

nungen vorliegt, muß man nach *Schlenk* die Farbreaktionen von Antimon- und Arsenrichlorid mit Sterinen wohl auf die Bildung komplexer quaternärer Farbsalze zurückführen.

#### Ausführung der Farbreaktionen:

1. 1 cm<sup>3</sup> des zu prüfenden Öles wird mit 1,5 cm<sup>3</sup> 30%iger Antimontrichlorid-Lösung in Chloroform oder Benzol versetzt.
2. 1,5 cm<sup>3</sup> des zu prüfenden Öles werden mit 1 cm<sup>3</sup> Arsenrichlorid versetzt.
3. 0,1 cm<sup>3</sup> des zu prüfenden Öles wird mit 2 cm<sup>3</sup> einer Mischung Essigsäureanhydrid und Chloroform (1:1) versetzt, dann werden 0,05 cm<sup>3</sup> konz. Schwefelsäure zugefügt.

Nach dem Umschütteln treten teils sofort, teils allmählich Färbungen der Versuchsmischungen ein. Die Farben sind in der Regel nicht beständig, sondern gehen teils rascher, teils langsamer in andere Farben (bzw. Mischfarben) über. In der Tabelle sind diejenigen Farben und Farbtöne angegeben, die als charakteristisch für die jeweilige Reaktion gelten können. Die vor dem Schrägstrich angegebene Farbe tritt zuerst auf und gelbt dann in die

nach dem Schrägstrich angegebene Farbe über, die i. allg. die beständigere ist; vorübergehend auftretende Zwischenfarben sind nicht vermerkt. Um das Typische der eintretenden Farbreaktionen richtig zu erfassen, ist es notwendig, die Versuchslösungen etwa  $\frac{1}{4}$  h nach Zugabe des Reagens fortlaufend zu beobachten. Später stellen sich meistens unspezifische und kaum unterscheidbare dunkle Schmutzfarben ein.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, unterscheiden sich die einzelnen Öle zum Teil ganz erheblich. Insbesondere ist das Sojaöl deutlich von allen anderen Ölartern abzugrenzen. Infolge seiner Schwarzbraunfärbung mit verschiedenen Reagenzien lassen sich noch etwa 10% Sojaöl in Mohnöl nachweisen. Zur Sicherung des Ergebnisses sind natürlich auch alle übrigen Erkennungsmerkmale der einzelnen Öle heranzuziehen. Zu beachten ist auch, daß zwischen Rohölen und raffinierten Ölen deutliche Unterschiede in den Farbreaktionen bestehen können.

Wenn auch heute bei der derzeitigen Lage des Ölmarktes der Nachweis einzelner Öle, insbes. des Sojaöles, praktisch keine sehr große Rolle spielt, da ja fast alle Öle zurzeit unter der Bezeichnung „Speisemischöl“ in den Handel kommen, so erschien uns diese Mitteilung doch nicht unwichtig. [A. 119.]

## VERSAMMLUNGSBERICHTE

### Zwölfter Deutscher Physiker- u. Mathematikertag. Bad Salzbrunn, vom 13.—19. September 1936.

#### Allgemeine Eröffnungssitzung.

Nach der offiziellen Begrüßung durch den Vorsitzenden der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Prof. Zenneck, München, wurde die Tagung eingeleitet mit einer Ehrung für *Otto von Guericke*, den Erfinder der Luftpumpe. Prof. Kossel, Danzig, gab einen Überblick über das Leben *Guerickes* und sein Wirken als Mensch und Physiker<sup>1)</sup>. Besonders wurde die Erfindung der Luftpumpe, die gerade für die moderne Technik der Vakuumröhren so bedeutungsvoll geworden ist, an Hand von Abbildungen zeitgenössischer Kupferstiche ausführlicher behandelt. Mit dem bewußten Aufbauen auf gewonnenen experimentellen Erkenntnissen, einer für die damalige Zeit ganz neuen Methodik, wird *O. v. Guericke* zum Begründer der experimentellen Naturwissenschaft in Deutschland.

K. Mey, Berlin: „Neuere Lichtquellen“<sup>2)</sup>.

Als wichtigste Vertreter der modernen Gasentladungslampen werden die Na-Dampf-Lampe und die Hg-Dampf-Lampe eingehender besprochen. Die Na-Dampflampen haben den großen Vorteil, daß das von ihnen i. allg. besonders stark ausgestrahlte gelbe Licht zugleich das für das menschliche Auge physiologisch wirksamste ist. Sie werden heutzutage als Straßenbeleuchtung verwendet oder auch dort, wo die Einfarbigkeit des Lichtes gegenüber dem weißen Licht ein schärferes Sehen ermöglicht, z. B. zur Untersuchung feiner Fäden. Verschiedene Arten von Na-Dampf-Lampen werden im Betrieb vorgeführt. Die gelbe Farbe ist übrigens keine notwendige Eigenschaft einer Na-Lampe, bei verschiedenen Drucken ist die Farbe des Lichtes von Na-Dampf-Lampen verschieden.

Der zweite Vertreter dieser Lampentypen, die Hg-Dampf-Lampe, zeigt besonders bei hohen Dampfdrucken (einige Atmosphären) gute Lichtausbeute mit gleichzeitiger Verschiebung der Farbe ins sichtbare Gebiet hinein, während die Hg-Dampf-Lampe bei kleineren Drucken hauptsächlich ultraviolettes Licht aussendet. Für Autostraßenbeleuchtung hat sich die bläuliche Farbe der Hg-Lampen gut bewährt,

<sup>1)</sup> Vgl. Naturwiss. 24, 306 [1936].

<sup>2)</sup> Vgl. hierzu *Pirani*, Neue Forschungen über Lichterzeugung, diese Ztschr. 45, 309 [1932]; Neue Wege zur Lichterzeugung, ebenda 45, 665 [1932]; *Krefft*, Die neuen Metalldampflampen, ebenda 47, 154 [1934].

für sonstige Zwecke mußte aber doch eine Angleichung an die spektrale Verteilung des Sonnenlichtes (weißes Licht) angestrebt werden.

Die Lösung dieses Problems ist in mehrfacher Weise gelungen:

1. Durch Einbringen von Alkali in die Hg-Lampe. Beim Zünden einer solchen Lampe wird zunächst reines Hg-Licht ausgesandt; bei allmählicher Erwärmung kommt dann nach und nach das Licht des Alkalidampfes (z. B. Cs-Dampf) hinzu, bis letzteres schließlich trotz des viel kleineren Alkalidampfdruckes ( $\frac{1}{20}$  des Hg-Druckes!) die Farbe des ausgesandten Lichtes völlig bestimmt (Demonstration!).

2. Durch Einschließen der Hg-Entladung in phosphoreszierende Gläser. Solche phosphoreszierenden Substanzen werden in den meisten Fällen besonders günstig im Ultraviolett angeregt und leuchten trotz Anregung mit Licht verschiedener Wellenlänge nur in einer bestimmten, für jedes dieser Phosphorgläser charakteristischen Farbe. Es werden verschiedene solcher technischen Phosphorgläser vorgeführt und der Bereich des Ultraviolett-Lichtes gezeigt, durch welchen sie angeregt werden; eine dieser Substanzen wird im Gegensatz zu den übrigen auch bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht zum Leuchten angeregt. Mischt man in verschiedenen Farben leuchtende Phosphorgläser, so läßt sich auch Aussendung weißen Lichtes erreichen: Durch Vergleich einer solchen Phosphor-Hg-Lampe mit einer Wolfram-Glühlampe wird gezeigt, was auf diesem Wege bereits erreicht ist. Ein wesentlicher Nachteil der Hg-Lampen ist aber die Abhängigkeit des Hg-Dampfdruckes und damit auch mittelbar ihrer Leuchtfarbe von der Temperatur. Dies ist bei edelgasgefüllten Entladungslampen nicht der Fall; man hat deshalb auch Ne-Lampen mit phosphoreszierenden Gläsern ausgestattet; diese Lampen werden in mehreren Exemplaren vorgeführt.

3. Eine weitere Lösung des Problems der Herstellung weißen Lichtes stellt die neuerdings gebaute Tellurdampf-Lampe dar. Da Tellurdampf nicht einatomig, sondern zweiatomig ist, sendet der Tellurdampf hauptsächlich im sichtbaren Spektralgebiet gelegene Bandenspektren als Licht aus, so daß eine solche Tellurlampe von vornherein ohne sonstige Hilfsmittel weißes Licht liefert.

