

schmolzene Bodenschicht bildet. Die Scheidewand taucht bis in diese Schicht. Über der Metallschicht liegt eine Schicht von geschmolzenem Elektrolyten, bestehend aus Berylliumfluorid und Alkali- bzw. Erdalkalifluoriden. In den Elektrolyten tauchen von oben Graphitelektroden. In der einen Abteilung, in welche der Strom eingeleitet wird, bilden die Graphitelektroden die Anode und die metallische Bodenschicht die Kathode. In der anderen Abteilung ist die Legierung Anode und die Graphitelektrode Kathode. An dieser setzt sich das metallische Beryllium an. Als einzuschmelzende Legierung verwendet man ein Berylliumkupfer mit 5—10% Beryllium, dem zur Erniedrigung des Schmelzpunktes noch Zusätze von Silicium oder anderen Metallen zugegeben werden können. Man elektrolysiert nach den Angaben von *Burgess* mit 1000 Ampere pro Quadratfuß. Das durch den Strom ausgeschiedene Beryllium geht in die Legierung, in der anderen Abteilung aus der Legierung an die Kathode.

Will man eine Leichtmetall-Beryllium-Legierung direkt herstellen, vor allem Aluminium-Beryllium, so gibt man in der Sekundärzelle auf den Elektrolyten geschmolzenes Aluminium, das nunmehr selbst zur Kathode wird und das Beryllium aufnimmt. Es ist nach *Burgess* auch möglich, den Prozeß in einer einfachen Zelle durchzuführen, wenn man periodisch die Stromrichtung wechselt. Während der einen Periode wird das durch den Strom ausgeschiedene Beryllium von der als Kathode dienenden Legierung aufgenommen, nach dem Stromrichtungswechsel aus der Legierung nach der jetzt als Kathode arbeitenden Graphitelektrode geführt. Als Elektrolyten verwendet *Burgess* ein Mischung von 20—25% Berylliumfluorid, 45—50% Bariumfluorid und 35—40% Kaliumfluorid. Der durch Elektrolyse zersetzte Fluß wird durch Zusatz von neuer Mischung ersetzt.

## Herstellung von Beryllium durch Destillation im Vakuum.

Leichtmetalle kann man bekanntlich dadurch herstellen, daß man ihre Oxyde unter Luftabschluß mit Kohle reduziert und das Metall im Vakuum abdestilliert. Man braucht dazu eigene Behälter, in welchen sich das Metall kondensiert, und es besteht die Möglichkeit, daß Teile des Metalles in die Luftpumpe gelangen. Die *Heraeus-Vakuumschmelze A.-G.* und *W. Rohn*<sup>39)</sup> haben diese Methode dadurch vereinfacht, daß sie das Metall im Ofen selbst an einer gekühlten Fläche niederschlagen. Diese Fläche kann als stark gekühlte rotierende Scheibe ausgebildet sein, von der nur immer ein Teil im Ofenraum ist, während der andere Teil außerhalb des Reaktionsraumes durch mechanisches Abkratzen oder Abschaben von dem niedergeschlagenen Metall befreit wird. Bei diesem Verfahren hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, dem Gemisch aus Oxyd und Kohle Eisen oder ein anderes Metall der Eisengruppe zuzusetzen, sei es in Form des Metalles, sei es als Oxyd. Das Eisen wirkt katalytisch und begünstigt den Reduktionsprozeß. Diese Verfahren auf die Gewinnung von Beryllium anzuwenden, war bisher nicht möglich, weil bei der für die Reduktion des Berylliums notwendigen hohen Temperatur das Eisen im Vakuum verdampfte. Nach dem neuen Patent<sup>40)</sup> der *Heraeus-Vakuumschmelze A.-G.* ist es aber möglich, auch Beryllium nach diesem Verfahren herzustellen, wenn man in Gegenwart von Metallen der Chromgruppe (Chrom, Wolfram, Molybdän) die Reduktion des Berylliumoxydes durchführt, denn diese Metalle besitzen im luftverdünnnten Raum einen wesentlich höheren Siedepunkt als die Metalle der Eisengruppe.

[A. 118.]

<sup>39)</sup> D. R. P. 563652.

<sup>40)</sup> D. R. P. 588981.

## VERSAMMLUNGSBERICHTE

### Physikertag.

Stuttgart, 22. bis 28. September 1935.

Eröffnungssitzung. Ansprache des Vorsitzenden.

Nach den offiziellen Begrüßungsworten führte der Vorsitzende, K. Mey, Berlin, aus, daß die gemeinsame Tagung von fünf Gesellschaften, nämlich der deutschen physikalischen Gesellschaft, der deutschen Gesellschaft für technische Physik, der deutschen Mathematikervereinigung, der Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik und der Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens durch die enge Berührung der Sachgebiete gegeben sei. In früheren Jahren haben diese Gesellschaften ihr Programm in den Rahmen der Tagung der deutschen Naturforscher und Ärzte eingepaßt. Die ständig wachsende Besucherzahl und der zunehmende Umfang des Programms machten eine Trennung notwendig. Die diesjährige Tagung in Stuttgart weist, gegenüber der des Vorjahres in Pyrmont, einen Anstieg der Teilnehmerzahl von 400 auf 700 auf. Der Vorsitzende begrüßte es besonders, daß sich auch in diesem Jahr Vertreter der ausländischen Wissenschaft eingefunden haben und dankt den Gästen aus England, Holland, der Tschechoslowakei und Österreich für ihr Erscheinen.

I. Hauptthema:

### Elektronen- und Ionenleitung fester Körper.

(Leiter: P. P. Ewald, E. W. Pohl, W. Schottky.)

#### Zusammenfassende Vorträge.

Prof. Dr. B. Gudden, Erlangen:

#### „Probleme der Elektronen- und Ionenleitung in festen Körpern.“

Übersicht: Das große wissenschaftliche Interesse, das vor allem im letzten Jahrzehnt den physikalischen Problemen der festen Körper geschenkt wird, hat auch seine technische Berechtigung. Daß gerade die elektrischen Methoden, speziell die Fragen der elektrischen Leitung, herangezogen werden,

liegt daran, daß diese trotz der großen experimentellen und theoretischen Schwierigkeiten immer noch den besten Zugang zum Verständnis der physikalischen Eigenschaften des festen Zustandes bieten. Dies gilt sowohl von den Metallen wie von den chemischen Verbindungen im kristallinen Zustand, die im folgenden vorwiegend behandelt werden. Die technischen Anwendungen der festen Körper, die durch diese Forschungen unmittelbar gefördert werden, sind: Glühisolatoren und Heißleiter, Photokathoden und Photoelemente, Gleichrichter und Elektrolytkondensatoren; schließlich als erstrebenswertes Ziel galvanische Elemente bei hohen Temperaturen.

Die metallischen Leiter und die Grenzflächenerscheinungen werden im folgenden nicht behandelt<sup>1)</sup>.

In den Kristallen der chemischen Verbindungen gibt es sowohl Ionen- wie Elektronenleitung und zuweilen beide Leitungsarten nebeneinander. Noch komplizierter wird die Sachlage dadurch, daß es in den meisten Fällen sehr schwer ist, zwischen Ionen- und Elektronenleitung überhaupt zu unterscheiden, vor allem, wenn man bei hohen Temperaturen und mit kleinen Strömen arbeiten muß. Zur Feststellung der Ionenleitung dient die quantitative Bestimmung der durch den Strom überführten Materie, die dem Faradayschen Gesetz folgen muß. Leider ist diese Bestimmung bei festen Körpern methodisch außerordentlich schwierig. Außerdem kommen zuweilen Sekundärreaktionen mit dem Elektrodenmaterial vor, die Ionenleitung vortäuschen können. Die Größenordnung der Leitfähigkeit  $\sigma$  gibt keinen eindeutigen Aufschluß, obwohl im allgemeinen  $\sigma$  im Fall der Elektronenleitung um einige Zehnerpotenzen größer ist. Auch die Temperaturabhängigkeit von  $\sigma$  gibt keine Unterscheidungsmöglichkeit, da die sogenannten Halbleiter im Gegensatz zu den Metallen mit steigender Temperatur einen Anstieg der Elektronenleitfähigkeit zeigen. Das elektrische Verhalten der Kristalle läßt sich in Abhängigkeit von der Temperatur fast immer durch eine empirische Formel  $\sigma = A e^{-\frac{B}{T}}$  ausdrücken. Dabei kommen Änderungen von  $\sigma$  mit der Temperatur vor, die sich zwischen 20 und 1500°

<sup>1)</sup> Diese Ztschr. 44, 887 [1931].

über 10 bis 20 Zehnerpotenzen erstrecken können! Um zum tieferen Verständnis der Vorgänge zu gelangen, ist es notwendig, die empirisch gefundenen Größen A und B physikalisch verständlich zu machen.

Die an erster Stelle zu behandelnde Ionenleitung läßt sich vor allem an stark polaren chemischen Verbindungen feststellen, z. B. an den Alkalihalogeniden. Es soll aber gleich erwähnt werden, daß sich in Alkalihalogenidkristallen durch künstliche Störung des Gitters auch eine Elektronenleitung erzielen läßt, die zum Verständnis der eigentlichen Elektronenleitfähigkeit sehr beiträgt und die vor allem in den Versuchen von Pohl und Mitarbeitern gezeigt wird. Der ideale Ionenkristall wird bei tiefer Temperatur einen Isolator darstellen, da die regelmäßige Anordnung positiver und negativer Ionen Potentialberge im Gitter hervorruft, die viel zu „hoch“ sind, als daß sie von einem Ion unter der Wirkung eines äußeren elektrischen Feldes überwunden werden könnten. Wenn der Kristall Spalten und Risse enthält, kann man unter Umständen eine „strukturempfindliche“ Leitung bei tiefer Temperatur feststellen, jedoch ist nach neueren Untersuchungen sichergestellt, daß die auf dieser Vorstellung aufgebaute Theorie der „Lockeronen“ von Smekal die meisten Erscheinungen der Ionenleitung nicht zu erklären vermag. Im folgenden wird vor allem die strukturunempfindliche Ionenleitung betrachtet, die bei höherer Temperatur auch in nicht ganz fehlerfreien Kristallen realisiert ist. Zu ihrer Erklärung nimmt man an, daß im Kristall thermodynamisch bedingte Störstellen auftreten. Diese können zweierlei Natur haben. Einmal können Ionen der einen oder der anderen Art ihre Plätze im geordneten Gitter verlassen haben und irgendeinen Platz zwischen den anderen Ionen einnehmen. Dadurch verursachen sie eine starke Störung der regelmäßigen Potentialverteilung. Andererseits bilden die von ihnen hinterlassenen Lücken eine entsprechende Störung, die sich auf das umgebende Potentialgebirge auswirkt. Unter dem Einfluß des äußeren elektrischen Feldes können die Ionen in der Umgebung einer solchen Störstelle das erniedrigte Potentialgebirge überschreiten und den Stromtransport verursachen. Die Bedeutung der Größen A und B kann also folgendermaßen aufgefaßt werden: B ist die Schwellenenergie, die ein Ion benötigt, um seinen Platz zu verlassen, während A von der Beweglichkeit des Einzelions, der Ionenkonzentration und der Ionenladung abhängt und somit die Gesamtzahl der vorhandenen Störungen bestimmt. Die quantitative theoretische Berechnung von A und B mit Hilfe der Kristallgittertheorie führt allerdings noch zu Schwierigkeiten. Bei den Messungen ist zu berücksichtigen, daß in chemischen Verbindungen jede Ionenart verschiedene A- und B-Werte hat, so daß in vielen Fällen nur eine der beiden Ionenarten für den Stromtransport verantwortlich ist.

Viele Erscheinungen der Ionenleitung finden ihre Erklärung durch die Lückengitterleitung. Wenn unter dem Einfluß des äußeren Feldes eine der erwähnten Lücken im Gitter durch ein zunächst gelegenes Ion der entsprechenden Ladung besetzt wird, so ist an dieser Stelle die normale Gitterstruktur wiederhergestellt; dagegen hat das gewanderte Ion eine entsprechende Lücke hinterlassen, die wieder durch ein nächstgelegenes ausgefüllt werden kann. Auf diese Weise wandert sozusagen die Lücke in der entgegengesetzten Richtung. (Näheres über die Ionenleitung bringen die Vorträge von C. Wagner, W. Jost und W. Meyer.)

