektrolytischen Lösungen⁶⁾ eingegangen. Bekanntlich hat die *Debye-Falkenhagensche* Theorie bei Lösungen starker Elektrolyte einen Zeiteffekt der Leitfähigkeit und der Dielektrizitätskonstante vorausgesagt, der durch die Relaxationserscheinungen der Ionenwolke verursacht wird. Die in der Umgebung jedes Ions befindliche Ionenwolke benötigt nämlich für ihr Entstehen und Verschwinden eine endliche Zeit, die sich in der Theorie zu $\Theta = \frac{8,85 \cdot 10^{-11}}{\gamma \Lambda_{\infty}} \cdot \epsilon_0$ ergibt (ϵ_0 DK des Lösungsmittels, Λ_{∞} molare Leitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung, γ Konzentration des Elektrolyten in Mol/l). Während der Bewegung eines Ions im elektrischen Feld baut sich die Ionenwolke dauernd neu auf, so daß vor dem Ion die Ladungsdichte kleiner und hinter ihm größer sein wird, als dem Gleichgewichtswert (Ruhewert) entspricht. Die Ladungsverteilung der Wolke zeigt also eine Dissymmetrie mit Bezug auf das Zentralion und verursacht eine bremsende Relaxationskraft. Im Falle eines Wechselfeldes wird sich bei niederen Frequenzen die Dissymmetrie ausbilden können und demgemäß der statische Leitfähigkeitswert zu erwarten sein. Hingegen kann sich bei höheren Frequenzen die Dissymmetrie infolge ihrer endlichen Relaxationszeit nicht mehr ausbilden, so daß eine Zunahme der Leitfähigkeit eintritt. Diese Dispersion der Leitfähigkeit zeigt sich bei Frequenzen von der Größenordnung Relaxationszeit mal Lichtgeschwindigkeit. In diesem Gebiet tritt auch eine Dispersion der Dielektrizitätskonstante in Erscheinung, die darauf beruht, daß zwischen der Wirkung der Relaxationskraft und der erzeugten Ionenbewegung eine Phasendifferenz auftritt, so daß der Strom aus einem Leitungsstrom und einem mit 90° Phasendifferenz schwingenden Verschiebungsstrom besteht. Diese Phasenverschiebung bewirkt eine frequenzabhängige

Vergrößerung der Dielektrizitätskonstante. Es ergeben sich für die molare Leitfähigkeit Λ bzw. den Überschuß der Dielektrizitätskonstante $\epsilon_{\omega} - \epsilon_0$ die Formeln

$$\Lambda = \Lambda_{\infty} - \Lambda_{I\omega} \Lambda_{II}, \quad \epsilon_{\omega} - \epsilon_0 = \psi \sqrt{\gamma}$$

worin $\Lambda_{I\omega}$ der Leitfähigkeitsdefekt infolge der bremsenden Relaxationskraft und Λ_{II} der infolge der elektrophoretischen Kraft ist. Zahlreiche Untersuchungen von *M. Wien*, *Malsch*, *Zahn*, *Deubner* u. a. haben die Gültigkeit der Theorie bestätigt, ebenso Messungen von *Williams* und *Arnold*. Desgl. wurde quantitative Übereinstimmung bezüglich des Zuwachses der Dielektrizitätskonstante gefunden. Auch bei Kolloidelektrolyten konnte der Effekt der Leitfähigkeitserhöhung mit wachsender Frequenz z. B. am Kongorot nachgewiesen werden. Alle diese Untersuchungen mit Ultrakurzwellen zeigen, daß die *Debye-Falkenhagensche* Theorie die Struktur der starken Elektrolyte, für welche die Eigenschaften der charakteristischen Ionenwolke bestimmend sind, quantitativ richtig beschreibt.