Will man Beleuchtungstechnik auf lange Sicht betreiben, so darf keine Möglichkeit zur Lichterzeugung ganz außer acht gelassen werden, wenn sie im Augenblick auch noch so kompliziert und unwirtschaftlich erscheinen mag. Es wurde daher die Erscheinung der sog. Chemilumineszenz bereits genauer untersucht. Da diese Untersuchungen erst im Anfangsstadium stehen, ist der Phantasie noch breiter Spielraum gelassen, z. B. in bezug auf evtl. zukünftige Lichtanlagen,

die große Ähnlichkeit mit unseren heutigen Wasserleitungen haben könnten.

### Fortsetzung der Eröffnungssitzung.

Drei zusammenfassende astrophysikalische Vorträge.  
(Leiter: W. Grottrian).

P. ten Bruggencate, Potsdam: „Der Bau des Weltalls“<sup>3)</sup>.

Will man sich von dem Bau des Weltalls ein Bild machen, so ist die erste Frage die nach der Verteilung der Sterne im Raum. Zur Lösung dieser Frage hat man zunächst die Verteilung der Sterne am Himmel festgestellt: Die Verteilung der großen Sterne am Himmel ist von der galaktischen Breite, nicht aber von der galaktischen Länge abhängig. Würden nun alle Sterne gleiche Lichtmengen ausstrahlen (gleiche Leuchtkräfte haben), so würde sich sofort die Verteilung im Raum angeben lassen, da die Helligkeit der Sterne in diesem Fall ein direktes Maß für ihre Entfernung wäre; tatsächlich aber haben die Leuchtkräfte eine Verteilung, die die Auswertung sehr erschwert. Die Ausmessung des Weltalls kann daher besser mit den „Meilensteinen“ des Weltalls, den offenen und den kugelförmigen Sternhaufen, durchgeführt werden: offene Sternhaufen sind nur nahe der Milchstraße zu finden, gehören also zu unserem Milchstraßensystem, Kugelsternhaufen (etwa 90 bekannt) zeigen im Gegensatz dazu in ihrer Lage keine Abhängigkeit von galaktischer Länge und Breite, sie liegen außerhalb unseres Milchstraßensystems. Die Abstände solcher Sternhaufen lassen sich bestimmen mit Hilfe der sog. veränderlichen Sterne, deren Leuchtkräfte weitgehend bekannt sind (Erkenntnisse hierüber durch die nahegelegenen veränderlichen Sterne, deren Entfernung noch durch Parallaxe meßbar ist). Die auf diesem Wege zum ersten Male 1926 einwandfrei gemessene Entfernung einiger Spiralnebel hat sich dabei zu größenordnungsmäßig 1 Million Lichtjahre ergeben: solche Spiralnebel sind also selbständige Milchstraßensysteme, denn der Durchmesser unseres eigenen Milchstraßensystems ist größenordnungsmäßig kleiner. Die nun erfolgte systematische Untersuchung der Verteilung solcher Spiralnebel am Himmel ergab gleichförmige Verteilung der Spiralnebel im Raum. Eine Vervollständigung dieses Weltbildes ergab die spektrale Untersuchung des von diesen Spiralnebeln ausgesandten Lichtes: alle Spiralnebel zeigten eine starke vom Doppler-Effekt herrührende Rotverschiebung der Spektrallinien, d. h. alle Spiralnebel entfernen sich mit großer Geschwindigkeit von unserem Milchstraßensystem. Und nun die überraschendste Tatsache: je lichtschwächere Spiralnebel nach und nach zur Untersuchung gelangten, um so größere Rotverschiebungen wurden gemessen, d. h. also je entfernter ein Spiralnebel ist, mit um so größerer Geschwindigkeit entfernt er sich von unserem Milchstraßensystem. Die größten 1935 gemessenen Rotverschiebungen entsprachen dabei bereits Geschwindigkeiten von 42000 km/s! Die Meßtechnik in diesem Zweig der Astrophysik ist dabei heutzutage bereits so weit fortgeschritten, daß sogar Spiralnebel vermessen werden können (Photoplatte), die visuell im Spektrographen nicht mehr sichtbar sind. Unsere heutigen Kenntnisse über die Spiralnebel lassen sich kaum anders deuten, als daß wir in einer Welt leben, die sich dauernd und mit wachsender Geschwindigkeit weiter ausdehnt.

E. Schoenberg, Breslau: „Natur und Verteilung der dunklen Materie im Weltraum.“

Bei Betrachtung von Spiralnebeln (z. B. des Andromedanebels) fallen Absorptionsstellen auf, die ihrer ganzen Form nach nicht Löcher in der Spiralnebelmaterie, sondern Absorptionsstellen sein müssen; sie weisen auf das Vorhandensein dunkler, absorbierender Materie hin. Man macht heutzutage die Annahme, daß jedes, also z. B. auch unser eigenes, Milchstraßensystem in einer solchen Nebelschicht von nicht wesentlich größerer Breite eingebettet ist. Diese Nebelschicht absorbiert das Licht relativ stark und ist wahrscheinlich daran schuld, daß wir den „Kern“ unseres sicher auch spiralnebel-förmigen Milchstraßensystems nicht mehr wahrnehmen können, weil unsere Sonne sich bereits zu weit außerhalb der Mitte

des Spiralnebels befindet (der Abstand unserer Sonne vom Mittelpunkt unseres Milchstraßensystems ist etwa  $\frac{1}{6}$  seines Durchmessers). Eine sehr interessante Frage ist nun die, aus was für Materie dieser absorbierende Nebel besteht. Man könnte zunächst eine Gasatmosphäre annehmen; berechnet man aber aus den Absorptionseigenschaften eines solchen gasförmigen Nebels und den vorhandenen Entfernungen seine Dichte, so gelangt man zu der viel zu großen Zahl  $10^{-10}$ ; die höchstzulässige Dichte unseres Weltalls einschließlich aller Sternmassen kann nämlich nicht über  $10^{-23}$  liegen, wie sich aus den Rotationsgeschwindigkeiten solcher Nebel, die man messen kann, ergibt. Verträglich mit diesen Tatsachen ist dagegen die Annahme eines festen Aggregatzustandes dieser Nebel: die sich für die vorhandene Absorption ergebende Dichte wäre  $10^{-24}$ . Berechnungen nach anderen Untersuchungsmethoden lieferten Dichtewerte von der Größenordnung  $10^{-25}$ . Die Dichte des außerdem vielleicht vorhandenen interstellaren Gases ist dagegen bestimmt 4–5 Zehnerpotenzen kleiner. Man kann sich nun noch die Frage vorlegen, welchen Gewichtsanteil die wolkenförmige Materie an der insgesamt vorhandenen Materie hat: eine Abschätzung liefert den Anteil der Wolkenmaterie zu der insgesamt vorhandenen zu  $\frac{1}{10}$ . Auch über die Natur dieser Wolkenmaterie lassen sich Aussagen machen: es handelt sich vornehmlich um Eisenteilchen von verschiedenem Durchmesser. Aus der Größe der vorwiegend vorhandenen Eisenteile wiederum läßt sich auf eine Entwicklungszeit-spanne des Weltraums von  $10^9$  Jahren schließen, in Übereinstimmung mit dem aus radioaktiven Untersuchungen geschlossenen Alter unseres Weltalls.

A. Unsöld, Kiel: „Die Sternatmosphären.“

Aus der spektralen Untersuchung der Sternatmosphären läßt sich u. a. auf die Häufigkeit der verschiedenen Elemente in den Sternatmosphären schließen: Wasserstoff ist am häufigsten vertreten, Helium sehr wenig, die im Atomgewicht folgenden Elemente in immer steigendem Maße bis zum Sauerstoff, worauf die Häufigkeit mit weiter steigendem Atomgewicht wieder abfällt. Ferner ist aus dem Linienspektrum des Wasserstoffs zu ersehen, daß schwerer Wasserstoff etwa 100mal seltener ist als auf der Erde. Diese Tatsache wird mit einer Fraktionierungswirkung beim Entstehungsprozeß der Erde erklärt.

### Einzelvorträge.

H. Krefft, K. Larché und R. Rößler, Berlin: „Spektrale Energieverteilung und Lichtausbeute der Hg-Entladung bei hohen Drucken.“ (Vorgetragen von K. Larché.)

Die Lichtausbeute der Entladung im Hg-Dampf steigt von einem Minimum bei etwa 10 mm nach höheren Drucken an (Hochdruckentladung). Nach den neuen Messungen der Verfasser setzt sich dieser Anstieg auch oberhalb drei Atmosphären stetig fort und nähert sich schließlich einem Grenzwert. Die bisher nur bei 1 at bekannte spektrale Energieverteilung wurde ebenfalls nach höheren Drucken hin verfolgt.