Zur Untersuchung der Elektronenleitung in Kristallen bieten sich einige zusätzliche Untersuchungsmöglichkeiten, von denen die lichtelektrischen und magnetischen Erscheinungen, die Thermokraft, die Peltierwärme und der Halleffekt genannt werden sollen. Der letztere besteht darin, daß eine vom Strom in einer Richtung durchflossene Platte in der dazu senkrechten Richtung an den Kanten eine elektromotorische Kraft zeigt, wenn senkrecht zur Ebene der Platte ein Magnetfeld wirksam ist. Dieser Effekt gibt durch sein Vorzeichen Auskunft über das Vorzeichen der wandernden Ladungen und durch seine Größe über die Zahl und die Beweglichkeit derselben. Die Fortschritte auf dem Gebiet der Elektronenhalbleiter, die vor allem am Cu<sub>2</sub>O und an anderen Schwermetalloxyden, ferner auch an Sulfiden gemacht sind, lassen sich nach drei Gesichtspunkten darstellen. Eine vorwiegend physikalisch-chemische Betrachtungsweise hat C. Wagner eingeführt, eine theoretische

grundlegende Betrachtungsweise über die energetischen Zustände der Elektronen in Kristallen stammt von F. Hund, eine anschauliche physikalische Deutung wird von Gudden und Schottky gegeben. Der theoretische Grundgedanke ist, daß die Elektronen auch im Kristallgitter nur in bestimmten diskreten Energiezuständen existieren können, ähnlich wie dies in den freien Atomen oder Molekülen der Fall ist. Im Kristall sind diese Zustände keine scharfen Linien mehr, sondern mehr oder weniger breite Bänder, deren Anordnung aber durchaus in derselben Weise erfolgen kann wie die bekannten Termschemata der Atome. Ebenso wie im normalen Atom die inneren Elektronen an den chemischen Reaktionen Anteil haben, kann die Mehrzahl der Elektronen im Kristall am Stromtransport sich beteiligen. Im idealen Metallkristall, z. B. in den Alkalien oder im Silber, befindet sich das Valenzelektron in einem Energiezustand, in dem es quasi frei beweglich ist. Im Halbleiter dagegen und im Isolator sind bei tiefer Temperatur alle Elektronen in dichter Besetzung in Grundzuständen, wo sie nicht frei beweglich sind. Sie müssen durch irgendeinen Anregungsvorgang aus dem vollbesetzten unteren Band in ein höher gelegenes Band gebracht werden, wo sie der Einwirkung des elektrischen Feldes folgen können. Ihren Beitrag zum Stromtransport bezeichnet man mit Überschußleitung. Gleichzeitig kann aber im unteren Band, wo jetzt Elektronen fehlen, eine Wanderung der „Löcher“ stattfinden, ähnlich wie wir sie bei der Ionenlückenleitung beschrieben haben, die sogenannte „Ersatz-“ oder „Defektleitung“. Experimentell gelingt der Nachweis solcher Lückenleitung beim Studium des inneren lichtelektrischen Effektes. Hier bildet die Defektleitung den sogenannten positiven Primärstrom, der wie ein Strom positiver Elektronen erscheint. Der Anstieg der Elektronenleitfähigkeit mit der Temperatur erklärt sich quantitativ durch die Energie, die notwendig ist, um die Elektronen aus dem vollbesetzten unteren Band in das höhere Band zu bringen. Allerdings muß man in Wirklichkeit immer mehrere Energiebänder zur Erklärung heranziehen.

Die von diesen Betrachtungen unabhängige physikalisch-chemische Untersuchung nimmt an, daß in den Halbleitergittern fast immer Abweichungen vom stöchiometrischen Verhältnis der Partner vorliegen. Dadurch entstehen im Gitter elektrische Störungen, die eine Elektronenleitfähigkeit bewirken können. So kann im Cu<sub>2</sub>O, wo die Leitfähigkeit bei hohen Temperaturen sehr stark vom Partialdruck des Sauerstoffs abhängt, ein Überschuß von Sauerstoff die Bildung von CuO bewirken, so daß quasi Elektronen gebunden werden und infolgedessen eine Defektleitung entsteht. In diesem Falle würde der Halleffekt ein anomales Vorzeichen besitzen. Um das komplizierte Verhalten speziell vom genau untersuchten Cu<sub>2</sub>O bei verschiedenen Temperaturen zu verstehen, reicht diese Vorstellung noch nicht aus. Schottky hat darauf hingewiesen, daß die Störstellen nicht nur Elektronen liefern, sondern daß sie auch Elektronen einfangen können. Oberhalb einer gewissen Konzentration von Störstellen sind diese „Akzeptoren“ und „Donatoren“ assoziationsfähig, wodurch eine weitere Temperaturabhängigkeit gegeben ist.

Es wäre außerordentlich wichtig, wenn es gelänge, die hypothetischen Energiebänder im Kristall experimentell festzulegen. Über die erste Ermittlung der Lage dieser Bänder mit Hilfe der Röntgenabsorption wird de Kronig sprechen. Die vielen z. T. einander widersprechenden Ergebnisse, die an Ionen- und Elektronenleitern erzielt wurden, werden in den einzelnen Vorträgen behandelt. Trotz der großen Fortschritte in den letzten Jahren ist auf keinem der Gebiete eine vollständige Klärung erreicht.

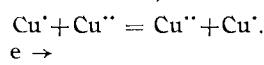
Prof. Dr. E. Pohl, Göttingen: „Elektronen in Alkalihalogenidkristallen.“

Das im vorstehenden Vortrag gegebene Bild wird durch experimentelle Vorführungen erläutert. Ein Kaliumbromidkristall kann durch Behandlung mit Kaliumdampf so weit gestört werden, daß in der Gitteranordnung die Halogenionen z. T. herauswandern und ihre Plätze durch Elektronen besetzt werden. Dadurch entsteht das sogenannte U-Band, das sich durch eine Lichtabsorption im fernen Ultraviolet geltend macht. Im Sichtbaren dagegen ist noch keine Verfärbung vorhanden. Die Zahl der erzielten Störstellen beträgt etwa 10<sup>-4</sup>% aller Halogenionen. Die alkalische Reaktion des Kristalls ist

also schon chemisch nachweisbar. Die U-Zentren können nun in ein höher gelegenes schnelles F-Band übergehen und zwar sowohl durch Erwärmung wie durch Bestrahlung. Dadurch tritt eine blaue Verfärbung des Kristalls ein, denn die F-Zentren absorbieren im Sichtbaren. Das Gleichgewicht zwischen U-Zentren und F-Zentren ist thermodynamisch bedingt. Die Zahl der F-Zentren kann optisch aus der Lichtabsorption bestimmt werden, so daß die Gleichgewichtseinstellung, die bei 600° ziemlich schnell verläuft, quantitativ gemessen werden kann. Der Kristall im U-Zustand zeigt die wesentlichen Halbleitereigenschaften, d.h., er kann durch geeignete thermische oder optische Anregung elektrische Leitfähigkeit gewinnen. Sind die F-Zentren besetzt, so kann man, infolge der durch sie hervorgerufenen Blaufärbung, sowohl die lichtelektrische wie die thermische Leitfähigkeit demonstrieren. Bei Anlegung eines Feldes wandern die Elektronen zur Anode, so daß die durch sie hervorgerufene Verfärbung zuerst an der Kathode verschwindet und entsprechend dem Stromfluß durch den Kristall wandert. Auf diese Weise kann die Beweglichkeit der Zentren direkt ermittelt werden. Auch der träge Einsatz des durch Lichteinstrahlung bewirkten Stromes, seine Abhängigkeit von der Temperatur und von der Feldstärke lassen sich demonstrieren. Die Quantenausbeute bei der Herstellung der F-Zentren beträgt 2. Über weitere Einzelheiten vgl. die folgenden Vorträge von Hilsch, Mollwo und Stasiw<sup>2)</sup>.

Prof. Dr. C. Wagner, Darmstadt: „Fehlordnungserscheinungen im Ionengitter als Grundlage für Elektronen- und Ionenleitung.“

Wie schon in der Übersicht ausgeführt, sind die Ordnungsstörungen im Gitter thermodynamisch bedingt. Frenkel nahm an, daß ein Ion seinen Platz im Gitter verläßt und in den Zwischengitterraum wandert, wodurch zwei Störungen der Potentialverteilung auf einmal eintreten. Schottky hat darauf hingewiesen, daß diese Anordnung bei gleicher Ionengröße und entsprechender Potentialverteilung unwahrscheinlich ist. Er nimmt statt dessen an, daß sowohl positive wie negative Ionen aus dem Gitter herauswandern und außen angebaut werden, so daß im Innern eine gleiche Anzahl von positiven und negativen Lücken entsteht. Die Tatsache, daß im allgemeinen eine Ionenart bevorzugt leitet, läßt sich durch die verschiedene Wanderungsgeschwindigkeit der Lücken erklären. Diese Anschauungen werden durch die Untersuchungen an Schwermetalloxyden gestützt, bei denen sich eine Abweichung vom stöchiometrischen Verhältnis erzielen läßt. So existiert eine Modifikation von FeO, die 9% überschüssigen Sauerstoff enthält. Dieses System ist, thermodynamisch betrachtet, eine feste Lösung, d. h. eine homogene Phase. Wegen der verschiedenen Größe der Ionen ist hier der Einbau des Überschusses in Zwischengitterplätze nach Frenkel vorstellbar. Bei anderen Oxyden lassen sich dagegen Leerstellen im Gitter durch Röntgenmessungen feststellen, z. B. im Wüsttit, wo die Verkleinerung der mittleren Masse durch die Lücken nachweisbar ist. Eine direkte Substitution eines Gitterbausteines durch ein fremdes Atom ist bei Ionengittern wohl auszuschließen, bei metallischen Verbindungen dagegen vermutlich die Regel. Die Ionenleitfähigkeit des CuJ kann als Lückenleitung gut erklärt werden, da sie mit steigender Aufnahme von J<sub>2</sub>, d. h. also bei steigendem Partialdruck von J<sub>2</sub> anwächst. Die Elektronenleitung von solchen gestörten Gittern kann durch die folgende Gleichung, die den Übergang eines Elektrons vom einwertigen zum zweiwertigen Kupferion andeutet, veranschaulicht werden:



Der Einfluß des Partialdrucks eines Bestandteiles läßt sich naturgemäß nur bei hohen Temperaturen untersuchen, wo die Diffusion so groß ist, daß man eine Gleichgewichtseinstellung erwarten kann. Die Untersuchung von Oxyden zwischen 600 und 1000° ergibt etwa folgendes Bild: beim ZnO und CdO fällt die Leitfähigkeit mit steigendem P<sub>O<sub>2</sub></sub>. Hier hat man im normalen Zustand vermutlich einen Überschuß von Metallatomen, die in Ionen und Elektronen dissoziieren, wobei diese die Leitung übernehmen. Durch den steigenden Sauerstoffdruck wird diese Dissoziation zurückgedrängt. Im Cu<sub>2</sub>O, FeO und NiO steigt die

<sup>2)</sup> Vgl. a. Pohl, Zum Mechanismus der Elektrizitätsleitung; diese Ztschr. 47, 587 [1934].

Leitfähigkeit mit wachsendem Sauerstoffdruck. Der elektro-negative Sauerstoff entnimmt dem normalen Gitter Elektronen; durch Nachwandern der Ionen entstehen Defektstellen. Die Bildung von Cu<sup>++</sup> führt nach der obigen Gleichung zur Elektronendefektleitung. Im CuO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ist die Leitfähigkeit unabhängig vom Sauerstoffdruck. Die quantitative Durchrechnung der Leitfähigkeit mit Hilfe der Zahl der Störstellen gelingt erst unter Hinzuziehung der Wellenmechanik. Die Leitfähigkeit des Cu<sub>2</sub>O sollte theoretisch der achten Wurzel des Sauerstoffdruckes proportional sein, während experimentell die siebente Wurzel gefunden wurde. Selbstverständlich gelten bei tiefer Temperatur, wo keine Gleichgewichtseinstellung mehr erfolgt, andere Gesetze, die z. B. im Vortrag von Waibel erläutert werden. Die Unabhängigkeit vom Sauerstoffpartialdruck, wie sie sich beim CuO findet, erklärt sich daraus, daß die stöchiometrische Dissoziation eine gleiche Anzahl von Elektronen und Defektstellen schafft. Bei den meisten Oxyden kann die Vorgeschichte für ihr elektrisches Verhalten von Bedeutung sein.