J. B. Bateman und H. Rosenberg, London: „Die Untersuchung angeblicher spezifischer Wirkungen von Ultrahochfrequenzfeldern.“

Man kann mit einer gewissen Bestimmtheit die Bedingungen angeben, die erfüllt sein müssen, wenn die thermischen Effekte der Hochfrequenzfelder eliminiert und nur die sog. spezifischen Effekte beobachtet werden sollen. Es gibt zwei Methoden, welche diese Bedingungen erfüllen: Die statische, in welcher ein dünner Flüssigkeitsfilm zwischen gekühlten Kondensatorplatten eingeschlossen ist, und die dynamische Methode, in welcher ein verhältnismäßig dicker Film periodisch kurzzeitig der Wirkung des Hochfrequenzfeldes unterworfen wird.

Bei der statischen Methode läßt sich die maximale Temperatur aus der Spannung V , der spezifischen Leitfähigkeit σ , der Wärmeleitfähigkeit λ und der Dicke der Schicht d berechnen. Diese Maximaltemperatur wird zwar durch Konvektion vermindert, doch erscheint vor allem eine Herabsetzung der Leitfähigkeit notwendig, um die Methode praktisch brauchbar zu machen. Das ist bei biologischen Untersuchungen ohne Nachteile möglich; so beträgt bei einer Lösung von Tetanustoxin in dest. Wasser für einen Film von 0,5 mm bei einer Spannung von 300 V die Maximaltemperatur nur etwa 25°. Wenn die Platten auf 0° gehalten werden, macht sich kein schädlicher Effekt für das Toxin bemerkbar. Die Verfasser haben einen Apparat gebaut, bei dem ein Film veränderlicher Dicke zwischen den flachen Enden zweier zylindrischer Metallröhren eingeschlossen wird, durch welche die Kühlflüssigkeit strömt.

Die dynamische Methode bietet in der von den Verfassern benutzten Form größere Möglichkeiten. Die Flüssigkeit strömt zwischen zwei Kondensatorplatten hindurch, gelangt danach in eine Kühlschleife in Eiswasser und kehrt vermöge einer mechanischen Zirkulationsvorrichtung in das Feld zurück. Es ist hierbei möglich, durch Veränderung der Leitfähigkeit der Flüssigkeit die Erwärmung weitgehend zu verändern, ohne wahrscheinlich eine etwaige spezifische Wirkung zu beeinflussen. Die mittlere Temperaturerhöhung pro Exposition wird durch Messung des elektrischen Widerstandes der Flüssigkeitssäule zwischen den Kondensatorplatten mittels einer *Wheatstone*-Brücke festgestellt, während Abweichungen vom Mittelwert mit einem Oscillographen registriert werden. Die Platten-spannung wird mittels zweier Dioden an einem statischen Voltmeter abgelesen.

H. Ludloff, Breslau: „Neuere Probleme des Ultraschalles“⁷⁾.

V. Fritsch, Brünn: „Neuere Ergebnisse der Funkgeologie und ihre Bedeutung für die Funkmutung.“

Die Funkgeologie hat die Aufgabe, das Verhalten der geologischen Leiter in Hochfrequenzfeldern zu studieren. Der Teil der Funkgeologie, der aus den Ausbreitungserscheinungen von Hochfrequenzfeldern in geologischen Formationen deren Struktur zu erforschen versucht, wird Funkmutungslehre

⁵⁾ Eine Diskontinuumstheorie in Anlehnung an *Onsagers* Untersuchungen steht noch aus.

⁶⁾ Vgl. die Monographie von *H. Falkenhagen*: Elektrolyte, Leipzig 1932, Oxford 1934, Paris 1934.

⁷⁾ Vgl. den gleichlautenden Vortrag auf dem 12. Dtsch. Physiker- u. Mathematikertag von *Bergmann*, diese Ztschr. 49, 851 [1936].