R. Rompe und W. Thouret, Berlin: „Leuchtdichte der Hg-Entladung bei hohen Drucken.“ (Vorgetragen von Thouret.)

Gradient, Leuchtdichte und Lichtstrom von Hg-Entladungen werden für Drucke bis zu 60 at und bis zu Stromstärken von 12 A gemessen: Die Elektrodenverluste werden bei höheren Drucken unabhängig von Druck und Stromstärke; der Gradient ist bei konstantem Druck praktisch unabhängig von der Stromstärke und wächst mit dem Druck schwächer als linear an.

R. Rompe, Berlin: „Rekombination von zweiatomigen Molekülen in Entladungsröhren.“

Es wird aus verschiedenen Beobachtungen an Entladungen in Tellurdampf geschlossen, daß die sichtbare Strahlung der Te-Entladung zum größten Teil durch das Rekombinationsleuchten der Te-Atome bedingt ist.

G. Jakobi, Berlin: „Die Erzeugung hoher Intensität des Wasserstoffkontinuums mit Hilfe einer Glühkathodenröhre.“

Konstruktion und Eigenschaften einer abgeschmolzenen Glühkathodenröhre zur Erzeugung eines intensiven ultravioletten Wasserstoffkontinuums werden besprochen und die Röhre im Betrieb vorgeführt (Stromstärken bis zu 20 A, Spannungsabfall unter 100 V).

<sup>3)</sup> Vgl. a. Wurm, Photochemische Prozesse in Kometen, diese Ztschr. 48, 165 [1935].

O. v. Schmidt, Berlin: „*Neue Erklärung der Kurzwellenausbreitung sowie der optischen und akustischen Totalreflexion.*“

Die neue Erklärung geht von den experimentellen Ergebnissen der Sprengseismik aus: an der Grenzschicht zweier Medien läuft eine Grenzwellenlinie im schnelleren Medium und strahlt kontinuierlich ins langsamere Medium allein zurück. Diese sog. „wandernde Reflexion“ wird hier auf die akustische und optische Totalreflexion verallgemeinert und gibt eine Erklärung für die Kurzwellenausbreitung. Nach der neuen Theorie läßt sich der Mehrfachumlauf der Kurzwellen um die Erde zwanglos deuten; es ist ferner eine Erklärung der Energiebilanz möglich, und die gemessenen Umlaufzeiten stimmen mit den berechneten überraschend genau überein.

### I. Hauptthema „Geometrische Elektronenoptik“<sup>4)</sup>

(Leiter: H. Busch.)

E. Brüche, Berlin: „*Übersicht über die experimentelle Elektronenoptik und ihre Anwendung.*“

Als Grundelement der Elektronenoptik in konstruktiver Hinsicht kann ein metallischer Ring angesehen werden. Der Ring kann gegen den Raum positiv oder negativ aufgeladen oder von einem Strom durchflossen werden. Er stellt im ersten Falle den Grundtyp einer elektrischen und im zweiten Falle den einer magnetischen Elektronenlinse dar. Der Ring verhält sich gegen Elektronenstrahlen wie eine einzelne im Raum stehende Glaslinse gegen Lichtstrahlen. Außer dem im ersten Falle erwähnten Grundtyp der elektrischen Einzellinse gibt es noch eine Lochblendenlinse, das ist eine gegen den Raum aufgeladene metallische Fläche mit kreisförmigem Loch, bei der das elektrische Feld auf die Elektronen ebenfalls eine Linsenwirkung hervorruft. Zwei koaxial hintereinander angeordnete Lochblenden, die sich auf verschiedenem Potential befinden, bezeichnet man als elektrische Immersionslinse. Diese unterscheidet sich von den beiden schon erwähnten elektrischen Linsentypen dadurch, daß der elektronenoptische Brechungsindex auf beiden Seiten der Linse verschieden ist. Das Immersionsobjektiv ist eines der wichtigsten Abbildungselemente der Elektronenoptik. An Stelle von Lochblenden können auch Hohlzylinder verwendet werden, die zu analogen Linsentypen führen. Durch geeignete Wahl der geometrischen Bedingungen kann das elektrische Feld wunschgemäß gestaltet und damit können die Linseneigenschaften variiert werden. Im Falle der magnetischen Linse kann man sich den kreisförmigen, vom Strom durchflossenen Leiter durch eine Anzahl von Windungen ersetzt denken, wobei durch deren geeignete Anordnung ebenfalls eine Variation der Linseneigenschaften möglich ist. Elektronenlinsen werden verwendet z. B. zur Abbildung bei Elektronenbeugungsuntersuchungen, im Elektronenmikroskop, in der Braunschen Röhre, im Bildwandler und Ikonoskop. Die Anforderungen sind verschieden; während z. B. bei der Braunschen Röhre die Abbildung nur mit einem schmalen Elektronenstrahlbündel erfolgt, kommt es bei dem Bildwandler oder dem Elektronenmikroskop darauf an, einen größeren Winkelbereich der Elektronenstrahlung zur Abbildung auszunutzen. Der systematische Aufbau der Elektronenoptik führte auch dazu, daß an Stelle der früheren Braunschen Gasentladungsröhre heute in der Oscillographie und Fernsehtechnik fast ausschließlich rein elektronenoptisch aufgebaute Hochvakuumröhren verwendet werden. Der Bildwandler gab eine Lösung für das Problem, eine Strahlungstransformation aus dem Ultraviolett und Ultraroten in das Sichtbare vorzunehmen. Das Elektronenmikroskop ermöglichte es, Elektronenemissionsvorgänge bei Licht-, Glüh- und Sekundäremission bildmäßig zu verfolgen und Oberflächen, Kristallstrukturen und Strukturänderungen bei höheren Temperaturen zu beobachten. Die jüngsten Erfolge in der Fernsehtechnik sind im wesentlichen durch elektronenoptische Geräte bedingt, die hier hauptsächlich zur Bildaufnahme und Bildverstärkung verwendet werden.

O. Scherzer, Darmstadt: „*Aufgaben der theoretischen Elektronenoptik.*“

Die Grundfrage der Elektronenoptik ist folgende: Wie müssen die elektrischen oder magnetischen Felder gestaltet

<sup>4)</sup> Vgl. hierzu: E. Brüche und O. Scherzer: Geometrische Elektronenoptik. Springer 1934.

werden, damit eine geforderte Abbildung mit Hilfe von Elektronenstrahlen zustande kommt. Die Beantwortung dieser Frage kann in drei Schritten erfolgen: Man betrachtet zunächst zur Vereinfachung des Problems nur achsennahe Strahlen, die außerdem nur wenig gegen die optische Achse geneigt sind (Gaußsche Dioptrik) und berechnet unter diesen Bedingungen, wie es zuerst von Busch gezeigt wurde, die zur Abbildung erforderlichen elektrischen und magnetischen Felder. Der zweite Schritt ist die Berechnung der Fehler von gegebenen Feldern. Nach de Broglie ist die Wellenlänge eines Elektrons gegeben durch die Geschwindigkeit. Sie beträgt z. B. für ein 150 V-Elektron  $10^{-8}$  cm. Das bedeutet, daß bei Abbildung von Objekten mit Elektronenstrahlen das Auflösungsvermögen der Anordnung wesentlich günstiger sein kann als bei Abbildung mit Lichtstrahlen. Bei dem heutigen Entwicklungsstand der Elektronenoptik ist das Auflösungsvermögen des Lichtmikroskops allerdings noch nicht übertroffen. Der Grund dafür ist in der geringen Widerstandsfähigkeit, der Rauigkeit und sonstigen Mängeln der Objekte zu suchen. Dazu kommen außerdem noch Justierungsfehler und vor allen Dingen Bildfehler, das sind Abweichungen vom idealen Strahlengang, die sich bei strenger Berechnung der Bahnen der Elektronen ergeben. Als Bildfehler kommen in Betracht die chromatischen Fehler und die Fehler dritter Ordnung. Bei den chromatischen Fehlern tritt an Stelle der Farbe die Anfangsgeschwindigkeit der Elektronen. Die Elektronen verschiedener Geschwindigkeit beschreiben verschiedene Bahnen, so daß Punkte eines Objekts als Zerstreuungskreise abgebildet werden. Die Fehler dritter Ordnung sind ähnlich wie in der Optik Verzeichnung, Bildfeldwölbung, Astigmatismus, Koma und sphärische Aberration. Mit der Fehlerberechnung ist die Hauptaufgabe der Elektronenoptik noch nicht gelöst. Der letzte Schritt besteht darin, festzustellen, wie die Felder gestaltet werden müssen, damit die erwähnten Fehler möglichst wenig auftreten. Es soll das fehlerärmste elektronenoptische System aufgesucht werden. Das ist ein Problem der Variationsrechnung. Wenn es rechnerisch gelöst ist, dann muß die Gestalt des Leiters bestimmt werden, durch den die berechneten Felder realisiert werden. Diese Aufgabe kann praktisch äußerst schwierig sein, da sich nicht jedes berechnete elektrische oder magnetische Feld durch geeignete Elektroden- oder Spulenformen erzeugen läßt.