Prof. Dr. F. Hund, Leipzig: „Theorie der Elektronenbewegung in nichtmetallischen Kristallgittern.“

Die quantenmechanische Theorie vermag in ihrer letzten Ausbildung die Elektronenleitung in Metallen gut zu erklären. Auch das Fehlen der Elektronenleitung im Isolator läßt sich verständlich machen. Die Halbleitung und ihre Abhängigkeit von der Temperatur stellt ein Zwischending zwischen Leiter und Isolator dar. Die Vorstellung der Energiebänder als der möglichen Zustände, in denen die Elektronen existieren können, muß verfeinert werden, um die komplizierten experimentellen Resultate erklären zu können. Im metallischen Leiter ist ein Energieband von Elektronen teilweise besetzt, so daß diese dem angelegten Felde sofort folgen können. Es würde theoretisch eine unendliche Leitfähigkeit resultieren, wenn man nicht die Annahme machen würde, daß auch hier eine Art von Störstellen existiert, die das Elektron, das einen bestimmten Weg zurückgelegt hat, auffangen. In der theoretischen Formel für die Leitfähigkeit  $\sigma = ne \frac{c \bar{I}}{mv}$  steht infolgedessen außer der Zahl, der Ladung und dem Impuls der Elektronen die Größe  $\bar{I}$ , die einer mittleren freien Weglänge entspricht. Die Größe des Halleffektes ist theoretisch der Zahl der Elektronen umgekehrt proportional, kann also zu ihrer Berechnung dienen. Wenn das Energieband, in dem sich die Leitungselektronen befinden, sehr schmal ist, resultiert eine geringe Beweglichkeit und damit eine Art schlechter metallischer Leitfähigkeit wie sie z. B. am FeO und am CoO beobachtet wird. Der einfachste Fall des Halbleiters, wo die tiefen Zustände voll besetzt sind, während die oberen Energiebänder, in denen Leitung stattfinden kann, leer sind und wo die Zahl der Elektronen, die mit steigender Temperatur aus dem Grundzustand in die angeregten höheren Zustände gebracht werden, von dem Energieunterschied zwischen den Bändern abhängt, ist praktisch nie realisiert. Häufig liegen zwischen den breiten noch sehr schmalen Bändern, die unter anderem auch durch Gitterstörungen entstehen können, wenn z. B. Abweichungen vom stöchiometrischen Verhältnis vorhanden sind. Diese schmalen Bänder können ganz oder teilweise besetzt werden und können auch Elektronen an ein höher gelegenes breites Band abgeben, so daß sie Überschuß- und Defektleitung bewirken können. Dieser Fall ist wahrscheinlich im künstlich gestörten Alkalihalogenidgitter realisiert, das in den Vorträgen von Pohl und seinen Schülern behandelt wird. Die dort besprochenen U- und F-Bänder sind solche schmalen Energiezustände, die als solche nicht in der Lage sind, Leitung der Elektronen durch das Ionengitter zu bewirken. Dicht über dem F-Band liegt ein breites Energieniveau, das bei thermischer oder optischer Anregung die Elektronen aus dem F-Band aufnehmen kann und dadurch Leitung bewirkt. In diesem besonders übersichtlichen und in einigen anderen Experimenten kann von einer Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment gesprochen werden.

Prof. Dr. R. de L. Kronig, Groningen: „Beiträge der Röntgenanalyse zur Frage der Elektronenterme in Ionengittern.“

Es gibt eine Möglichkeit, durch Messung der Absorption des Röntgenkontinuums im Kristall einen Anhaltspunkt über die Lage der erwähnten Energiebänder zu erhalten. Im un-

gestörten Atom führt die Absorption der Röntgenstrahlen zur Entfernung eines inneren Elektrons aus dem Atomverband. Man beobachtet eine kontinuierliche Absorption mit einem scharfen Einsatz im Langwelligen, denn sofern die Energie überhaupt zur Abtrennung des Elektrons ausreicht, kann dieses jeden beliebigen Energieüberschuss aufnehmen. Wenn sich das Atom aber im Gitterverband befindet, so kann das Elektron offenbar nicht aus dem Kristall herausgelangen und muß infolgedessen in einer der diskreten Energiebänder gelangen, die wir oben betrachtet haben. Infolgedessen kann man keinen gleichmäßigen Verlauf des Absorptionkontinuums erwarten. Statt dessen wird man Maxima und Minima in Kontinuum erhalten, deren Abstände von den Energiedifferenzen der Bänder und ihrer Breite abhängen. Die experimentellen Untersuchungen von Coster und seiner Schule bestätigen dieses Bild. Leider komplizieren sich die Verhältnisse dadurch, daß die beiden Bausteine des Gitters verschiedene Absorptionen bewirken, die sich überlagern. Durch Reihenuntersuchung am KCl, KBr und KJ und an anderen homologen Kristallen kann man diese Einflüsse ausschalten. Die Änderung des Gitterabstandes und damit der Energiebänder in ein und denselben Gitter, die z. B. durch Einbau von Kristallwasser oder durch Umwandlung in ein anderes Kristallsystem vor sich geht, macht sich auch in der Modulation des Absorptionkontinuums geltend. Trotzdem ist die Auswertung der experimentell gefundenen Maxima und Minima für die Lage der Energiebänder schwierig, da die Gesamtenergie, die zur Entfernung eines Elektrons aus der innersten (K) Schale gehört, relativ sehr groß ist gegenüber dem Abstand der Energiebänder voneinander. Die Messung der kontinuierlichen Absorption im langwelligeren Gebiet kann evtl. genaueren Aufschluß liefern.

#### Einzelvorträge<sup>3)</sup>.

Dr. R. Hilschi, Göttingen: „Thermische Bildung von Farbzentr. und deren Lebensdauer.“

Entsprechend den Ausführungen von Pohl wird eine quantitative Bestimmung des Gleichgewichts zwischen U- und F-Zentren zwischen 400 und 650° vorgenommen. Bei 600° sind etwa 7% F-Zentren entstanden. Durch Einstrahlung läßt sich eine überthermische Konzentration der F-Zentren erreichen, die exponentiell mit einer Halbwertszeit von 10 sec bei 500° abklingt. Das Gleichgewicht zwischen U- und F-Zentren in Abhängigkeit von der Temperatur ist durch die Formel

$$\frac{N_F}{N_U} = A e^{-\frac{1.1 \text{ eV}}{KT}}$$

darstellbar.

Dr. O. Stasiw, Göttingen: „Thermische Diffusion der Farbzentr. in KCl-Kristallen bei verschiedenen Temperaturen.“

Die Diffusion der Farbzentr., die in einer Kristallplatte erzeugt sind, wird quantitativ verfolgt. Sie ermöglicht die Berechnung der Beweglichkeit dieser Zentren. Durch Vergleich verschiedener Gitter wird festgestellt, daß die positive Ladung der Ionen oberhalb von 700° keinen Einfluß mehr auf die Diffusionsgeschwindigkeit hat, daß also die Elektronen bei dieser Temperatur die Potentialberge ohne Schwellenenergie überwinden.

Dr. E. McIlwo, Göttingen: „Elektrizitätsleitung in Schmelzen von Alkalizälen mit einem stöchiometrischen Überschuß von Alkalimetall.“

Die Beweglichkeit der Farbzentr. bei hoher Temperatur wird mit dem Verhalten von freiem Alkalimetall in der Alkalihalogenidschmelze verglichen. Es stellt sich heraus, daß das Alkalimetall atomar in Lösung geht und daß die Elektronenleitfähigkeit in der Schmelze hinter der Leitfähigkeit der Ionen zurückbleibt. Die Beweglichkeit der Elektronen in der Schmelze muß demnach mindestens dreimal kleiner sein als im Kristall.

Dr. Wilfried Meyer, Berlin: „Über die Leitfähigkeit von Oxyden.“

An 130 verschiedenen Widerstandskörpern, die u. a. aus ZnO, WO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, UO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bestanden, wird die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Temperatur zur Bestimmung der Größe A untersucht, da auf Grund früherer Arbeiten die Ver-

mutung bestand, daß diese eine allgemein gültige Konstante sei. Es stellte sich jedoch heraus, daß der Zahlerwert von A zwar besonders häufig zwischen 4 und 10 liegt, doch ergeben sich beträchtliche systematische Abweichungen, die nicht auf Einflüsse zweiter Art zurückgeführt werden können. Infolgedessen ist anzunehmen, daß A in irgendeiner Weise mit der Zahl N der für den Leitungsmechanismus zur Verfügung stehenden Elektronen verknüpft ist. Zur Nachprüfung wurde in verschiedenen Proben die Leitfähigkeit durch Sauerstoffentzug bei hoher Temperatur bis zu 20 Zehnerpotenzen geändert und bei tiefer Temperatur gemessen. An diesen Proben wurde die A-Konstante neu bestimmt. Es zeigte sich, daß A für sehr hohe Widerstände groß ist, mit sinkendem Widerstand abnimmt und dann wieder ansteigt. Am Titandioxyd ist der Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und der Elektronenzahl N aus folgenden Zahlen ersichtlich:

Leitwert:	Zahl der Elektronen N/cm <sup>3</sup>
4 Ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>	20 · 10 <sup>20</sup>
0,8 „ „	4
0,1—0,2 „ „	0,3

Der Übergang vom Halbleiter zum Metall kann durch eine glatte Kurve dargestellt werden, wenn man log N gegen log σ für Materialien vom ausgesprochenen Halbleiter bis zum reinen Metall aufträgt. Dies wird an der Reihe TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, W<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mo<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>1,75</sub>, Cu, Ag gezeigt. Die Elektronenleitung im Metall und im Halbleiter ist also im Prinzip gleicher Natur. Dadurch wird die Hypothese von der bevorzugten Leitung von Elektronen, welche an freien Oberflächen im Halbleiter sitzen, widerlegt, denn in den letzten der angeführten Materialien gehört zu jedem Atom ein Leitungselektron. In der Praxis haben keramische Massen aus UO<sub>2</sub> bereits eine ausgedehnte Verwendung als Material für Hochohmwiderstände gefunden.

Dr. G. Mönch, Erlangen: „Volumen- und Grenzflächenanteile bei den thermo- und lichtelektrischen Effekten am Element Metall-Halbleiter-Metall.“

Die Bestimmung der Thermo-Spannung und der Peltierwärme am Cu<sub>2</sub>O bestätigt die Vorstellung von der Defektleitung, unter deren Voraussetzung das Ergebnis berechnet werden kann. An der Grenze Cu<sub>2</sub>O-Metall tritt kein besonderer Effekt auf, wenn keine Sperrsicht vorhanden ist.

Dr. W. Jost, Hannover: „Berechnung der Größe und Druckabhängigkeit von Ionen-Fehlordnungsenergien und Beweglichkeiten in Kristallen.“

Die Berechnung der Fehlordnungsenergie, d. h. also nach der Vorstellung von Schottky der Schaffung von Löchern im Gitter durch Herausführen der Ionen gelingt mit guter Näherung, wenn man den Polarisationseinfluß der Ionen berücksichtigt, welcher in den Alkalihalogeniden  $\frac{2}{3}$  der Gitterenergie zu kompensieren vermag. Ob die Theorie von Schottky oder von Frenkel, welche Zwischengitterionen annimmt, zutrifft, läßt sich bei Kenntnis der Gitterkräfte voraussagen. Die Größe des A-Faktors läßt sich ebenfalls abschätzen. Die Schwellenenergie, welche zum Nachrücken der Ionen in die Lücken notwendig ist, also die Wanderung der Lücken bedingt, muß temperaturabhängig sein. Außerdem müssen hier auch die aus der Gittertheorie von Born bekannten Abstoßungskräfte wirksam werden, so daß eine Druckabhängigkeit der Leitfähigkeit zu erwarten ist. Eine zweite Druckabhängigkeit folgt aus der Vorstellung von Schottky, daß die Ionen, die das Gitter verlassen, außen angebaut werden.

Dr. F. Waibel, Berlin-Siemensstadt: „Die Leitfähigkeit des Kupferoxyduls im Gleichgewicht mit seinen Nachbarphasen.“

Die Leitfähigkeit des Cu<sub>2</sub>O kann durch gelösten Sauerstoff über acht Zehnerpotenzen variiert werden. In den Versuchen wurde das Gleichgewicht zwischen O<sub>2</sub> und Cu<sub>2</sub>O, das sich bei Temperaturen unterhalb von 400° sehr langsam einstellt, eingefroren und die Leitfähigkeit der abgeschreckten Proben gemessen, nachdem das restliche Kupfer entfernt war. Zwischen 400 und 500° ist ein Maximum der Leitfähigkeit feststellbar, gleichgültig ob die Probe mit Kupferoxydul oder mit Kupfer im thermischen Gleichgewicht war. Die Bildung der Sperrsicht an der Grenze Cu—Cu<sub>2</sub>O ist durch den rasch wachsenden Cu-Gehalt gekennzeichnet. Je nach der Einstellungstemperatur

<sup>3)</sup> Vgl. Pohl, diese Ztschr. 45, 556 [1932].

hat diese Übergangsschicht eine Dicke von  $10^{-4}$  bis  $10^{-6}$  mm. Die Entstehung der Sperrsicht, die für den Gleichrichter- und den Photoeffekt bestimmend ist, läßt sich durch Sauerstoffentzug bei  $1000^{\circ}$  völlig verhindern.

Prof. Dr. A. Gehrtz, Berlin: „Glihelektronenemission und Elektronenleitung fester Körper.“

Die A-Konstante der Richardson-Gleichung für die Glüh-emission reiner Metalle hat für gute Leiter immer einen Wert, der nahe an 60 liegt. Bei Oberflächenkathoden läßt sich, vermutlich infolge der Dipolwirkung der Schicht, eine Erniedrigung der Austrittsarbeit erzielen, so daß der Wert von A bis auf 3 herabsinkt.

Dr. H. Lueder und Dr. E. Spenke, Berlin-Siemensstadt: „Über den Einfluß der Wärmeableitung auf die elektrischen Eigenschaften von temperaturabhängigen Widerständen.“

Für verschiedene Heiß- und Kaltleiter werden die Stromspannungskurven bestimmt und die Abhängigkeiten von der Art der Kühlung (frontale und radiale Kühler) angegeben. Die Ersatzschemen für diese Leiter werden diskutiert.

### S o n d e r s i t z u n g .

Vorsitz: P. P. Ewald.