genannt. Die technische Aufgabe der Funkmutungslehre besteht in der Aufschließung von Mineralvorkommen mittels funkttechnischer Vermessung, ohne daß ein mechanisches Anfahren nötig ist. Die zahlreichen Verfahren auf diesem Gebiet können in zwei Gruppen eingeteilt werden. Zur ersten gehören die Methoden, die aus den Störungen bei der Ausbreitung der Wellen Schlüsse auf die Struktur des Ausbreitungsraumes zu ziehen versuchen (Ausbreitungsverfahren), während bei den Verfahren der zweiten Gruppe die geologischen Leiter in einen geschlossenen Stromkreis eingeschaltet und so die elektrischen Eigenschaften des geologischen Raumes ermittelt werden (Widerstandsverfahren). Es wird nur auf die Kurzwellenverfahren, die in mancher Hinsicht den Verfahren mit langen Wellen überlegen sind, eingegangen. Aus allgemeinen Gesichtspunkten ergibt sich, daß die kurzwelligen Widerstandsverfahren nur dort Anwendung finden können, wo die Aufschlußtiefe gering ist. Die diesbezüglichen Untersuchungen *Fritschs* haben die grundsätzliche Anwendbarkeit der Widerstandsverfahren bewiesen. Ebenso hat sich die Ausbreitungsmethode bei Messungen mit 40-m-Wellen als praktisch brauchbar erwiesen. Von besonderer Bedeutung für die elektrischen Eigenschaften der geologischen Formationen sind auch die Witterungsverhältnisse. Für eine übersichtliche Darstellung der Eigenschaften der geologischen Leiter in ihrer Abhängigkeit von den verschiedenen Einflüssen werden Diagrammkörper vorgeschlagen, die einen raschen Vergleich der verschiedenen Leitergebilde unter bekannten Voraussetzungen gestatten. Es werden schließlich noch Zusammenhänge zwischen Funkgeologie und Blitzforschung erörtert.

E. Klaus, Wien: „Hochfrequenzleistungsmessung und Kurzwellendosimetrie.“

Jede Dosierung beruht auf einer Leistungsmessung. Von den Methoden zur Messung der Hochfrequenzleistung kommen hier in Betracht die Verfahren der Dämpfungsmessung, ferner die Meßmethoden mittels Thermokreuzbrücke, Kathodenstrahlröhre, Differentialtransformator, Elektrometer und Hitzdrahtwattmesser. Da alle diese Verfahren für die Anwendung in der Therapie zu umständlich sind, hat der Verfasser eine neue Methode zur Messung der Hochfrequenzleistung mittels Elektronenröhren ausgearbeitet, die besonders für das Ultrakurzwellengebiet geeignet ist. Hierbei wird die bei Überlagerung gleichfrequenter Spannungen in den Röhren entstehende Gleichstromkomponente, die den zugeführten Spannungen und ihrem Phasenfaktor proportional ist, zur Messung der Leistung benutzt. Auf die Besonderheiten der Methode und der Schaltung des im Laboratorium *Strauß* gebauten Apparates wird näher eingegangen.

VEREINE UND VERSAMMLUNGEN

Ferienkurs der Technischen Hochschule Karlsruhe.

Das Hauptamt für Technik veranstaltet in der Zeit vom 8. bis 13. November einen Ferienkurs auf dem Gebiete der Lebensmittel- und Kältetechnik sowie der Textilwirtschaft.

Fortbildungskurs in Kälte- und Lebensmitteltechnik

Leiter: Prof. Dr.-Ing. Plank.

Grundlagen der Kälteerzeugung.

Prof. Dr. Plank, Prof. Walger, Ing. Hofmann: „Thermodynamik neuer Kältemittel.“ — „Thermodynamik von Zweistoffsystemen.“ — „Neuzeitliche Verfahren der Berechnungen von Wärmeaustauschern.“ — „Meßtechnik und Leistungsregeln.“

Kältemaschinen und Apparate.

Prof. Dr. Plank, Prof. Dr. Kirschbaum, Ing. Hofmann, Dr. Kuprianoff, Stuttgart.

Materialfragen, Kunststoffe, Korrosion, Automatik von Kältemaschinen, Isolierung.

Prof. Dr. Mohr, Kiel, Dipl.-Ing. Jung, Wuppertal-Elberfeld, Dr. Plarre, Stuttgart, Dr. Schmidt, Troisdorf.

Grundlagen der Kälteverwendung.

Prof. Dr. Schwartz, Dr. Paech: „Biologische Grundlagenforschung zur Technik der Lebensmittelfrischhaltung.“ — „Physio-

logische Gesichtspunkte bei der Frischhaltung von Obst und Gemüse durch Kälte.“

Einführung in die modernen Probleme der Kühlung und des Gefrierens von Lebensmitteln.