E. Ruska, Berlin: „*Elektronenmikroskop und Übermikroskop.*“

Man unterscheidet, je nachdem zur elektronenoptischen Abbildung elektrische oder magnetische Linsen verwendet werden, das elektrische und das magnetische Elektronenmikroskop. Das elektrische Elektronenmikroskop besteht aus einer Photo- oder Glühkathode, einem System von Lochblenden oder Hohlzylindern und einem Leuchtschirm. Die aus der Kathode ausgelösten Elektronen werden mit Hilfe des an geeigneten Potentialen befindlichen Lochblenden- oder Zylindersystems auf dem Leuchtschirm elektrisch abgebildet. Die gesamte Anordnung befindet sich in einer Hochvakuumröhre und wird mit Spannungen von 100 bis zu einigen tausend Volt betrieben. Beim magnetischen Elektronenmikroskop werden die Elektronenlinsen durch magnetische Spulen gebildet, die bis auf einen kleinen Spalt im Innern vollständig in Eisen gekapselt sind. Dabei sind die Ränder des Spaltes als ringförmige Polschuhe ausgebildet, wodurch das magnetische Feld sehr stark zusammengedrängt und die bei dem Elektronenmikroskop erforderlichen kurzen Brennweiten erhalten werden. Die gesamte Anordnung ist ähnlich der eines optischen Projektionsmikroskopes, das aus Kondensor, Objektiv- und Projektionslinse besteht. Die elektronenoptische Abbildung kann nach vier grundsätzlich verschiedenen Methoden erfolgen und zwar nach dem Selbst-, Fremd-, Rück- und Durchstrahlungsverfahren. Bei dem Selbststrahlungsverfahren werden aus dem zu untersuchenden Körper entweder durch Glühen oder durch Bestrahlung mit Licht oder Einstrahlung von Elektronen oder anderen Korpuskularstrahlen Elektronen ausgelöst, beschleunigt und elektronenoptisch abgebildet. Bei dem Fremdstrahlungsverfahren wird der zu untersuchende Körper mit einem solchen Stoff überzogen, der für Elektronenemission sehr günstig ist. Das Rückstrahlungsverfahren wird dann angewandt, wenn der abzubildende Gegenstand mit reflektierten Elektronen abgebildet wird, ähnlich wie in der Optik bei Be-

trachtung mit Auflicht. Das Durchstrahlungsverfahren wird angewandt, wenn die zu untersuchenden Gegenstände (Schichten) sehr dünn sind, so daß die Elektronen innerhalb der Materie nur wenig abgebremst werden. Im letzteren Falle lassen sich die zu beobachtenden Gegenstände besonders scharf und fehlerfrei abbilden. Zur Ausführung dieser vier Verfahren sind elektrisches und magnetisches Mikroskop nicht in gleicher Weise geeignet. In den Fällen der Selbst- und Fremdstrahlung verwendet man vorteilhafter das elektrische, in den Fällen der Rück- und Durchstrahlung zweckmäßig das magnetische Elektronenmikroskop. Das Auflösungsvermögen eines Mikroskops ist durch die Wellenlänge der verwendeten Strahlung gegeben. Zwei Punkte, deren Abstand wesentlich diese Wellenlänge unterschreitet, werden infolge von Beugungserscheinungen nicht mehr getrennt dargestellt. Bei den im Elektronenmikroskop verwendeten Geschwindigkeiten ist die Wellenlänge der Elektronen nach *de Broglie* etwa  $\frac{1}{100000}$  bis  $\frac{1}{1000000}$  des sichtbaren Lichtes. Das bedeutet, daß das Auflösungsvermögen des Elektronenmikroskops in gleichem Maße höher liegt als beim Lichtmikroskop. Ein naheliegendes Anwendungsgebiet des Elektronenmikroskops ist die Untersuchung von Selbststrahlern, wobei es im wesentlichen darauf ankommt, Emissions- und Formierungsvorgänge bei Kathoden zu untersuchen. In ähnlicher Weise lassen sich Kristallstrukturen und Umwandlungen verfolgen. Das Durchstrahlungsverfahren wendet man häufig an, um bei einem Objekt nur das Umrißbild ohne innere Struktur zu erhalten. *Marton* erzeugt Durchstrahlungsbilder von organischen Objekten, indem er sie zuvor mit Osmiumsalzen durchtränkt und sie dadurch stabil gegen Elektronenbestrahlung macht. Aber auch unbehandelte biologische Objekte sind der Untersuchung zugänglich. Bei der Durch- und Rückstrahlungsmethode muß eine zu hohe Belastung der Objekte wegen ihrer Erwärmung vermieden werden. Es ist deshalb nur eine kurze Belichtungszeit zulässig. Man erreicht dies dadurch, daß der Elektronenstrahl nur kurze Zeit auf das zu untersuchende Objekt elektrisch oder magnetisch abgelenkt wird. Die Intensität der Elektronenstrahlung wird so bemessen, daß sie bei einer Belichtungszeit bis zu  $\frac{1}{100}$  s eine photographische Platte noch zu schwärzen vermag. Es werden zum Schluß noch einige Beispiele angeführt, bei denen die bisher höchste Auflösung mit dem Elektronenmikroskop erreicht worden ist. Es handelt sich dabei um Aufnahmen von Diatomeen, die im Hochspannungs-Institut der T. H. in Berlin erhalten worden sind. Die Aufnahmen zeigen, daß Längen von  $0,1 \mu$  noch aufgelöst werden.

W. Schaffernicht, Berlin: „Der elektronenoptische Bildwandler.“

Der Bildwandler ist eine Anordnung zur Transformation von Lichtbildern in Elektronenbilder. Er besteht aus einer photoelektrischen Kathode, einer oder mehreren Beschleunigungsanoden, elektronenoptischen Abbildungselementen und einem Leuchtschirm. Der zugrunde liegende Vorgang ist folgender: Das umzuwandelnde Lichtbild wird auf die photoelektrische Kathode projiziert, wodurch entsprechend der Belichtung aus den einzelnen Stellen der Kathode Elektronen ausgelöst werden, die beschleunigt und mit geeigneten elektrischen oder magnetischen Linsen auf einem Leuchtschirm zu einem elektrischen Bild vereinigt werden, das durch das Aufleuchten des Schirmes sichtbar wird. Der Zweck der Bildwandlerentwicklung besteht darin, ein Gerät zu schaffen, mit dem eine spektrale Strahlungstransformation möglich ist, wobei vorwiegend daran gedacht ist, Strahlungsvorgänge der für das menschliche Auge unsichtbaren ultraroten und ultravioletten Spektralgebiete in das Sichtbare zu verlegen. Die Entwicklung des Bildwandlers ist von verschiedenen Seiten aufgegriffen worden. Bei dem Bildwandler von *Holst, de Boer, Teves* und *Veenemans* sind lichtelektrische Kathode und Beschleunigungsanode zwei plane Platten, die parallel und dicht hintereinander angeordnet sind. Die Anode ist durchsichtig und gleichzeitig als Leuchtschirm ausgebildet, so daß die im homogenen elektrischen Feld beschleunigten Elektronen auf diesem ein dem Lichtbild entsprechendes elektrisches Bild erzeugen. Bei der Bildwandleranordnung, die dem Fernsehaufnahmeverfahren von *Farnsworth* zugrunde liegt, werden die aus der durchsichtigen Kathode ausgelösten Elektronen