Prof. Dr. Alexander Götz, Pasadena:

### „Gruppenphänomene in Metallkristallen.“

Die Eigenschaften der Metalle im kristallinen Zustand haben gewisse Analogien zum Halbleiter, wie er im Bericht von Gudden beschrieben worden ist. Wenn es auch bis heute noch nicht möglich ist, den mechanischen Eigenschaften der Metalle und der Legierungen von der theoretischen Seite her beizukommen, so muß man doch bei der Aufstellung von Arbeits-hypothesen, die den metallischen Zustand betreffen, außer den elektrischen und magnetischen auch die mechanischen Eigen-schaften heranziehen. Danach scheint es notwendig zu sein, auch für den Einkristall des reinsten Metalls eine Art Mosaik-struktur anzunehmen. Über die Art dieser Struktur existieren zahlreiche einander widersprechende Theorien, deren experimentelle Nachprüfung außerordentlich schwierig ist. Es ist nämlich bisher unmöglich gewesen, aus der plastischen Verformung auf eine bestimmte Mosaikstruktur zu schließen. Es bestünde die Möglichkeit, daß der Einkristall durch zufällige Spalten und Risse unterteilt ist, die lediglich entsprechend dem Kristall-system in bestimmten Richtungen bevorzugt sind. Es wäre aber auch denkbar, daß eine Unterteilung in Mikrokristalle thermodynamisch durch größere Stabilität ausgezeichnet ist. Im folgenden soll als reine Arbeitshypothese der Begriff der Gruppe als Elementarbaustein eingeführt werden, wobei jede Gruppe in ihren Ebenen kristallographisch festgelegt ist und ein bestimmtes konstantes Elementarvolumen darstellt, das etwa  $10^6$  bis  $10^7$  Atome enthält und dementsprechend eine Kantenlänge von 1 bis  $1,5 \mu$  besitzt. Die Notwendigkeit dieser Hypothese soll durch die folgenden Versuche dargetan werden. Ihre Entstehung läßt sich besonders gut an solchen Metallen zeigen, deren kristalliner Aufbau nicht regulär ist und die infolgedessen beim Übergang von der flüssigen in die feste Phase eine besonders große räumliche Umlagerung der Atome vornehmen müssen. Man kann sich vorstellen, daß solche Metalle beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand kurz vor dem Erstarren eine innere Struktur anzunehmen beginnen. Die einzelnen Kristallite fangen an, sich zu orientieren, noch ehe sie miteinander verwachsen. Diese „Mesophase“ kann sich unter Umständen über ein Temperatur-gebiet von 2 bis  $120^{\circ}$  erstrecken. Man findet sie bei den Metallen, die auch zur Unterkühlung neigen, vor allem beim As, Sb, Bi, Se, Te und Ga. In ihnen ist der Energieunterschied zwischen der flüssigen und der festen Phase besonders groß. Die Ausbildung der festen Kristallite, die nach statistischen Gesetzen erfolgt, läßt sich mit der Tröpfchenbildung bei der Konden-sation von Dämpfen vergleichen. Ob auch in diesem Falle die Fremdatome, deren Anwesenheit selbst bei größter Reinigung nicht auszuschließen ist, als Keime wirken, ist nicht festzu-stellen. Die späteren Untersuchungen ergeben, daß diese Fremdatome nach bestimmten Gesetzen an den einzelnen Grenzflächen der Kristallite angelagert werden.

Zum Nachweis der Gruppenstruktur kann die Methode der Oberflächenätzung benutzt werden. Allerdings müssen beson-

dere Vorsichtsmaßnahmen angewendet werden, da andernfalls durch die Wirkung der Verunreinigungen Lokalelemente entstehen, die gröbere Effekte verursachen und die Struktur verwischen. Sehr gut bewährt hat sich die elektrolytische Abätzung, in der der Einkristall als Anode dient. Der Vorgang läßt sich unter dem Mikroskop auch kinematographisch verfolgen. Man erkennt deutlich, daß die immer wieder auftretende kleinste Ätzfigur, die noch sehr gut zu beobachten ist, einen Durchmesser von  $1,4 \mu$  hat. Demnach scheint also, daß beim Bi die Periode der Gruppenstruktur  $1,4 \mu$  beträgt. Die Aus-wirkung der Gruppenstruktur auf die physikalischen Eigen-schaften des Metalls läßt sich offenbar erst dann sicher feststellen, wenn die Einkristalle, mit denen man arbeitet, so klein sind, daß ihre Dimensionen von derselben Größenordnung sind, wie die der Gruppen selber. An so kleinen Kristallen ließen sich bisher am besten die magnetischen Eigenschaften untersuchen. Zu diesem Zweck wurden Metallpulver hergestellt und sehr sorgfältig ausgesiebt. Präparate gleicher Teilchengröße wurden in Gelatine suspendiert. An verschiedenen Proben mit stei-gender Teilchengröße wurde die magnetische Suszeptibilität gemessen. Tatsächlich ergab sich, daß bei einer Teilchengröße von etwa  $1 \mu$  die Suszeptibilität einen konstanten Wert annimmt. Diese Größe des Idealkristalls ist unabhängig von der Temperatur. Es scheint demnach, daß die Ausbildung der Gruppenstruktur nicht thermodynamisch bedingt ist. Die Ausrichtung der einzelnen Idealkristalle im Magnetfeld innerhalb der Suspension läßt sich an Aufnahmen von Graphit-kristallchen auch photographisch wiedergeben.

Es ist sehr interessant, daß diese indirekte Methode der magnetischen Untersuchung die Wirkung minimaler Verunreinigungen so deutlich zeigt, daß sich auf dieser Grundlage ein Verständnis für dieses schwierige Phänomen erzielen läßt. Die Experimente zeigen, daß ein Zusatz von  $0,1\%$  eines Fremdmetalles eine ganz beträchtliche Änderung in der magnetischen Anisotropie, d. h. also in der Suszeptibilität bei verschiedenen Richtungen des magnetischen Felds, bewirkt. Eine weitere Steigerung der Verunreinigung hat auf diese Erscheinung fast keinen Einfluß mehr. Interessanterweise bewirken alle Fremdmetalle, die rechts von dem betreffenden Metall im Periodischen System stehen, eine Änderung der Anisotropie im entgegengesetzten Sinne als die Metalle, welche links im Periodischen System stehen. Zur Erklärung muß man annehmen, daß die Fremdatome quantitativ an den Grenz-flächen der Gruppen angebaut werden. Dadurch wird die Größenordnung ihrer Wirksamkeit sofort erklärt. Die ver-schiedene Wirkung der elektropositiven und der elektro-negativen Metalle resultiert daher, daß die einen in der Ebene parallel zur Hauptachse, die anderen in der dazu senkrechten angelagert werden. Die Berechnung der Ebenengröße aus der „Sättigungskonzentration“ führt ebenfalls zu Werten von 0,5 bis zu  $1,4 \mu$  Durchmesser. Diese Ebenenbedeckung durch sehr kleinen Fremdmetallzusatz hat sich durch eine zweite unabhängige Methode nachweisen lassen, indem man als Fremdmetall das radioaktive Polonium benutzt hat. Auch hier zeigt sich, daß bei einer bestimmten prozentualen Verunreinigung, die einer vollständigen Flächenbedeckung der Mikrokristalle entspricht, ein kritischer Wert der radioaktiven Enmission zu beobachten ist.

Durch die vorliegenden Untersuchungen wird wenigstens für die irregulären Metallkristalle die Gruppenstruktur sehr wahrscheinlich gemacht. Die Meßmethoden sollen in Zukunft auch auf die elektrischen und mechanischen Eigenschaften ausgedehnt werden.

### II. [Hauptthema: Ultrastrahlung und Kernphysik.]

Leiter: W. Bothe, E. Regener.

### Zusammenfassender Vortrag.

Prof. Dr. P. M. S. Blackett, London:

### „Zum Ultrastrahlungsproblem.“

Die Methoden, mit denen die kosmische Ultrastrahlung — bisher „Höhenstrahlung“ genannt — gemessen wird, beruhen alle auf der Ionisationswirkung. Die Ionisationskammer, die jetzt meistens mit komprimierten Gasen (Argon) gefüllt wird, mißt elektrostatisch die gesamte Ionisationswirkung, gibt also

in erster Linie die Energie der einfallenden Strahlung. Die *Wilson-Kammer* gestattet auch eine Richtungsbestimmung der Teilchen. Energie- und Ladungsvorzeichen können mit der *Wilson-Kammer* festgestellt werden, indem man sie in ein starkes Magnetfeld bringt, durch das die Teilchen abgelenkt werden. Die Methoden, die das *Geiger-Müllersche Zählrohr* benutzen<sup>4)</sup>, dienen besonders zur Messung der Richtungsverteilung der einfallenden Strahlen und zur Reichweitenbestimmung. Zu Reichweiten- und Absorptionsmessungen werden zwischen den Zählrohren entsprechende Filter, meist aus Blei oder Eisen, angebracht. Die Intensität der Ultrastrahlung ist in Abhängigkeit von der Sternzeit, der geographischen Breite und Länge und der Höhe über dem Meeresspiegel mit möglichster Genauigkeit bestimmt worden. Es scheint, daß keine Abhängigkeit von der Tageszeit besteht, daß also die Strahlung aus allen Richtungen des Weltalls mit gleicher Intensität zu uns gelangt<sup>5)</sup>. Für diese Isotropie der Strahlung besitzen wir noch keine Erklärung. Die Abhängigkeit der Intensität von der Höhe über dem Meeresspiegel ist besonders von *Regener* und seinen Mitarbeitern durch Ballonversuche bestimmt worden<sup>6)</sup>. Es ergibt sich ein Anstieg der Intensität auf das 200fache, wenn der (unbemannte) Ballon eine Höhe von 14 km erreicht, die 100 mm Hg Druck entspricht. Es findet also eine starke Absorption der Strahlung in der Atmosphäre statt.

Die Abhängigkeit der Intensität der Ultrastrahlung von der geographischen oder besser von der magnetischen Breite, die eindeutig festgestellt ist, zwingt zu der Annahme, daß die Strahlung außerhalb unserer Erdatmosphäre aus geladenen Teilchen besteht und durch die Wirkung des Erdmagnetfeldes abgelenkt wird. Für die Berechnung dieser Ablenkung läßt sich die von *Störmer* schon 1914 aufgestellte Theorie des Nordlichts anwenden. Danach müssen die geladenen Korpuskeln eine Energie von über  $10^{10}$  Elektronenvolt (eV) besitzen. Nur die energiereichsten Teilchen können zum Äquator gelangen. Außerdem ist noch ein Längeneffekt zu erwarten, der experimentell bestätigt scheint und aus dem eine größere Dichte der Ultrastrahlung in Asien gegenüber Amerika resultiert. Die genaueren Untersuchungen über die Zunahme der Ultrastrahlung mit der Höhe über dem Meeresspiegel einerseits, die Messungen in größeren Wassertiefen und in Bergwerken andererseits und schließlich die Absorptionsbestimmungen im Blei ergeben, daß die Strahlung nicht einheitlich sein kann, da die magnetische Ablenkung und die Durchdringung nicht übereinstimmen. Weiche und harte Anteile lassen sich mit Sicherheit unterscheiden. Wegen der Umwandlungen der Primärstrahlung, die bei Auftreffen auf Materie zu positiven und negativen Elektronen, zu Protonen, Alphateilchen und Gammastrahlen führen kann, ist es sehr schwer, eine alle Resultate deutende Theorie für die Zusammensetzung der Primärstrahlung aufzustellen. Es scheint sichergestellt, daß diese aus positiven und negativen Teilchen besteht, obwohl ein kleiner Prozentsatz von sehr harter Gammastrahlung nicht auszuschließen ist. Ob die geladenen Teilchen nur Positronen und Elektronen sind, wie *Auger* annimmt, oder ob sie nach *Comptons* Theorie auch aus  $\alpha$ -Teilchen und Protonen bestehen, läßt sich nicht entscheiden, ehe nicht die Sekundärprozesse experimentell und theoretisch genauer untersucht sind. Wegen der Unmöglichkeit, Teilchen von so hoher Energie im Laboratorium herzustellen, wissen wir nicht, wie groß der Stoßquerschnitt solcher Teilchen bei Zusammentreffen mit Atomkernen oder Elektronen ist und welche Sekundärprozesse eintreten können. So vermag ein Elektron beim Auftreffen auf einen Kern einen  $\gamma$ -Strahl auszulösen und mit entsprechend verminderter Energie und (wenig veränderter Richtung) weiterzufliegen. Das  $\gamma$ -Photon seinerseits kann sich beim Auftreffen auf einen Kern in ein positives und ein negatives Elektron verwandeln, also ein Paar von geladenen Teilchen erzeugen. Dieser wichtige Prozeß der Umwandlung eines Lichtquants in zwei Teilchen läßt sich leider in der *Wilson-Kammer* nicht beobachten; statt dessen sieht man zuweilen eine sogenannte Schauerbildung von geladenen Teilchen, in der von einer Stelle einige hundert Positronen und Elektronen ausgehen,

<sup>4)</sup> Vgl. *Kohörster*, diese Ztschr. **46**, 614 [1933].