Dr. Heiß, Dr. Loeser, Dr. Fritz, Weihenstephan: „Die Kühlung von Fleisch, Fischen, Molkereiprodukten.“ — Dr. Heiß, Dr. Kaeß, Dr. Krumbholz, Dr. Linge, Dr. Paech: „Kühlung von Obst und Gemüse.“ — „Luftzustand in gekühlten Räumen.“ — „Kältetechnisches Zusatzverfahren.“ — „Gefrierverfahren.“

Anschließend Vorführungen im Laboratorium für Kältemaschinen und im Laboratorium des Reichsinstituts für Lebensmittel-frischhaltung.

Fortbildungskurs über chemische Grundlagen der deutschen Textilwirtschaft.

Leiter: Prof. Dr.-Ing. Elöd.

„Das Rohstoffproblem der deutschen Textilwirtschaft.“ — „Chemische und physikalische Eigenschaften der Natur- und Kunstfasern.“ — „Grundlagen der chemischen Veredelung der Textilfasern.“ — „Herstellung und Eigenschaften der Kunstfasern.“ — „Vorgänge bei der Veredelung der Kunstfasern.“ — „Gesichtspunkte für die schonende Behandlung und Veredelung von Textilien.“ — „Einige Spezialfragen der Textilchemie.“

An die Vorträge werden entsprechende Übungen angeschlossen.

Auskunft erteilt die Geschäftsstelle des Außeninstitutes, Techn. Hochschule Karlsruhe. Teilnehmergebühr pro Kurs RM. 15.—. Schlußtermin für Anmeldungen 1. November.

NEUE BÜCHER

Lehrbuch der Gewerbehygiene. Von Prof. Dr. Fr. Koelsch. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1937. Preis geh. RM. 18,—, geb. RM. 19,80.

Aus 30jähriger Erfahrung als Landesgewerbearzt und als Hochschullehrer hat *Koelsch* die allgemeine Gewerbehygiene in knapper Form meisterhaft dargestellt in 5 Hauptabschnitten, von denen die Einleitung das Aufgabengebiet schildert und die berufliche Gliederung des deutschen Volkes gibt. Es folgt ein Abschnitt über Arbeitsphysiologie, dann ein solcher über Arbeitsräume, Arbeitsplatzgestaltung, Arbeitsklima, Arbeitsformen und Arbeitsbedingungen, ein weiterer über physikalische, chemische und parasitäre Schädigungen und ihre Abwehr sowie ein solcher über Arbeitsschutz, Betriebswohlfahrtspflege und Sozialversicherung mit einem Anhang über Anwohnerschutz. Ein zweiter Band soll die Hygiene der einzelnen Berufe behandeln und im Laufe des Jahres 1937 erscheinen. Wiewohl das Buch als Lehrbuch gedacht ist und in großen Zusammenhängen studiert werden soll, ist es auch als Nachschlagebuch für Einzelfragen recht brauchbar, da stets auf andere Abschnitte hingewiesen ist. *Gerbis.* [BB. 112.]

PERSONAL-UND HOCHSCHULNACHRICHTEN

(Redaktionsschluß für „Angewandte“ Mittwochs, für „Chem. Fabrik“ Sonnabends.)

Ernannt: Dr. I. Ubbelohde, o. Prof. für technische Chemie und Direktor des Techn.-Chem. Instituts der T. H. Berlin, zum Ehrenmitglied der Association française des techniciens du pétrole.

Doz. Dr. E. Landt, Berlin, wurde unter Ernennung zum a. o. Prof. in der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Berlin der Lehrstuhl für Technologische Chemie übertragen.

Ober- u. Geh. Reg.-Rat Dr. phil. K. Beck und Oberreg.-Rat Dr. phil. A. Adelung, Mitglieder des Reichsgesundheitsamtes, sind auf ihre Anträge ab 1. Oktober in den Ruhestand versetzt worden.

Gestorben: G. Hanekop, Chem., öffentl. analyt. Laboratorium und chem.-techn. Versuchsanstalt, Hannover, Mitglied des VDCh seit 1897, am 30. September im Alter von 79 Jahren.