durch ein überlagertes homogenes elektrisches und magnetisches Feld in der Ebene einer Blendenöffnung abgebildet. Das elektrische Bild wird in bekannter Weise mit Hilfe von zwei senkrecht zueinander angeordneten magnetischen Ablenkspulen zeilenförmig über der Blendenöffnung bewegt, dadurch in Bildelemente zerlegt und anschließend mit einem Elektronen-Vervielfacher-System verstärkt. Bei der dritten Bildwandleranordnung, die im Prinzip zuerst von *Pohl* angegeben ist, werden zur Abbildung Elektronenlinsen verwendet. Bildwandleranordnungen dieser Art sind zuerst von *Schaffernicht* und *Heimann*, später auch von *Zworykin* und *v. Ardenne* entwickelt worden. Die elektronenoptische Abbildung erfolgt mit elektrischen und magnetischen Linsen. *Schaffernicht* und *Zworykin* verwenden auch rein elektrische Abbildungssysteme. Die elektronenoptischen Fragen des Bildwandlers können heute als gelöst angesehen werden. Wie an einer Reihe von Beispielen gezeigt wird, ist die Güte der Elektronenbilder gleichwertig mit der optischer Bilder. Die Anwendung des Bildwandlers hängt davon ab, wie weit die Empfindlichkeit einer solchen Anordnung zu Beobachtungen im ultraroten oder ultravioletten Spektralbereich ausreicht. Die Empfindlichkeit wird im wesentlichen bestimmt durch die Empfindlichkeit der photoelektrischen Schicht und des Leuchtschirms, durch die in der Anordnung verwendete Beschleunigungsspannung der Elektronen und durch das elektronenoptische Vergrößerungsverhältnis der Apparatur. Als Beispiele für die praktische Verwendung des Bildwandlers werden Spektralaufnahmen und mikroskopische Beobachtungen im Ultraroten gezeigt. Im letzteren Falle lassen sich typische Unterschiede im Vergleich zur Beobachtung mit sichtbarem Licht erkennen. Grundsätzlich können alle Versuchsobjekte der Ultrarot-Photographie mit dem Bildwandler beobachtet werden. Die Bereiche der spektralen Empfindlichkeit beider Methoden sind ungefähr gleich. Bei Verwendung von Silber-Caesiumoxyd-Caesium-Photoschichten liegt die rote Grenze beim Bildwandler günstigstenfalls bei  $1,4 \mu$ . Die photographische Methode besitzt bei dem heutigen Entwicklungsstand den Vorteil des größeren Auflösungsvermögens der Optik, während die Überlegenheit des Bildwandlers darin besteht, daß er eine unmittelbare Beobachtung aller Vorgänge, die Bewegung zeigen, ermöglicht.

#### Einzelvorträge zum I. Hauptthema.

H. Mahl, Berlin: „Einfluß des Sauerstoffs auf die Glühemission nach Untersuchungen mit dem Elektronenmikroskop“<sup>5)</sup>.

Thoriertes Wolfram und Molybdän zeigen größte Empfindlichkeit gegen Sauerstoff. Schon bei einem Sauerstoffdruck von  $10^{-4}$  bis  $10^{-5}$  mm Hg tritt in kürzester Zeit eine Entaktivierung der Kathode ein. Die zu beobachtende Kathode wurde elektronenoptisch auf einem Leuchtschirm abgebildet. Die Kathodentemperatur betrug etwa  $1600^\circ$  K. Der Sauerstoff wurde durch eine Capillare in das Versuchsrohr eingeleitet. Am stärksten ist der Sauerstoff an den mit Thorium bedeckten Stellen der Kathode wirksam und setzt dort nach kurzer Zeit die Emission herab. Bei einer gleichmäßig mit Thorium bedeckten Stelle der Kathode begann der Sauerstoffeinfluß jedesmal am Rande der emittierenden Fläche, die sich dabei langsam verkleinerte und schließlich verschwand. Durch Erhöhung der Temperatur der Kathode um etwa  $300^\circ$  konnte der Sauerstoff wieder abgedampft werden. Es entsteht dadurch schließlich wieder das ursprüngliche Emissionsbild. Thoriertes Molybdän und Wolfram zeigen vollkommen analoges Verhalten. Bei geringerem Sauerstoffdruck besteht eine Einwirkung des Sauerstoffs auf die Kathode nur bei entsprechend tieferen Temperaturen.

G. Weiß, Berlin: „Elektronenvervielfacher.“

Neuerdings sind zur Verstärkung von Elektronenströmen Sekundärelektronenvervielfacher entwickelt worden. Sie besitzen den Vorteil, daß ihr Eingangstörpegel wesentlich geringer ist, als bei den sonst üblichen Verstärkeranordnungen. Bei diesen Geräten fallen die zu verstärkenden Elektronenströme auf eine präparierte metallische Fläche, am gebräuch-

<sup>5)</sup> Vgl. a. *Brüche u. Mahl*, Über das Emissionsbild von thoriertem Wolfram und thoriertem Molybdän, diese Ztschr. 48, 760 [1935].

lichsten ist eine Ag-Cs<sub>2</sub>O-Cs-Schicht. Bei einer auftretenden Geschwindigkeit von einigen hundert Volt ist die Zahl der aus dieser Fläche neu ausgelösten Elektronen ein Vielfaches der aufgefallenen Elektronen. Der Verstärkungsfaktor beträgt günstigstenfalls etwa 8 bis 10. Läßt man diese Sekundärelektronen nach entsprechender Beschleunigung abermals auf eine präparierte metallische Fläche fallen und so fort, so kann man mit wenigen Stufen sehr hohe Verstärkungsgrade innerhalb einer einzigen Röhre erzielen. Solche Sekundärverstärkungsrohre sind in verschiedenen Formen vorgeschlagen worden. Vortr. verstärkt die Elektronenströme durch ein System von aktivierten Netzen, die parallel hintereinander angeordnet sind und sich an zunehmenden Potentialen befinden. Zworykin verwendet nach dem Vorschlag von Slepian eine Reihe von parallel angeordneten, aber gegeneinander verschobenen aktivierten metallischen Flächen, die sich ebenfalls an zunehmenden Potentialen befinden. Die ausgelösten Sekundärelektronen werden jedesmal durch ein elektrisches Feld beschleunigt und durch ein magnetisches Feld zur nächsten Platte gelenkt. Farnsworth verwendet zwei parallel gegenüberstehende Platten. Die Elektronen werden durch eine Hochfrequenzschwingung zwischen beiden Platten hin und her bewegt und erzeugen dabei jedesmal Sekundärelektronen. Die Verstärkung ergibt sich bei allen drei Anordnungen aus der Zahl der Sekundärprozesse, sie kann bis zu einem Faktor von  $10^7$  erfolgen.

M. v. Ardenne, Berlin: „Ein neuer Polarkoordinaten-Elektronenstrahl-Oscillograph mit extrem linearem Zeitmaßstab.“

Bei dem Polarkoordinaten-Elektronenstrahl-Oscillographen beschreibt der Elektronenstrahl eine Kreisfigur auf dem Leuchtschirm der Röhre. Die Kreisfigur wird erzeugt durch Überlagerung einer elektrischen und magnetischen Ablenkung, die so geschaltet sind, daß die Ablenkungen unabhängig von der Frequenz immer um  $90^\circ$  phasenverschoben sind und infolgedessen den Kreis frequenzunabhängig schreiben. Die radiale Ablenkung erfolgt mit Hilfe eines Zylinderkondensators. Die Anordnung besitzt den Vorteil, daß der Zeitmaßstab vollkommen linear ist, sie kann verwendet werden zur Messung sehr kurzer Zeiten, etwa bis zu  $10^{-7}$  s, wobei das Zeitsignal durch zwei Ablenkspitzen im geschriebenen Kreis markiert ist. Beim Anlegen einer Kippfrequenz am Zylinderkondensator kann der Kreis spiralenförmig aufgewickelt werden.

## II. Hauptthema: Akustik.

(Leiter: E. Meyer u. E. Waetzmann.)

### Zusammenfassende Vorträge:

E. Meyer, Berlin: Zur Einführung.

Die Akustik war lange Zeit das Stiefkind der Physik, bis sie wegen der Wichtigkeit sauberer Schallübertragung in neuerer Zeit in die vorderste Reihe der technisch wichtigen Probleme getreten ist. Aus diesem Grunde bestehen auch, besonders in der akustischen Meßtechnik, sehr nahe Beziehungen zur Elektrotechnik. Als Beispiel sei hier der akustische Widerstandsbegriff angeführt (Ohmsches Gesetz der Akustik, rein akustische Wheatstonesche Brücke). Doch liegen auch vielfache Analogien zu anderen Gebieten der Physik vor: Analogien zur Optik, z. B. in dem „Lärmmesser“, einem Gerät zur objektiven Messung der Geräuschenergie (Analogon der Optik: die Lichtmeßgeräte), oder bei der Klanganalyse, die neben den elektrischen Methoden auch mit akustischen Beugungsgittern durchgeführt werden kann. Es werden schließlich die neueren Anwendungsgebiete der Akustik kurz aufgezählt, die in den folgenden Vorträgen genauer behandelt sind.