<sup>5)</sup> Siehe jedoch die Vorträge von *M. Forró*, *A. Ehmert* und *Heß*, diese Ztschr. **47**, 834 [1934].

<sup>6)</sup> Vgl. *Regener*, diese Ztschr. **46**, 735 [1933], **48**, 141 [1935].

deren Gesamtenergie von  $10^{10}$  eV gleich der eines einzigen Ultrastrahls ist. Es wäre also möglich, daß die geschilderte Paarerzeugung viele Male sehr rasch hintereinander erfolgt. Leider sind diese Schauer noch zu wenig photographiert.

#### Einzelvorträge:

**Dr. H. Kulenkampff**, München: „Beobachtungen über den Durchgang von Ultrastrahlungskorpuskeln durch Materie.“

Durch Koinzidenzmessungen mit zwei Zählrohren wird die Absorption der Ultrastrahlung im Blei und im Eisen untersucht. Es zeigt sich, daß die Absorption der Masse proportional ist. Wird das absorbierende Medium nicht zwischen den beiden Zählrohren, sondern über diesen angebracht, so kann man die Entstehung einer zusätzlichen Sekundärstrahlung, offenbar einer  $\gamma$ -Strahlung, beobachten, deren Absorptionskoeffizient noch nicht festzulegen ist.

**Dr. W. Messerschmidt**, Halle: „Untersuchungen der Ionisation durch Ultrastrahlung mit einer Doppelkammer.“

Vortr. berichtet über eine neue Ionisationskammer von 1,30 m Länge und 70 l Inhalt, die in der Mitte durch Bleibleche geteilt werden kann, so daß mit zwei Elektrometern auch Koinzidenzen festgestellt werden können. Von 120 Stößen treten nur 20 bei senkrechter Stellung der Kammer in beiden Hälften der Kammer gleichzeitig auf. Es sind also viele schräge Strahlen vorhanden. Aus der Häufigkeit der Stöße und der „Schauer“ ergibt sich, daß die einfache Aufspaltung eines Ultrastrahls und die Entstehung der Schauer verschiedene Mechanismen haben müssen.

**Aussprache:** Es wird darauf hingewiesen, daß die Koinzidenz im Zählrohr und in der doppelten Ionisationskammer nicht verglichen werden dürfen.

**Dr. J. Barnóthy** und **Dr. M. Forró**, Budapest: „Messung der solaren Komponente der Ultrastrahlung.“

Mit einer Koinzidenzapparatur von kleinem Öffnungswinkel wurden Messungen über sechs Monate ausgeführt, um festzustellen, ob ein besonderer Anteil der Ultrastrahlung aus der Richtung der Sonne kommt. Die sehr sorgfältig durchgeführten Versuche zeigen ein sehr schwaches „Mittagsmaximum“. Die Umrechnung auf die Sternverteilung im Weltraum würde ergeben, daß sich die Sonne in bezug auf die Emission von kosmischer Strahlung etwa wie ein Stern zweiter Größe befindet.

**Prof. Dr. E. G. Steinke**, Königsberg: „Ultrastrahlung und Nova Herculis?“

Um die Vermutung, daß die Ultrastrahlung mit der Entstehung von sogenannten Novae verknüpft sei, nachzuprüfen, wurden beim Auftreten der Nova Herculis an verschiedenen Orten und in verschiedenen Höhen sorgfältige Messungen über einen Anstieg der mittleren Ultrastrahlung vorgenommen. Wegen der hohen Energie der kosmischen Strahlung kann man erwarten, daß diese nur wenige Sekunden später als das Licht von ihrem Entstehungsorte zu uns gelangt. Die Auswertung der Versuche in Dublin, Innsbruck, Kapstadt und Königsberg zeigt nach Anbringung der notwendigen Korrekturen, die vor allem in einer Berücksichtigung der Barometerschwankungen begründet sind, keinen Effekt, der auf eine Wirkung der Nova Herculis hinweist.

**Aussprache:** Barnóthy erklärt, daß auch er keinen Novaefekt beobachten konnte.

**Prof. Dr. H. Regener** und **Dr. G. Pfotzer**, Stuttgart: „Messung der Ultrastrahlung mit Zählrohrkoinzidenzen in der Stratosphäre“<sup>7)</sup>.

Es wird ein ausführlicher Bericht über die Messungen mit dem unbemannten Registrierballon gegeben. In der Gondel ist eine Anordnung von dreimal drei Zählrohren enthalten, mit denen durch Koinzidenzmessungen mit Hilfe von getrennten Verstärkern Intensität und Richtungsverteilung festgestellt werden können. Der Anstieg der Intensität mit fallendem Luftdruck zeigt bei etwa 200 mm Hg einen Buckel, der auf ver-

<sup>7)</sup> Vgl. *Regener*, Physikalische Messungen in der Stratosphäre, diese Ztschr. **48**, 141 [1935].

schiedene Zusammensetzung der Strahlung zurückgeführt wird, und ein Maximum bei 100 mm. Der folgende steile Abfall der Intensität, der bis zu 40 mm Hg verfolgt werden konnte, läßt sich noch nicht deuten. Die Richtungsverteilung der Intensität um den Zenith scheint ein Maximum bei  $70^\circ$  zu ergeben. Die bisher erreichte Höhengrenze beträgt 24 km.

Dr. A. Elimert, Stuttgart-Friedrichshafen: „Zum Richtungseffekt der Ultrastrahlung.“

Die Hauptschwierigkeit bei den Messungen der Richtungsverteilung liegt darin, daß bei engem Einfallswinkel die Zahl der Koinzidenzen so klein wird, daß die statistischen Schwankungen sehr groß werden und infolgedessen die Versuche über sehr lange Zeiten erstreckt werden müssen. Dann werden aber wieder die Korrekturen durch die barometrischen Schwankungen unverhältnismäßig groß. Bei großem Öffnungswinkel dagegen kann die Richtungsverteilung nur ungenau bestimmt werden. Vortr. versucht durch Anwendung eines besonderen Rechenverfahrens die statistischen Schwankungen möglichst auszuschalten und glaubt danach eine Abhängigkeit der Intensität der kosmischen Strahlung von der Sternzeit feststellen zu können, die pro Tag 4 Maxima bewirkt.

Dr. F. Weischedel, Stuttgart-Friedrichshafen: „Eine Methode zur Registrierung Hoffmannscher Stöße.“

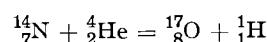
Zur Registrierung von Hoffmannschen Stößen in der Ionisationskammer wird ein photographisches Verfahren entwickelt, in dem die Bewegung des Elektrometerfadens laufend registriert wird. Der Apparat wird, um Ultrastrahlung auszuschalten, in 130 m Wassertiefe mit Radiumpräparaten geprüft und geeicht.

#### Zusammenfassender Vortrag.

Prof. Dr. W. Bothe, Heidelberg:

„Arten und Wege der künstlichen Atomumwandlung“<sup>8)</sup>.

Die erste künstliche Atomumwandlung gelang Lord Rutherford im Jahre 1919, als er bei Beschießung von Stickstoff mit  $\alpha$ -Teilchen Wasserstoff erhielt. Die Gleichung:



in der die untenstehenden Indices die Kernladungszahlen und die obenstehenden die Atomgewichte bedeuten, wird in abgekürzter Form  ${}_{\alpha}^{14}\text{N}(\alpha, p){}_{\beta}^{17}\text{O}$  geschrieben, wobei in der Klammer an erster Stelle das eingestrahlte Teilchen und an zweiter Stelle das emittierte steht. In den letzten drei Jahren ist eine außerordentlich rasche Entwicklung des Gebietes eingetreten, so daß man von einer Kernchemie sprechen kann. Man beobachtet bei den Kernumwandlungen in Emission Protonen (p),  $\alpha$ -Teilchen, Neutronen (n) und  $\gamma$ -Strahlen. Die Energie, mit der die Emission erfolgt, ist nicht beliebig, sondern zeigt diskrete Werte, so daß man in Analogie zu den Atomspektren von einer Spektroskopie des Atomkerns sprechen kann.

Als Geschosse für die Atomumwandlung können außer den  $\alpha$ -Teilchen Neutronen, Protonen und Deuteronen (d) dienen. Die künstliche Herstellung der beiden letzten in Form hochbeschleunigter Kanalstrahlen haben Cockcroft und Walton zuerst angegeben. Augenblicklich wird auf verschiedenste Weise versucht, die Intensität und die Energie dieser Strahlen zu steigern. Die Neutronen sind für die Kernumwandlung besonders wirksam, da sie keine Ladung besitzen und deswegen beim Eindringen in den Kern keine Potentialschwelle zu überwinden brauchen. Außerdem ist noch eine Kernumwandlung durch  $\alpha$ -Strahlen möglich, also eine Art Kernphotoeffekt, bei dem allerdings kein Elektron, sondern ein Neutron emittiert wird. Nach der Primärumwandlung werden häufig Folgereaktionen beobachtet, die genau dem Verhalten radioaktiver Elemente entsprechen<sup>9)</sup>. Der hergestellte Kern ist instabil und emittiert infolgedessen  $\beta$ -Strahlen. Allerdings wird in vielen Fällen auch die Emission von positiven Elektronen beobachtet. Im einzelnen kann man folgende Reaktionstypen unterscheiden:

<sup>8)</sup> Vgl. vor allem P. Debye, diese Ztschr. 48, 381 [1935]; ferner Erbacher u. Philipp, ebenda S. 410.

<sup>9)</sup> Vgl. Fermi, Nature 133, 898 [1934]; s. a. I. Noddack, diese Ztschr. 47, 653 [1934].

1. Austausch: Das klassische Beispiel ist die Stickstoffumwandlung von Rutherford, bei der ein  $\alpha$ -Teilchen eingeschossen wird und ein Proton emittiert wird ( $\alpha, p$ ). Die Reaktion ( $\alpha, n$ ) ist historisch gleichfalls bedeutsam, denn sie führte Chadwick zur Entdeckung des Neutrons nach der Gleichung  ${}_{\alpha}^{9}\text{Be}(\alpha, n){}_{\beta}^{12}\text{C}$ . Die Reaktion ( $p, \alpha$ ) stellt die erste künstliche Kernumwandlung dar, die Cockcroft und Walton im Laboratorium von Lord Rutherford bei der Beschießung von Lithium mit Protonen erzielten:  ${}_{\beta}^{7}\text{Li}(p, \alpha){}_{\alpha}^{4}\text{He}$ . Auch die Reaktionen ( $n, \alpha$ ) und ( $n, p$ ) sind beobachtet. Interessant sind die Austauschreaktionen mit Deuteronen, die nach den Gleichungen:  ${}_{\beta}^{2}\text{H}(d, n){}_{\alpha}^{3}\text{He}$  und  ${}_{\beta}^{2}\text{H}(d, p){}_{\beta}^{3}\text{H}$  die Isotope  ${}_{\alpha}^{3}\text{He}$  und  ${}_{\beta}^{3}\text{H}$  liefern, welche stabil zu sein scheinen. Die  $\gamma$ -Strahlen, die bei manchen dieser Prozesse emittiert werden, röhren offenbar von den durch die Reaktion angeregten Kernen her, denn ihre gleichzeitige Emission konnte von Bothe und v. Baeyer durch die Koinzidenzmethode nachgewiesen werden.

Ein zweiter Reaktionstyp ist die Anlagerung, die gemäß dem Schema ( $p, \gamma$ ) und ( $n, \gamma$ ) verläuft. In diesen Fällen wird die Bindungsenergie und evtl. auch die kinetische Energie des Geschosses als  $\gamma$ -Strahlung emittiert. Für den ersten Prozeß sei als Beispiel die Umwandlung von Kohlenstoff in ein radioaktives Stickstoffisotop nach der Gleichung:  ${}_{\beta}^{12}\text{C}(p, \gamma){}_{\beta}^{13}\text{N}$  angeführt. Die Anlagerung von Neutronen, die zuerst von Fermi studiert wurde, ist bei schwereren Kernen bisher die einzige mögliche Umwandlungsreaktion. Man erhält ein höheres Isotop des Ausgangselementes, da ja die Kernladung nicht verändert wird. Dieses Isotop ist meistens radioaktiv, es entstehen ein oder mehrere neue Elemente, die chemisch identifizierbar sind<sup>10)</sup>. Die Wirkung der Neutronen läßt sich auf ein Vielfaches steigern, wenn ihre kinetische Energie durch Stöße mit wasserstoffreichem Material (Paraffin) verkleinert wird. Dieser Effekt ist so ausgeprägt, daß eine Abkühlung des Paraffins auf  $-180^\circ$  und die damit verbundene Erniedrigung der mittleren Geschwindigkeit der Neutronen auf 100 m/sec eine Steigerung der Ausbeute bewirkt. Zur Erklärung wird man annehmen müssen, daß die Neutronen eine längere Verweilzeit im Bereich der Kerne haben und daß eine Art Resonanzkopplung zwischen Kern und Neutron besteht. Wenn der entstandene Kern nicht radioaktiv ist, kann die Emission von  $\gamma$ -Strahlen zum Nachweis der Umwandlung dienen. Lea und Fleischmann haben unabhängig voneinander den Aufbau des Deuterons unter Emission von  $\gamma$ -Strahlung beobachteten können ( ${}_{\beta}^{1}\text{H} + n = d + \gamma$ ).