L. Bergmann, Breslau: „Neuere Probleme auf dem Gebiete des Ultraschalls“<sup>6)</sup>.

Das Gebiet des Ultraschalls umfaßt heutzutage Schwingungen bis  $2 \cdot 10^8$  Hz, d. h. Wellenlängen bis etwa  $2 \cdot 10^{-4}$  cm in Gasen und  $2 \cdot 10^{-3}$  cm in festen Körpern. Erzeugung: 1. durch Ausnutzung der Magnetostriktion

<sup>6)</sup> Vgl. hierzu, besonders im Hinblick auf Literatur: E. Hiedemann, Ultraschall, Ergebn. d. exakt. Naturwiss. Bd. XIV, 1935, S. 201–263. In dieser Ztschr. vgl. Schmid, „Ultraschall und chemische Forschung“, 49, 117 [1936], und Schultes u. Gohr, „Über chemische Wirkungen der Ultraschallwellen“, 49, 420 [1936]; s. a. Bergmann, Hochfrequente Schwingungen und Ultraschall, ebenda 49, 748 [1936].

(ferromagnetische Stablängenänderung im Magnetfeld); der Schall wird vom Ende des Stabes abgestrahlt. Vorteil: Überlastungsmöglichkeit. Nachteile: Nur bis etwa  $6 \cdot 10^4$  Hz brauchbar und große Temperaturabhängigkeit des Effekts. 2. Durch piezoelektrische Schallgeber. Quarz- oder für schnellste Schwingungen Turmalinplatten werden zwischen die Belegungen eines mit Hochfrequenz beschickten Kondensators gebracht und ändern ihre Dicke im Takt der angelegten Wechselspannung, wobei nicht nur die Grund-, sondern auch die Oberschwingungen angeregt werden. Die abgestrahlte Energie dieser Piezoschallgeber geht bis zu  $10$  W pro  $\text{cm}^2$ . — Nachweis 1. mit dem Ultraschallinterferometer nach Pierce<sup>7)</sup>, mit dem gleichzeitig auch die Wellenlänge gemessen werden kann, 2. durch Beugung des Lichtes an den Schallwellen (1932 entdeckte Erscheinung<sup>8)</sup>, gleichzeitig Bestimmung der Wellenlänge aus dem Beugungsspektrum, 3. nach der Schlierenmethode<sup>9)</sup>, nur in Flüssigkeiten verwendbar; unter Zuhilfenahme eines Drehspiegels kann nach dieser Methode die absolute Geschwindigkeit der Ultraschallwellen festgestellt werden. — Ultraschalloptik. Die Welleneigenschaften des Ultraschalls machen in Analogie zur Optik die Aufstellung einer „Ultraschalloptik“ möglich. Als brechende Medien sind z. B. Xylol oder Aluminium verwendbar (Brechung in Prismen). Es läßt sich ferner in diesen Medien der Grenzwinkel der Totalreflexion bestimmen. — Anwendungen. Aus Schallgeschwindigkeitsmessungen lassen sich Schlüsse auf die chemische Konstitution ziehen, ein Verfahren, das gerade auch auf schwer verdampfbare Flüssigkeiten anwendbar ist; aus dem gewonnenen Wert für  $K = c_p/c_v$  z. B. kann man die Wertigkeit der Ionen bestimmen. Zur Bestimmung der Elastizität fester Körper dient ein optisches Verfahren<sup>10)</sup>; ein Glaswürfel schwingt bei Ultraschallerregung infolge der Querkontraktion auch senkrecht zur Schallrichtung. Dadurch entsteht ein kompliziertes räumliches Schallgitter. Die Beugungserscheinungen bei Durchstrahlung eines solchen Glaswürfels mit Licht sind den bei Durchstrahlung von Kristallen mit Röntgenstrahlen ähnlich; die Auswertung der erhaltenen Beugungsbilder gestattet die Bestimmung der Elastizitätskonstanten<sup>11)</sup>. In letzter Zeit ist die Ausdehnung dieses Verfahrens auf optisch inhomogene und undurchsichtige Kristalle gelungen. — Zu den mehr technischen Anwendungen gehört die Abtastung eines Werkstücks mit Ultraschall zwecks Feststellung von Inhomogenitäten, z. B. Löchern in Gußstücken, und die Auflockerung eines Gefügeaufbaus, wodurch z. B. der Vorgang der Ummagnetisierung erleichtert werden kann. Außerordentlich mannigfaltig sind die Anwendungen des Ultraschalls in der technischen Chemie. Nichtmischbare Flüssigkeiten werden durch Ultraschall bis zur Herstellung einer Emulsion durcheinander „geschüttelt“. Goldblatt läßt sich auf diese Weise in einer Flüssigkeit dispers verteilen. Durch gleichzeitige Ultraschallbestrahlung der Kathode bei einer Elektrolyse werden die gerade abgeschiedenen Teilchen wieder in die Flüssigkeit hineingeschleudert, wodurch sich eine sehr feine Verteilung erzielen läßt. Hochpolymere Bindungen können durch Ultraschall abgebaut werden. Flüssigkeiten werden durch Bestrahlung mit stehenden Ultraschallwellen entgast, weil die kleinen Bläschen in die Knoten der Wellen getrieben werden. Es treten ferner bei Ultraschallbestrahlung Oxydationsvorgänge auf: Entfärbung von Farbstoffen; Trübung von H<sub>2</sub>S-Wasser; Bildung von Wasserstoffsuperoxyd aus Wasser tritt bei gewöhnlichem, nicht aber bei destilliertem Wasser auf, es scheint hier die Oxydation durch die schnelle Bewegung kleinster Luftbläschen hervorgerufen zu werden. — Ein weiteres Anwendungsgebiet des Ultraschalls stellt schließlich die Biologie dar, doch sind die Wirkungen z. B. auf Bakterien heute noch nicht restlos geklärt.

Weitere zusammenfassende Vorträge zum II. Hauptthema behandelten die Hör-Physiologie, die Raumakustik und die elektrische Sprach- und Musik-Übertragung.

<sup>7)</sup> C. W. Pierce, Proc. Amer. Acad. Boston 60, 271 [1925].

<sup>8)</sup> Gleichzeitig von P. Debye u. F. W. Sears, Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A. 18, 410 [1932] und von R. Lucas u. P. Biquard, J. Physique Radium 3, 464 [1932].

<sup>9)</sup> Vgl. z. B. R. Pohlmann, Naturwiss. 23, 511 [1935].

<sup>10)</sup> Cl. Schaefer u. L. Bergmann, Naturwiss. 22, 685 [1934].

<sup>11)</sup> Cl. Schaefer u. L. Bergmann, S.-B. Preuss. Akad. Wiss. 1935, 222; E. Fues u. H. Ludloff, ebenda S. 225.



## Einzelvorträge zum II. Hauptthema.

H. Ludloff, Breslau: „Über Ultraschalloberflächenwellen und ihren optischen Nachweis.“

Wird ein fester Körper mit Ultraschallschwingungen erregt, so bilden sich an den Randflächen Oberflächenwellen aus, die mit seinen elastischen Eigenschaften zusammenhängen. Die Beugung von Licht an solchen Randflächen läßt daher eine Analyse der elastischen Eigenschaften des Körpers zu, auch wenn er undurchsichtig ist. Die experimentell erhaltenen Interferenzfiguren bestätigen die theoretischen Erwartungen.

H. Oberst, Berlin: „Schallabsorption im Kundtschen Rohr, insbes. bei Unterdruck.“

Es wird der Schalldruck am Rohrende mit dem Kondensatormikrophon gemessen (700—4000 Hz; 100—800 mm Hg; Luft und Sauerstoff verschiedenen Feuchtigkeitsgehaltes, Stickstoff, Helium). Die Genauigkeit der Methode gestattet die Bestimmung des molekularen Anteils der Schallabsorption, der in Übereinstimmung mit der Theorie von Kneser gefunden wird.

F. Krüger und H. Kasper, Greifswald: „Über die Wirbelbildung bei Schneidentönen.“

Zeitlupenkinaufnahmen nach der Schlierenmethode zeigen das Pendeln des Luftstromes vor der Schneide (wie z. B. bei einer Orgelpfeife) infolge des Auftreffens der abwechselnd links und rechts rotierenden Wirbel.

H. Krutzsch, Dresden: „Über ein instabiles Gebiet der Wirbelringe.“

In einer Flüssigkeit werden Wirbelringe erzeugt, die die Flüssigkeit durchlaufen. Durch besondere Färbung der Ringe läßt sich beobachten, wie die zunächst kreisförmige Wirbelringachse regelmäßige Ausbuchtungen (in Richtung der Translationsbewegung) erhält und der Wirbelring zunächst zerfällt, wonach sich dann ein neuer Ring mit größerem Durchmesser bildet.

## Verschiedene Einzelvorträge.

J. Malsch, Köln: „Anomale Dispersion in Dipolflüssigkeiten.“

Messungen von Leitfähigkeiten und Dielektrizitätskonstanten assoziierter Dipolflüssigkeiten und elektrolytischer Lösungen in solchen Flüssigkeiten bei kurzen elektrischen Wellen werden im Zusammenhang mit der Struktur assoziierter Moleküle besprochen.

H. Gobrecht, Dresden: „Über die Absorptions- und Emissionsspektren der Ionen der Seltenen Erden im festen Zustand.“

Die Absorptionsspektren der Seltenen Erden haben in den einzelnen Verbindungen verschiedenes Aussehen. Zwar bleiben die jedem Element eigenen Gruppen erhalten, doch zeigen sich ganz verschiedene Aufspaltungen infolge von Stark-Effekt durch die Kristallfelder und auch Verschiebungen der Liniengruppen (quadratischer Stark-Effekt), wodurch zum Teil die Farbtöne der Verbindungen bedingt sind. Die Stark-Effekt-Aufspaltungen können genauere Vorstellungen über die inneren Kristallfelder geben, die die Materie zusammenhalten. Dazu ist die genaue Kenntnis der Art und Entstehung der Spektrallinien notwendig. Es wurden im besonderen die Absorptions- und Emissionsspektren einiger seltenen Erden im Ultraroten untersucht. Es ergab sich, daß die Absorptionsspektren und zum Teil auch die Emissionsspektren als Übergänge zu den Multipletts der Grundterme zu deuten sind. Es konnten daraus die Grundterme berechnet werden und ebenfalls das gesamte Absorptions- und Emissionsspektrum des dreifach ionisierten Pr. Aus der Berechnung der Aufspaltung ergab sich z. B., daß sich das Eu-Ion in  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  in einem elektrischen Felde hexagonaler Symmetrie und im  $\text{Eu}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  in einem Felde von kubischer Symmetrie befindet.

F. Hund, Leipzig: „Übersicht über das Verhalten der Materie bei sehr hohen Drucken und Temperaturen.“

Ein Diagramm zeigt den Zusammenhang von Druck, Temperatur und Dichte in den verschiedenen Gebieten, wo

die Materie sich als kondensierter Körper, als gewöhnliches Gas, als Elektronengas (mit Kernen darin) oder als Neutronengas idealisieren läßt. Die Abszisse (Druck) durchläuft dabei Werte zwischen  $10^0$  und  $10^{28}$  at, Ordinate ist die Temperatur und Parameter die Dichte (Kurven gleicher Dichte). Alle möglichen Zustände der Weltenraum-Materie lassen sich in dieses Diagramm einordnen: In der Nähe des Diagramm-Nullpunktes befindet sich die Materie unter Verhältnissen, wie wir sie von der Erde kennen (Atomkerne mit vollständiger Elektronenhülle), bei höheren Drucken und Temperaturen treten nacheinander folgende Zustände auf: ionisiertes Gas (Atomkerne mit unvollständiger Elektronenhülle), Elektronengas mit Kernen darin (Kerne ohne Elektronenhülle, Elektronen frei), Neutronengas (Entstehung durch Vereinigung von Elektronen und Protonen unter dem Druck- und Temperatureinfluß).

F. Wolf, Danzig-Langfuhr: „Anomale Umladungserscheinungen bei sehr langsamen Kanalstrahlen.“

Die Umladung von verschiedenen Ionenarten in ihren eigenen und in fremden Gasen wird bei kleiner Ionenenergie (bis zu etwa 5—10 V herab) untersucht. Die Umladungswahrscheinlichkeit nimmt mit abnehmender Ionenenergie immer mehr ab, steigt dann aber in einigen Fällen bei kleinsten Ionenenergien nochmals an. Es tritt hier also ein Effekt ein, der rein äußerlich dem „Ramsauer-Effekt“ für Elektronen entspricht (Querschnittsminimum).

Chr. Gehrtsen, Gießen: „Die Streuung von raschen Heliumkanalstrahlen an Heliumkernen als Beitrag zur Klärung ihrer Wellennatur.“

Die gemessenen Streuerscheinungen von 200 kV-Helium-Kanalstrahlen in Helium sind mit den klassischen Aussagen nicht in Einklang zu bringen. Die stark ausgeprägten Beugungsmaxima- und -minima, die sich der klassischen Streuung überlagern, stimmen im wesentlichen mit den Forderungen der Wellenmechanik überein.

W. Kossel, Danzig-Langfuhr: „Zur Erläuterung des Gebrauchs optischer Gitter für Röntgenspektroskopie.“

Interferenzen mit Röntgenstrahlen können bekanntlich auch mit Hilfe optischer Gitter erhalten werden (obgleich der Gitterabstand um mehrere Zehnerpotenzen größer ist als die Wellenlänge der Röntgenstrahlen), wenn man den Gitterabstand durch fast streifenden Einfall künstlich verkleinert. Ganz entsprechend kann man auch mit sichtbarem Licht an einem sehr großen Gitter (Strichabstand von der Größenordnung 1 mm) Interferenzen dadurch erhalten, daß man das Licht fast streifend auf dieses Gitter auffallen läßt. Es ergibt sich ein in den Längenmaßen richtig vergrößerter Demonstrationsversuch des oben für Röntgenstrahlen beschriebenen Effekts.

M. Steenbeck, Berlin: „Über Elektronentemperatur und Bremsfeldstärke in der Säule von Entladungen in leichtem und schwerem Wasserstoff.“

Die Kenntnis von den Vorgängen in Gasentladungen gestattet weitgehende Voraussagen über die Eigenschaften einer Entladung, sofern bei gegebener Gasart die Entladungsbedingungen, z. B. Druck und Spannung, variiert werden. Dagegen sind die Voraussagen über eine Gasentladung unsicherer, wenn bei konstanten Entladungsbedingungen ein Wechsel in der Gasart vorgenommen wird, weil dadurch eine Anzahl physikalischer Konstanten der Entladung, z. B. Ionisationsspannung, Trägerbeweglichkeit u. a. geändert wird. In zwei Gasentladungen, bei denen unter sonst gleichen Entladungsbedingungen in dem einen Falle leichter Wasserstoff, und im anderen Falle schwerer Wasserstoff verwendet werden, unterscheiden sich die Ladungsträger nur durch ihr Atomgewicht. Es war zu erwarten, daß dieser Unterschied eine verschiedene Ionenbeweglichkeit zur Folge hat. Es wurde deshalb in einer Glimmentladung mit langer Säule im leichten und schweren Wasserstoff die Elektronentemperatur und die Längsfeldstärke in einem breiten Druck- und Strombereich untersucht. Im schweren Wasserstoff ergeben sich niedrigere Werte für beide Größen als im leichteren Wasserstoff. Die Richtung der Abweichungen liegt so, wie es die Diffusionstheorie erwarten läßt.

W. Koch, Berlin: „*Experimenteller Nachweis des Verhaltens der Ionenschichten um das Steuergitter von Stromrichtern während der Entionisierung.*“

Durch Verwendung gittergesteuerter Entladungsgefäße als praktisch trägheitslose Schalter und Braunscher Röhren als trägheitslose Meßinstrumente ist es möglich geworden, ohne großen experimentellen Aufwand Vorgänge von kurzer Dauer ( $10^{-5}$ ... $10^{-4}$  s) zu untersuchen. Diese beiden Hilfsmittel wurden daher zur Klärung der Entionisierungsvorgänge in Stromrichtern herangezogen. Es wurde bestätigt, daß während der Entionisierung um negativ geladene Elektroden Schichten von positiven Ionen vorhanden sind, deren Dicke mit abnehmender Konzentration der Ladungsträger wächst. Dieses Wachsen der Raumladungsschichten ist vor allem für Entladungsgefäße mit Steuergitter wichtig. Hier konnte das Verschließen der Gitterlöcher durch das Zusammenwachsen der Ionenschichten experimentell nachgewiesen werden. Durch Versuche, bei denen die Anode noch während der Entionisierung wieder positiv gemacht wurde, konnte jedoch gezeigt werden, daß das Schließen der Gitterlöcher zur Verhinderung der Wiederzündung u. U. nicht ausreicht. Aus den Versuchen an gitterlosen Röhren ergab sich zugleich ein sicheres Verfahren zur Bestimmung der Ionenkonzentration.