Der Kernphotoeffekt, der von Chadwick zuerst beobachtet wurde, stellt eine genaue Umkehrung des eben erwähnten Prozesses dar:  $d + \gamma = p + n$ . Die Analogie zum Photoeffekt muß darin bestehen, daß eine Minimalenergie der  $\gamma$ -Strahlung zur Umwandlung notwendig ist, die sich durch die Existenz einer langwelligen Grenze bemerkbar machen muß. Schließlich existiert noch die Möglichkeit einer Kernanregung ohne Umwandlung, bei der lediglich anschließend die Emission eines  $\gamma$ -Strahls erfolgt. Sie steht also in Analogie zur Lichtenanregung durch Elektronenstoß beim Atom. Sie wurde bei der Beschießung von Li mit  $\alpha$ -Strahlen geringerer Energie von Schnetzler entsprechend der Gleichung: ( $\alpha, \alpha + \gamma$ ) beobachtet.

Da im ganzen 130 Kernreaktionen bekannt sind, kann man schon eine statistische Betrachtung vornehmen. Es zeigt sich, daß die meisten Reaktionen nicht umkehrbar sind. Ausnahme ist, wie erwähnt ( $\gamma, n$ ) und ( $n, \gamma$ ). Ferner beobachtet man niemals die Emission eines Deuterons. Dieses ist offenbar nicht stabil genug. Die Reaktion ( $p, n$ ) war bisher nie zu beobachten, was vielleicht daran liegt, daß die verwendeten Protonenstrahlen eine zu geringe Energie besaßen. Man muß annehmen, daß dieser Prozeß stark „endoenergetisch“ ist, da wir aus dem Periodischen System wissen, daß benachbarte stabile Isobare nicht vorkommen, sondern, sofern sie durch  $n$ -Anlagerung hergestellt werden, unter Emission eines Positrons den Platz wechseln.

<sup>10)</sup> Vgl. Hahn u. Meitner, Kurzlebige Transurane, Dtsch. Chemiker, Nr. 2, S. 15 [1935], Beilage zu Angew. Chem. 48, Nr. 20 [1935]

### Einzelvorträge.

Dr. O. Haxel, Tübingen: „Das Protonenspektrum der Elemente Magnesium, Silicium und Schwefel bei Beschleunigung mit raschen  $\alpha$ -Strahlen.“

Die Umwandlung der drei Elemente nach dem Schema ( $\alpha$ , p) und die Messung der Protonenergie mit dem Zählrohr ergibt die Existenz von drei verschiedenen p-Gruppen bei allen drei Elementen. Daraus ergibt sich ein analoger Kernaufbau. Die beobachteten Protonenspektren sprechen dafür, daß die Energien der angeregten Kernzustände nur von der Zahl der Protonen und Neutronen im Kern abhängen, nicht aber von der Zahl der  $\alpha$ -Teilchen, was in Übereinstimmung mit der Theorie von Heisenberg (vgl. weiter unten) steht.

Dr. R. Fleischmann, Heidelberg: „Erzeugung von sekundärer  $\gamma$ -Strahlung durch Neutronen.“

Die erwähnte Reaktion  $n + p = d + \gamma$  wird genauer untersucht und die Intensitätssteigerung bei Verringerung der Neutronengeschwindigkeit bestätigt. Eine Emission von  $\gamma$ -Strahlen ist nur bei langsamem n zu beobachten. In einer zweiten Versuchsreihe wird die Anlagerung von n an Fe, Cu, Cd und Pb auf gleichzeitige Emission von  $\gamma$ -Strahlung untersucht und die Energie dieser Strahlung sowie die Ausbeute abgeschätzt.

Dr. H. Teichmann, Dresden: „Über ein einfaches Relais für Greinacher'sche Funkenzähler.“

Es wird ein elektrostatisch-mechanisches Relais für Funkenzähler beschrieben, das sich durch größere Einfachheit und Betriebssicherheit vor der von H. Greinacher vorgeschlagenen hydraulischen Apparatur auszeichnet.

### Zusammenfassender Vortrag.

Vorsitz: W. Heisenberg.

Dr. C. F. von Weizsäcker, Leipzig:

„Die für den Bau des Atomkerns maßgebenden Kräfte.“

Nach der Theorie von Heisenberg ist der Atomkern lediglich aus Protonen und Neutronen aufgebaut. Für eine quantitative Berechnung seiner inneren Zusammenhänge fehlt uns bisher die Kenntnis der Wechselwirkungskräfte zwischen den Bausteinen, also den Protonen einerseits, den Neutronen andererseits und schließlich den Protonen und Neutronen untereinander, welch letztere die ausschlaggebenden sein dürfen. Über die Größenordnung dieser Kräfte können wir uns nach den bisherigen Kernzerstreuungsversuchen ein Bild machen. Wenn wir den Kernradius mit  $10^{-12}$ – $10^{-13}$  cm ansetzen, beträgt die Bindungsenergie pro Teilchen etwa  $10^7$  eV. Um also einen schweren Kern zu zertrümmern, müßten wir ein Proton mit 10 Millionen Volt beschleunigen, was bisher noch nicht gelungen ist.

Im Aufbau der Kerne ist die bekannte Regelmäßigkeit, daß das Atomgewicht etwa = zweifacher Kernladungszahl ist, darauf zurückzuführen, daß auf ein Proton ein Neutron kommt. In schweren Kernen kann ein Überschuß von Neutronen (n) vorhanden sein, während ein solcher von Protonen (p) wegen der zwischen diesen herrschenden Abstoßungskräfte unwahrscheinlich ist. Die gesetzmäßige Absättigung der Kernkräfte äußert sich im Massendefekt, denn dieser ist der Teilchenzahl proportional. Im Kern sind zwischen p und n vermutlich Austauschkräfte wirksam, die bei großer Annäherung aus Anziehung in Abstoßung übergehen ähnlich wie in der Theorie der homöopolaren Bindung der Atome nach Heitler-London<sup>11)</sup>. Die Absättigung in größeren Kernen wird wohl dadurch gegeben sein, daß ein p maximal zwei n und ein n zwei p zu binden vermag. Quantitative Aussagen vermögen wir nur bei einfachen Kernen im Zusammenhang mit den experimentellen Erfahrungen zu machen. Die quantenmechanischen Rechnungen von Wigner und von Dolch ergeben, daß das aus p und n bestehende Deuteron eine kleine und das aus 2 p und 2 n bestehende  $\alpha$ -Teilchen eine große Stabilität haben muß. Bei schweren Kernen versagen diese Methoden. Hier hat man eine Art Tropfenmodell angenommen, wo im Innern konstante Teilchendichte herrscht und der Zusammensetzung analog zur Oberflächenspannung betrachtet wird. Die Quantenmechanik

verbietet, für die Oberfläche eine plötzliche scharfe Grenze anzunehmen. Der Dichteabfall nach außen hat eine gewisse Breite, deren Verhältnis zum Abfall der inneren Kräfte für die Deutung des Einfangens von Neutronen durch die Kerne bestimmd ist. Die Verteilung der Kräfte im Kerninneren läßt sich bisher nach keiner allgemeinen Methode ermitteln, da offenbar nur jedes Teilchen mit einem Teil der anderen in Wechselwirkung steht. Auch die  $\alpha$ -Teilchen, die in freiem Zustand durch besondere Stabilität ausgezeichnet sind, scheinen in der Kernflüssigkeit dissoziert zu sein. Die Kerne mit geraden Ordnungszahlen sind energetisch ausgezeichnet. Oberhalb von  $^{14}_7N$  findet man im Periodischen System keine ungeraden p- und n-Zahlen mehr. Offenbar hat man auch hier eine Art Schalenaufbau, der vielleicht ebenso durch das Pauli-Prinzip regiert wird wie die Elektronenhülle. Wenn man nach diesen Gesichtspunkten ein Schema der leichten Elemente und ihrer Isotopen aufstellt, indem man sie nach der Differenz n-p oder p-n ordnet, kann man erkennen, daß die stabilen Kerne in der Mitte bei n-p = 0 liegen. Die Energie, die zur Bildung abweichender Isotopen erforderlich ist, läßt sich aus diesem Schema unter der Annahme einfacher Kraftgesetze abschätzen und an einigen künstlich hergestellten Isotopen mit der Erfahrung vergleichen. Die Übereinstimmung mit dem Experiment, die sich z. B. am Bor<sup>12</sup> hat zeigen lassen, beweist, daß die Voraussetzungen über die Wechselwirkungen der Kernbausteine im Prinzip richtig sind.

Eine zweite rein deduktive Theorie über den Kernaufbau setzt bei der Theorie des  $\beta$ -Strahlzerfalls ein. Die Entstehung von Elektronen im Kern muß man heute durch Ladungsaustausch bzw. durch Ladungsverlust nach den Gleichungen  $n - e = p$  und  $e + p = n$  erklären. Sie stehen also offenbar mit den zwischen p und n wirksamen, obenerwähnten Austauschkräften im Zusammenhang. Eine sehr wichtige Rolle für diese Theorie wird die Erklärung des Kernspins spielen, dessen genauere Erforschung offenbar eine neue Atomkernkonstante zu liefern vermag. (Siehe Vortrag Schüler.)

### Einzelvorträge.

Dr. W. Gentner, Heidelberg: „Zur Größe und Zusammensetzung des Absorptionskoeffizienten harter  $\gamma$ -Strahlen.“

Die Bildung eines Paares von Elektronen entgegengesetzter Ladung aus einem  $\gamma$ -Strahlquant von sehr hoher Härte ist in der Ultrastrahlung ein besonders wichtiges Problem, das experimentell durch besonders sorgfältige Absorptionsmessung von  $\gamma$ -Strahlen des Th C untersucht wird. Dabei ist das Auftreten von Comptoneffekt und Kernphotoeffekt mit zu berücksichtigen. Die Ergebnisse sind mit der Theorie in guter Übereinstimmung; sie ergeben mehrfachen Compton-Effekt und einen kleinen Wirkungsquerschnitt für den Kernphotoeffekt.

Prof. Dr. H. Schüler, Potsdam: „Die Unsymmetrie der elektrischen Ladungsverteilung des Wismutatomkerns.“

Die Untersuchungen der sogenannten Hyperfeinstruktur der Spektrallinien von Atomen haben seinerzeit zur Entdeckung des sogenannten Kernspins<sup>12)</sup> geführt. Dieses magnetische Moment des Kernes ist durch einen Vektor darstellbar, der mit dem Vektor des gesamten magnetischen Momentes der Elektronenhülle in einfacher Weise gekoppelt ist. Bei Kenntnis der beiden Vektoren läßt sich die Zahl und der Abstand der Terme, in die die Spektrallinie aufspaltet, berechnen. Diese einfache Darstellung versagt bei der Hyperfeinstruktur von Spektrallinien des Europiums, des Cassiopeiums und des Wismuts. Es treten gut messbare Abweichungen von den berechneten Liniendistanzen auf. Diese Abweichungen werden nun versuchswise durch die Annahme gedeutet, daß die Ladung über den Kern nicht gleichmäßig verteilt ist, daß also eine Abweichung von der Kugelsymmetrie im Atomkern vorhanden ist. Daraus folgt eine neue Atomkernkonstante, die den Grad dieser Unsymmetrie angibt. Die theoretische Durchrechnung von Casimir in Leyden führt dazu, daß ein Kern ein sogenanntes Quadrupolmoment zuzuschreiben und damit eine Abplattung bzw. eine Verlängerung des Kerns anzunehmen. Die Größe dieser Abweichung von der Kugelgestalt ist bei 6 bisher untersuchten Elementen sehr verschieden.

<sup>11)</sup> Vgl. Heisenberg, diese Ztschr. 46, 799 [1933].

<sup>12)</sup> Vgl. E. Josephy, diese Ztschr. 46, 256 [1933].

**Aussprache:** Die Möglichkeit, daß der anomale Abstand der Spektrallinien auf einen sekundären Effekt der Elektronenschale zurückzuführen sei, wird vom Vortr. dadurch widerlegt, daß bei zwei Isotopen, also gleicher Elektronenhülle, im einen Falle die Abweichung vorhanden ist, im anderen nicht.

Dr. A. Trost, Stuttgart: „Untersuchungen an Zählrohren mit der Braunschen Röhre.“

Die Eigenschaften von Zählrohren sind in hohem Grade von der Art und der Reinheit des Füllgases abhängig. Die Glimmzeit der Röhren, die normalerweise  $\frac{1}{100}$  sec beträgt, bestimmt das Auflösungsvermögen der Zählrohre. Ihre Herabsetzung läßt sich durch geringe Beimengungen erzielen, deren Einfluß genauer untersucht wird. Ein Gehalt von Alkoholdampf wirkt sich besonders günstig aus.