H. Alterthum, A. Lompe und R. Seeliger, Berlin: „*Die Aufzehrung von Edelgasen in elektrischen Entladungen. I.*“

Es werden die Bedingungen ermittelt, unter denen in Gasentladungsröhren schon nach verhältnismäßig kurzen Zeiten größere Mengen Edelgas aufgezehrt werden. An Neon, Helium und Argon wird durch unmittelbare Messung der Druckabnahme mit einem Pirani-Manometer die Zahl der in der Zeiteinheit verschwindenden Edelgasatome bestimmt. Für die Aufzehrungsgeschwindigkeit ergibt sich Proportionalität mit der Stromstärke der Entladung. Andere Abhängigkeiten, wie die von Gasdruck, Elektroden, Stromrichtung und Kathodenzerstäubung werden untersucht. Die Ergebnisse sind insgesamt am besten vereinbart mit der Annahme, daß die Edelgase in Form von positiven Ionen in die Elektroden eindringen.

Handrek, Hermsdorf (Thüringen): „*Neuartige vakuumdichte Keramik-Metallverbindungen.*“

Es sind in der letzten Zeit Verfahren entwickelt worden, keramisches Material hochvakuumdicht und temperaturwechselbeständig mit Glas zu verschmelzen. Es kann also bei Hochvakuumgefäßen an Stellen, wo es hinsichtlich der Werkstoffeigenschaften oder der Formgebung erwünscht ist, Glas durch keramisches Material ersetzt werden. Als Bedingung für die Haltbarkeit einer Verschmelzung Glas-keramisches Material gilt, daß das Glas im verwendeten Temperaturbereich einen etwa 20—30 % geringeren Ausdehnungskoeffizienten als das keramische Material besitzen muß. Das Verschmelzen erfolgt durch Erhitzung der Verbindungsstelle mit einer Gebläseflamme oder auf elektrischem Wege. Infolge des großen Unterschiedes der Erweichungstemperaturen von Glas (700 bis 900°) und keramischem Material (1300—1500°) schmilzt hierbei das Glas auf dem keramischen Teil auf, der seinerseits unverändert bleibt. Mit Glas als Zwischennittel lassen sich Metallrohre oder Metallgefäße mit keramischen Rohren oder Platten mechanisch fest und vakuumdicht verschmelzen. Hierbei hat es sich für eine widerstandsfähige Verschmelzung als zweckmäßig herausgestellt, die Metalloberfläche im Verhältnis zum Metallquerschnitt möglichst groß zu bemessen. Dieser Gesichtspunkt wird besonders bei einer neuartigen Ausbildung von Stromeinführungen, den sog. Metallhautdurchführungen, berücksichtigt, die aus einem keramischen Träger mit einem hautartig aufgebrannten Silberbelag bestehen. Wegen der guten Abkühlungsverhältnisse vertragen solche Durchführungen verhältnismäßig hohe Belastung, was im besonderen bei Hochfrequenz günstig ist.

E. Müller, Berlin: „*Versuche zur Theorie der Elektronenemission unter der Einwirkung hoher Feldstärke.*“

Entsprechend der theoretischen Erwartung findet bei der Feldelektronenemission keine Abkühlung der Kathode statt. Auch die Geschwindigkeitsverteilung der Feldelektronen zeigt, daß die Elektronen ohne Überschreiten einer Potentialschwelle die Kathode verlassen. Dagegen erweist sich die Abhängigkeit

des Feldstromes von der Austrittsarbeit als wesentlich stärker, als nach der vorhandenen wellenmechanischen Theorie der Durchdringung einer Potentialschwelle angenommen worden ist.

W. Schmitz, Bonn: „*Zeithupen-Kinoaufnahmen von Wilsonschen Nebelbahnen.*“

Es werden Zeithupen-Kinoaufnahmen von Wilsonschen Nebelbahnen vorgeführt. Zur Aufnahme werden Wilson-Kammern nach Philipp und Dörffel und nach Blakett verwendet. Die Filmaufnahme erfolgte mit einer Zeiss-Ikon-Schmalfilmkamera, die mit einem sehr lichtstarken Objektiv versehen war, das aber eine ausreichende Tiefenschärfe besaß. Zur Beleuchtung diente eine Bogenlampe mit Spezialkohlen. Es konnten bis zu 65 Bilder/sec erhalten werden. Beobachtet wurden  $\alpha$ -Strahlen aus Radiumbromid und Emanation,  $\beta$ -Strahlen bei harten und weichen Röntgenstrahlen, Elektronen aus Metallen bei Absorption von Röntgenstrahlen. Die Vorteile einer solchen Beobachtungsweise liegen darin, daß die Vorgänge einer Wilson-Kammer einem größeren Kreise zugänglich gemacht werden können.

W. Kluge u. W. Uhlmann, Berlin: „*Der Einfluß von schwerem Wasserstoff auf die lichtelektrische Wirkung der Alkalimetalle.*“

Die Kenntnisse über die Wirkung der Zwischenschicht beim Photoeffekt sind heute noch gering. Der Grund dafür liegt darin, daß bei Änderung der Zwischenschicht jedesmal mehrere Parameter geändert werden, so daß meist aus einem speziellen Schichttyp keine wesentlichen Folgerungen gezogen werden können. Anders ist es, wenn bei hydrierten Alkali-photokathoden der leichte Wasserstoff durch schweren ersetzt wird. Es zeigt sich dann eine Verschiebung des ultravioletten Empfindlichkeitsmaximums nach kürzeren Wellenlängen, die beim Vergleich von hydrierten K-, Na- und Li-Kathoden am stärksten beim Li ist. Bei Na ist der Effekt schwächer vorhanden, bei K ist er nicht mehr meßbar. Das Empfindlichkeitsmaximum, das dem Hydrid bzw. Deuterid zuzuschreiben ist, liegt bei Li im ersten Falle zwischen 2950 und 2960 Å und im letzteren Falle zwischen 2910 und 2920 Å. Der Betrag der Verschiebung stimmt mit den von Campbell und Fowler nach der wellenmechanischen Theorie berechneten überein.

W. Hartmann, Berlin: „*Über künstliche Sperrschichten an elektronischen Halbleitern mit verschiedenem Leitungstypus.*“

Nach Untersuchung der Sperrwirkung an Kupferoxydul mit künstlichen Sperrschichten wurden auf Vorschlag von Schottky entsprechende Versuche an Zinkoxyd gemacht, welches im Gegensatz zum defektleitenden Kupferoxydul ein Elektronenüberschußhalbleiter ist. Es wurde hier ebenfalls eine sehr ausgeprägte Sperrwirkung aufgefunden, deren Sinn entgegengesetzt ist wie beim Kupferoxydul.

H. Krefft, F. Rößler und A. Rüttenauer, Berlin: „*Ein neues Strahlungsnormale.*“

Die Strahlungseigenschaften der Hochdruckentladung in Quecksilberdampf sind bei gegebenen äußeren Bedingungen (z. B. Abmessung der Lampe und Brennlage) durch Dampfdruck und Stromstärke eindeutig bestimmt. Es wird auf dieser Grundlage eine Hg-Normallampe entwickelt, die bei einer Belastung von 250 W im gesamten Spektrum von 0,24 bis  $1,0 \mu$  eine auf  $\pm 2\%$  reproduzierbare Strahlungsleistung besitzt. Die spektrale Strahlungsverteilung ist im gleichen Sinne reproduzierbar. Die Reproduzierbarkeit der Strahlung wurde in mehreren hundert Betriebsstunden geprüft. Die entwickelte Hg-Normallampe ist besonders zur Spektralphotometrie und zur Eichung von Strahlungsmeßgeräten geeignet.

H. Krefft und F. Rößler, Berlin: „*Strahlungsmessungen im Ultraviolett mit der Sperrschichtzelle.*“

Es wird ein Strahlungsmeßgerät für ultraviolettes Licht beschrieben. Es besteht aus einer im Ultravioletten empfindlichen Selensperrschichtzelle und auswechselbaren Glas- und Flüssigkeitsfiltern. Durch geeignete Kombination der Filter lassen sich im Spektralbereich von 0,24— $0,4 \mu$  schmale Spektralbereiche aussondern. Das Strahlungsmeßgerät ist gedacht zur Prüfung von technischen Strahlungsquellen im Ultraviolett. Es wurde gleichzeitig die Haltbarkeit und Reproduzierbarkeit der Filter untersucht.