### Sammelthema: Spektroskopie.

#### Einzelvorträge.

Dr. H. Krefft, Berlin: „Über das Spektrum der Hochdruckentladung in Gemischen von Quecksilberdampf mit Alkalidämpfen (Cs, Rb, K).“

In Mischungen von Alkalidämpfen mit Quecksilber erhält man auch bei Steigerung des Hg-Gehaltes bis über 1 Atm. nur das bekannte Alkalispktrum, obwohl der Charakter der eingeschränkten Hochdruckentladung deutlich sichtbar ist. Während im reinen Alkalidampf die Resonanzlinien und das sich an diese anschließende Bandengebiet der Alkalimoleküle besonders stark hervortreten, läßt sich nach Zumischung des Hg eine besonders starke Anregung der Nebenserien und ihrer Grenzkontinua feststellen.

Prof. Dr. G. Joos, Göttingen und Dr. H. Böhme, Jena: „Der Einfluß von schwerem Kristallwasser auf die linienhaften Absorptionsspektren von Chromalaunen.“

Die Absorptionsspektren von Kristallen zeigen bei tiefer Temperatur zahlreiche scharfe Linien, deren Deutung noch nicht gelungen ist. So bestanden bei den Kristallen der seltenen Erden und der Chromalaune Zweifel, ob an der Entstehung der zahlreichen Linien außer den Elektronsprüngen auch die Schwingungsenergie mitbeteiligt ist. Diese wichtige Frage läßt sich jetzt dadurch entscheiden, daß man statt des normalen Kristallwassers schweres Wasser einführt. Man erreicht auf diese Weise eine Veränderung der schwingenden Massen ohne Änderung des inneren Kraftfeldes. Wenn also jetzt eine Linienverschiebung auftritt, so muß man annehmen, daß die veränderte Schwingungsfrequenz dafür verantwortlich ist. Am Chromselenatalaun konnte eine Verschiebung und zwar eine Zusammendrängung der Linien um 9 Å gemessen werden. Damit ist der oszillatoriische Charakter dieser Absorptionslinien nachgewiesen.

Prof. Dr. W. Hanle, Jena: „Untersuchungen über die Verbreiterung der Rayleighlinien.“

An den gestreuten Linien lassen sich bei genauer Untersuchung rasch abfallende Kontinua feststellen. Es liegt nahe, diese an die Grundfrequenz anschließenden Streuspektren durch einen Ramaneffekt zu erklären, der auf die Rotation des Moleküls zurückzuführen ist. Die Untersuchung wurde durch die Bestimmung der Polarisation dieser Strahlung am Toluol, Benzol und Cyclohexan durchgeführt. Bei Verwendung von zirkular polarisiertem Licht kann man aus theoretischen Gründen erwarten, daß die Polarisationsrichtung des gestreuten Ramanlichtes abhängig ist von der Symmetrieeigenschaft der beteiligten Schwingung des betreffenden Moleküls. Damit ergibt sich eine Möglichkeit, im Ramanpektrum komplizierter Moleküle zu erkennen, ob die betreffende Schwingung symmetrischen oder unsymmetrischen Charakter hat.

Dr. E. Flegler und Dr. H. Raether, München: „Untersuchung von Gasentladungsvorgängen in der Nebelkammer.“

Die Entladungsbilder in der Nebelkammer werden bei verschiedenem Gasdruck und verschiedener Feldform untersucht. Die Existenz einer Kanalentladung, die vor dem eigentlichen Durchschlag sowohl im homogenen wie im inhomogenen Felde auftritt, läßt sich eindeutig nachweisen.

#### Einzelvorträge.

Vorsitz: Sommerfeld.

Prof. Dr. F. Hund (unter Mitwirkung von B. Mrowka), Leipzig: „Zustände der Elektronen in Kristallgittern.“

Für ganz einfache Gitter, die nur aus einer Atomart bestehen, läßt sich die Lage der möglichen Elektronenzustände, also der Energiebänder (siehe oben) theoretisch berechnen. Bei komplizierteren Gittern, die entweder eine höhere Symmetrie haben oder aus Molekülen bestehen, sind inmerhin gewisse Annäherungen möglich. Die Isolator- und Metalleigenschaften werden bei diesen Betrachtungen verständlich.

Prof. Dr. P. P. Ewald und Dr. H. Hönl, Stuttgart: „Die Röntgeninterferenzen des Diamants als wellenmechanisches Problem.“

Es wird versucht, das Auftreten des „verbotenen“ Reflexes (222) im Diamant theoretisch zu erklären. Die Berechnung erfolgt mit Hilfe der von Pauling angegebenen Eigenfunktionen für das Tetraedermodell des Kohlenstoffatoms. Eine strenge Lösung des Problems ist rechnerisch nicht möglich, doch läßt sich das Auftreten des verbotenen Reflexes erklären und die Intensität abschätzen.

Dr. M. Renninger, Stuttgart: „Röntgenmessungen an Diamanten.“

Im Anschluß an die vorige Arbeit wird die Intensität des verbotenen Reflexes mit der Ionisationskammer spektrometrisch bestimmt. Unabhängig von der Wachstumsgüte des verwendeten Kristalls läßt sich zeigen, daß der experimentelle Wert mit der theoretischen Abschätzung verträglich ist.

Prof. Dr. A. Sommerfeld, München: „Über die longitudinale Widerstandsänderung im Magnetfelde nach der elementaren Theorie.“

Vortr. zeigt, daß die von ihm stammende elementare Elektronentheorie der Metalle eine Änderung des Widerstandes im Magnetfeld, wie sie u. a. von Kapitza gemessen wurde, erklären kann, wenn man die Bahnen der freien Elektronen im Magnetfelde quantelt. Das Resultat, welches auf physikalisch anschaulichem Wege gewonnen wird, steht in Übereinstimmung mit dem quantenmechanisch berechneten.

Dr. W. Braunbeck, Stuttgart: „Gibt es in hochkomprimierten Metaldämpfen eine metallische Leitfähigkeit?“

Bei hohem Druck, wenn die mittleren Atomabstände klein werden, sollte man in Metaldämpfen das Auftreten einer metallischen Leitfähigkeit erwarten, die sich von einer gleichzeitig auftretenden Leitung durch thermische Ionisierung des Dampfes an ihrer Temperatur- und Druckabhängigkeit unterscheiden lassen muß. Wegen experimenteller Schwierigkeiten konnte die Untersuchung bisher nur bei Hg-Dampf von 35 Atm. bei 730° und an K-Dampf bei 10 Atm. und etwa 1200° durchgeführt werden. In diesen Fällen ist der mittlere Atomabstand nur fünfmal größer als im festen metallischen Zustand. Trotzdem konnte noch keine metallische Leitfähigkeit festgestellt werden.

Prof. Dr. R. Suhrmann und G. Barth, Breslau: „Über die Änderung des elektrischen Widerstandes und des Reflexionsvermögens von bei tiefer Temperatur kondensierten Metallspiegeln.“

Auf einer Quarzplatte, die auf 20° abs. abgekühlt werden kann, werden dünne Cu-, Ag-, Au-, Cd-, Pb-, Tl- und Bi-Spiegel erzeugt. Sie zeigen bei Änderung der Temperatur eine anomale Änderung des Reflexionsvermögens und des Widerstandes. So ergibt sich beim Ag-Spiegel eine Abnahme des Widerstandes mit steigender Temperatur, die aber irreversibel ist. Die Änderung des Reflexionsvermögens geht mit dieser Erscheinung parallel. Sie ist für verschiedene Wellenlängen verschieden und rückt bei der irreversiblen Temperaturänderung vom U.V. ins Blaue. Für die verschiedenen Metalle läßt sich ein Zusammenhang zwischen diesem Verhalten und ihrer charakteristischen Temperatur feststellen. Die Änderungen der elektrischen Eigenschaften dieser dünnen Metallschichten gehen im gleichen Sinne vor sich wie beim Übergang aus der flüssigen in die feste Phase. Danach ist auf eine Änderung des Ordnungszustandes der dünnen Metallschichten bei steigender Temperatur zu-

schließen. Vermutlich ist bei  $20^{\circ}$  abs. die Beweglichkeit der Atome so klein, daß keine reguläre Kristallisation stattfinden kann. Wahrscheinlich findet mit der Herstellung des Ordnungszustandes bei steigender Temperatur eine Vergrößerung der Zahl der Leitungselektronen statt.

**Dr. Herbert Mayer, Cernauti (Rumänien): „Über Alkalischichten atomarer Dicke auf Platin.“**

Die Photoemission von Kaliumschichten auf Platin wird im Hochvakuum in Abhängigkeit von der Schichtdicke sorgfältig untersucht. Die aufgedampfte Kaliummenge bestimmt man dadurch, daß die Intensität des Atomstrahls vorher nach der Methode der Ionisation von Langmuir am erhitzten Pt gemessen wird. Es ergibt sich ein Sättigungswert der Photoemission bei einer Kaliummenge, die einer halben monoatomaren Bedeckung des Pt entspricht. Dagegen kann das von anderen Untersuchungen her bekannte Maximum bei monoatomarer Bedeckung nur dann festgestellt werden, wenn Spuren von Sauerstoff die Bildung einer Zwischenschicht von  $K_2O$  bewirkt haben.

**Dr. E. Kessel, Berlin-Siemensstadt: „Über die Charakteristik von Aluminiumoxydschichten in Elektronenröhren.“**

Die eigentümliche Sperrwirkung des anodisch oxydierten Aluminiums und anderer Ventilmetalle ist bisher noch nicht befriedigend erklärt worden. Auf Anregung von Schottky wird versucht, die Oxydschicht im trocknen Zustand auf ihre Elektronenleitfähigkeit zu untersuchen. Zu diesem Zweck wird das oxydierte Aluminium als Anode in einer Hochvakuumröhre auf seine Leitfähigkeit untersucht, indem sein Verhalten gegenüber dem Elektronengas bei verschiedenen Spannungen geprüft wird. Es zeigt sich, daß das Aluminiumoxyd in dieser Anordnung dieselben Eigenschaften zeigt, die aus seinem elektrolytischen Verhalten bekannt sind. Demnach können alle die Theorien des Ventileffektes abgelehnt werden, die spezielle Eigenschaften des Elektrolyten zur Erklärung heranziehen. Auch die Theorie der Gashaut ist daraufhin abzulehnen.

**Dr. R. Störmer, Berlin-Siemensstadt: „Experimentelle Beiträge zum Verhalten elektrolytischer Oxydschichten.“**

Im Zusammenhang mit der vorigen Untersuchung wird die Eigenschaft der Ventilschicht bei Umschaltung des Stromes untersucht. Es zeigt sich, daß außer dem Kapazitätsstrom noch ein langsam abfallender Strom auftritt, der einer allmählichen Umstellung von der schlechten Leitfähigkeit zur guten Leitfähigkeit entspricht. Die Versuche werden auf trockne Schichten ausgedehnt, bei denen als Gegenelektrode Graphit oder Silber fein verteilt aufgebracht ist. Die Ergebnisse lassen sich dahin deuten, daß auch im Aluminiumoxyd Defekt- und Überschußleitung der Elektronen vorhanden ist und daß entsprechende Gesetzmäßigkeiten gelten, wie sie oben beim  $Cu_2O$  und anderen Halbleitern erörtert sind. Das  $Al_2O_3$  verhält sich wie das  $ZnO$  und das  $CdO$ , d. h. sein Widerstand wächst mit steigendem Sauerstoffgehalt. Deshalb fällt der Widerstand bei kathodischer Schaltung des Al durch die Sauerstoffentfernung.

**Prof. Dr. K. T. Fischer, München: „Höchstleistung der Waage. Der Temperaturkoeffizient der Waage.“**

Vortr. hat in jahrelangen Untersuchungen eine ganze Reihe von Waagen auf ihre Empfindlichkeit und vor allem auf ihre Genauigkeit untersucht. Zur Erzielung höchster Genauigkeit muß eine ganze Reihe von Vorsichtsmaßnahmen beachtet werden, wenn die Waage, die immer noch das exakte physikalische Meßgerät ist, bis zur Grenze ihrer Empfindlichkeit von  $0,2-0,4 \cdot 10^{-8}$  ausgenutzt werden soll. Allein die an den Gewichten absorbierten Feuchtigkeitsmengen können  $1/100$  mg betragen. Die Schwankungen der Ruhelage, die bei Häufung der Beobachtungen feststellbar sind, können bei sehr empfindlichen Waagen die Genauigkeit auf  $1/50$  verkleinern.

Besonders verhängnisvoll ist der Einfluß von Temperaturschwankungen, der bemerkenswerterweise auch dann eine Änderung der Ruhelage bewirkt, wenn durch guten Wärmeausgleich für eine gleichmäßige Erwärmung beider Waagbalken Sorge getragen ist. Diese Änderung des Nullpunkts, also der Temperaturkoeffizient der Waage, ist vermutlich

durch eine Ausdehnung der Schrauben zu erklären. Bei guten Konstruktionen ist die Änderung reversibel. Um einen raschen Temperaturausgleich zu bewirken, empfiehlt sich im Gegensatz zu den bisher üblichen Gehäusen eine metallische Abschirmung der Waage.

### III. Hauptthema: **Mechanische Schwingungen, einschl. Lärmbekämpfung.**

#### **Zusammenfassender Vortrag.**

**Prof. Dr. K. W. Wagner, Berlin:**

**„Physikalische Grundlagen und neueste Ergebnisse der Lärmbekämpfung.“**

Um eine wirksame Bekämpfung der Lärmstörungen durchführen zu können, mußten zunächst brauchbare Meßgeräte und entsprechende Einheiten für die Lautstärken geschaffen werden, die besonders die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für die verschiedenen Hörfrequenzen und für die verschiedenen Arten von Geräuschen berücksichtigen. Der Messung der Lautstärke wird als Einheit das Phon zugrunde gelegt, das dem Schwellenwert der Hörbarkeitsgrenze, also der mittleren Ohrempfindlichkeit, und einer Druckänderung von  $3,6 \cdot 10^{-10}$  Bar entspricht. Wegen des ungewöhnlich großen Empfindlichkeitsbereiches des menschlichen Ohres ist das Phon als logarithmische Einheit festgelegt. Vom Schwellenwert bis zur Schmerzgrenze liegt ein sehr großes Intensitätsbereich von 130 Phon. Als Normalfrequenz für Lautstärke-Messungen wird die Maximalempfindlichkeit des menschlichen Ohres bei 1000 Hz gewählt. Die objektiven Lautstärke-messer mit verstellbarem Empfindlichkeitsbereich, die mit Mikrophon und Verstärker arbeiten, gestatten eine Messung der Schallintensität zwischen 20 und 110 Phon. Man hat besondere Verstärker konstruiert, deren Frequenzkurve der Empfindlichkeit des menschlichen Ohres angepaßt ist. Auf Grund dieser physikalischen Festlegungen kann die Verkehrspolizei Vorschriften über die maximale Lautstärke störender Geräusche auf der Straße und in den Wohnungen erlassen. Eine Lärmeinschränkung ist fast bei allen technischen Verfahren möglich. So kann u. a. der Auspufflärmb von Explosionsmotoren ohne Schädigung des Nutzeffektes gedrosselt werden, wenn man im Lärmdämpfer die Frequenz der ausgesandten Schallschwingung berücksichtigt. Für die meisten technischen Verfahren gilt die einfache Regel, daß große Lärm-erzeugung große Verlustleistung bedeutet und daß die Abstellung im Sinne der besseren Betriebsnutzung liegt. So kann das Geräusch von Zahnradgetrieben durch schräggestellte Zähne wirkungsvoll vermindert werden. Dasselbe gilt von schräg gestellten Messern in den Hobelmaschinen, wo das gleichzeitige Angreifen der ganzen Schneide durch ein Nacheinander ersetzt wird. Geräuschvolle Kugellager an Kleinmotoren können durch geräuschlose Gleitlager ersetzt werden. Im allgemeinen gilt zur Verkleinerung des Betrieblärms die Regel, daß großflächige Unterlagen zu vermeiden sind, damit keine großen Massen in akustische Schwingungen geraten. Bei Untersuchungen über die Ursachen der Hörbarkeit des Straßenlärms in den Wohnungen haben sich interessante physikalische Tatsachen ergeben. So beruht die Schalldurchlässigkeit der Fenster im wesentlichen darauf, daß sie nicht dicht schließen. Vortr. zeigte an Versuchen, daß sehr dünne Risse bis unter 0,1 mm noch für den Schall durchlässig sind, da sie als neue Schallquellen wirken. Bei Baukonstruktionen muß man vor allem den Körperschall, also z. B. die Schwingung ganzer Wände, verhindern. Die Schwingungen einer Einfachwand sind beinerkenswerterweise unabhängig vom Material und nur durch ihre Masse bestimmt. Deshalb können durch Luftpolster voneinander getrennte Mehrfachwände, die nach dem Prinzip von elektrischen Drosselketten gebaut sind, für die wichtigen Frequenzbereiche eine sehr starke und wirkliche Dämpfung bedeuten. Bei Baukonstruktionen, für die vom Institut für Schwingungsforschung besondere Merkblätter herausgegeben werden, ist vor allem die wirksame Zwischenschaltung von schalldämpfenden Massen an den Verbindungsstellen wichtig.

Vortr. demonstrierte eine ganz besonders verbüffende Wirkung, die sich durch die Auspolsterung von metallischen

Rohren erzielen läßt. Während solche Rohrleitungen, wie von Heizungsrohren bekannt, im ungeschützten Zustand ausgezeichnete Schalleiter sind, läßt sich durch Fütterung mit schallabsorbierenden Stoffen eine fast vollständige Aufzehrung des Schalles erzielen.

Prof. Dr. A. Tluuni, Darmstadt: „Technische Physik der Werkzeuge und Werkstoffe führt zu neuen Konstruktionslehren im Maschinenbau.“

Die alte statische Konstruktionslehre beruhte auf falschen Vorstellungen von der Homogenität der verwendeten Metalle. Die Zerreißversuche, die für die Beanspruchung zugrunde gelegt wurden, geben ein falsches Bild von der Leistungsfähigkeit des Materials. Wegen der zu früh eintretenden Brüche verlangten die Vorschriften sehr hohe Sicherheitszahlen, also z. B. 10- bis 20fache Festigkeit, wodurch großer Materialverbrauch und großes Eigengewicht entsteht. Der Hauptfehler der alten Methode ist, daß die Eigenschaften des Materials bei ruhender Belastung gemessen werden, während es in den Maschinen ineistens veränderlich beansprucht wird, wodurch sich zusätzliche Ermüdungserscheinungen ergeben, die von der statischen Lehre nicht erfaßt werden. Für diese Ermüdungserscheinungen spielen die Formen des Werkstückes eine besondere Rolle, da sie einen verschiedenen Verlauf der inneren Spannungslinien bedingen. So läßt sich die Gefahr scharfer Einkerbungen an Werkstücken deutlich zeigen. Bei neuen Konstruktionen muß entsprechend der vorgesehenen dynamischen Beanspruchung der Verlauf der Spannungslinien berücksichtigt werden.

#### Einzelvorträge über Elektrotechnik.

Prof. Dr. Paul Selény, Budapest-Ujpest: „Methoden und Ergebnisse des elektrostatischen Aufzeichnungsverfahrens (Elektrographie).“

Ein sehr einfacher Aufzeichner für elektrische Vorgänge, der z. B. auch für die Bild- und Tonübertragung geeignet ist, läßt sich ohne Vakuuengerät dadurch herstellen, daß man einen Strahl negativer Ionen auf eine Paraffinplatte fallen läßt, welche mit positivem elektrischem Pulver (Lykopodiumsämine) bestäubt ist. Dieser Strahl entsteht, indem die von einer Glühkathode ausgehenden Elektronen an Luftmoleküle angelagert und durch eine Spannung von 1000 V beschleunigt werden. Die Steuerung der Intensität erfolgt durch ein Gitter. Das Bild läßt sich durch Erwärmung des Paraffins leicht fixieren und besitzt eine erstaunliche Schärfe.

Dr. E. Brücke und Dr. H. Mahl, Berlin-Reinickendorf: „Über das Emissionsbild von thoriertem Wolfram und thoriertem Molybdän.“

Das Elektronenmikroskop wird benutzt, um die Wirkung von kleinen Mengen von Fremdstoffen auf die Emission von Glühkathoden zu zeigen. Die Bilder lassen mit großer Deutlichkeit erkennen, wie an den Rändern der Thoriuminseln, die auf einer Wolfrainkathode gelagert sind, eine lebhafte Emission stattfindet, die immer dann besonders intensiv wird, wenn 2 solche Inseln ineinanderfließen und dadurch eine größere Zone monoatomarer Bedeckung entsteht. Auch läßt sich deutlich erkennen, daß das aus dem Innern der Legierung an die Oberfläche tretende Thorium nicht nur an den Kristallgrenzen austritt, sondern auch durch die Einkristalle hindurchzudiffundieren vermöge. Eine Filmaufnahme der Emissionsvorgänge bei verschiedener Belegung der Kathode und bei vorübergehender Behandlung mit Sauerstoff zeigt besonders schön, wie die aktiven Emissionsflächen und -zentren entstehen und verschwinden.

Dr. L. Rohde, München: „Verlustbestimmung an festen Isolierstoffen im Bereich von 1,5—5.10<sup>6</sup> Hz.“

Die Verlustmessung bei sehr hohen Frequenzen zeigt, daß einige normale Isolierstoffe, wie Hartpapier und Hartgummi, zweckmäßig durch keramische Massen, wie Calit, Calan und Freuenta, ersetzt werden, welche etwa 20 mal kleinere Verluste besitzen. Die kleinsten Verluste haben die regulären Ionengitter, wie NaCl, was in der Aussprache von Schottky theoretisch begründet wird.

Dr. C. Schusterius, Berlin: „Über das dielektrische Verhalten fester Stoffe.“

Einige Oxyde, deren elektrisches Verhalten in den vorhergehenden Vorträgen behandelt wurde, haben bei hohen Frequenzen eine außerordentlich hohe Dielektrizitätskonstante, deren Temperaturkoeffizient untersucht wird. So hat das Titandioxyd eine D.K. von 95, die aber sehr davon abhängt, ob eine teilweise Reduktion durch Behandlung bei hoher Temperatur oder durch Metalleinlagerung stattgefunden hat. Die keramische Verarbeitung dieses Materials für Hochfrequenzzwecke wird diskutiert.

Dr. W. Kieser, Köln-Mülheim: „Hochfrequenzkabel.“

Für das Fernsehen werden Hochfrequenzkabel benötigt, die sehr breite Frequenzbänder durchlassen. Der Bau solcher Kabel verlangt bestimmte Isolierstoffe, deren mechanische Eigenschaften bisher nicht genügten. Neuerdings ist es gelungen, das Polystyrol, welches vorzügliche Isolatoreigenschaften und kleine dielektrische Verluste besitzt, in einer neuen Form herzustellen, die im Gegensatz zum bisherigen Produkt die Anfertigung von weichen Bändern ermöglicht (Styroflex).

#### VEREINE UND VERSAMMLUNGEN

##### Verein der Zellstoff- und Papier-Chemiker und -Ingenieure.

Hauptversammlung 5. bis 7. Dezember 1935 in Berlin. Donnerstag, den 5. Dezember 1935: Sitzungen der Fachausschüsse.

Freitag, den 6. Dezember 1935: VDI-Haus, Hauptsitzung.

Prof. Dr. K. Freudenberg, Heidelberg: „Über die Chemie des Fichtenholzligins.“

Direktor Dr.-Ing. A. Danninger, Steyrermühl: „Der geschweißte Kocher mit Umwälzverfahren und andere Neuerungen.“

Prof. Dr. A. Herzog, Dresden: „Die Pflanze als Ingenieur.“ Regierungsforstsrat Dr. R. Trendelenburg (VDI), München: „Aufbau und Raumgewicht des Fichtenholzes und anderer Zellstoffhölzer.“

Dr.-Ing. H. Hilz, Darmstadt: „Papiertechnischer Eignungsvergleich zwischen der Harz- und der Montanwachsleimung.“

Sonnabend, den 7. Dezember 1935: Sitzung des Unterausschusses für Faserstoffanalysen.

#### PERSONAL- UND HOCHSCHULNACHRICHTEN

**Verliehen:** Prof. Dr. F. Joliot und Frau Dr. I. Curie-Joliot der Nobelpreis des Jahres 1935 für Chemie für ihre Synthese der neuen radioaktiven Elemente. — Prof. J. Chadwick, Liverpool, der Nobelpreis des Jahres 1935 für Physik für die Entdeckung des Neutrons.

**Ernannt:** Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. med. Dr. phil. h. c. E. Rost, Oberreg.-Rat und Mitglied des Reichsgesundheitsamtes, aus dem er am 31. Januar 1936 ausscheidet, zum Ehrenmitglied der Deutschen Pharmakologischen Gesellschaft.

Prof. Dr. A. Butenandt, Direktor des organisch-chemischen Instituts der Technischen Hochschule Danzig-Langfuhr, hat einen Ruf als o. Prof. der biologischen Chemie an die Harvard-Universität, Cambridge, Departement Boston, U. S. A., abgelehnt.

Dr. G. Hettner, nichtbeamter a. o. Prof. der Philosophischen Fakultät der Universität Berlin, erhielt das Ordinariat für Theoretische Physik an der Universität Jena als Nachfolger von Prof. Dr. G. Joos<sup>1)</sup>.

**Gestorben:** Dr. C. A. Brittlebank, Essen, langjähriges Mitglied des V. d. Ch., am 5. Oktober.

##### Ausland.

**Ernannt:** Dr. pharm. Dr. phil. et Dr. med. R. Wasicky, Direktor des Pharmakologischen Instituts der Universität Wien, zum Ehrendoktor der Universität Paris.

**Berufen:** Dr. J. Böhm, a. o. Prof. für physikalische Chemie an der Universität Freiburg i. Br., auf den Lehrstuhl der physikalischen Chemie der Deutschen Universität in Prag.

<sup>1)</sup> Vgl. diese Ztschr. 48, 265 [1935].