

der Spaltprodukte ist der momentanen Halbwertszeit ein bestimmter  $^{90}\text{Sr}$ -Gehalt der Aktivität zugeordnet, der für den Fall der Vermischung von Spaltprodukten verschiedenen Lebensalters nur einen Minimalgehalt darstellt.

Aus Gründen der Meßgenauigkeit und der tragbaren Meßzeit ist eine Anreicherung der Aktivität in der Regenwasserprobe unvermeidlich. Für den Laborbetrieb hierfür geeigneter als die Eindampfmethode ist das Ionenaustauscher-Verfahren, welches sich sogar im Praktikum durchführen ließe.

Zur Extraktion der Aktivität von 1 l Regenwasser werden 300 mg stark saures (Kationen-)Austauscherharz verwendet (Lewatit S 100 von Bayer-Leverkusen), dieses zu Teilchengrößen von  $15-75\ \mu$  gemahlen,  $\frac{1}{2}$  h in 1 l Wasserprobe gerührt, abfiltriert und unter kalium-geeichtem Fensterzählrohr gemessen. Bei einem Arbeitsgang finden sich 90 % der Aktivität im Austauscher.

Meßergebnisse: Ionenaustauscher-Werte im Mittel 3 % höher als Eindampfungswerte.

Aus 6monatiger Messung der Niederschlagsaktivitäten von September 1956 bis März 1957 ergab sich eine spezifische Gesamtaktivität der Niederschläge in den ersten Tagen nach der Gewinnung um  $10^{-10}\text{C/l}$  im Monatsmittel und eine monatlich niedergeschlagene Gesamtaktivität von  $2\cdot 10^{-9}\text{C/m}^2$  bis  $9\cdot 10^{-9}\text{C/m}^2$  (März 1957). In Großstadt-Wasserversorgungen wurden  $1-2\cdot 10^{-12}\text{C/l}$  gefunden.

H. RÖMER und C. v. FRAGSTEIN, Köln: *Absorption feinteiliger Goldsole*.

Es wurde die Wellenlängenabhängigkeit der optischen Absorption feinteiliger Goldsole im Sichtbaren und im Ultraviolett untersucht. Die elektronenmikroskopisch bestimmte Teilchengröße lag zwischen 1,5 und 20  $\mu$ . Nach der Mieschen Theorie hätte sich — unter der Voraussetzung, daß die Werte der optischen Konstanten unabhängig von den geometrischen Dimensionen der Probe sind — das optische Verhalten in dem genannten Teilchengrößenbereich praktisch unabhängig von der Teilchengröße ergeben müssen. Im Gegensatz dazu zeigte sich aber, daß das charakteristische Absorptionsmaximum bei etwa 520  $\mu$  systematisch mit abnehmender Teilchengröße abgebaut wird. Das läßt darauf schließen, daß sich die Werte der optischen Konstanten mit abnehmender Teilchengröße ändern. Dieser Effekt (Anomalie der optischen Konstanten) wurde bisher nur an dünnen Schichten untersucht, bei denen die Bestimmung der optischen Konstanten im allgemeinen durch die schlechte Struktur der Schichten sehr erschwert wird. Die Bestimmung der optischen Konstanten an einem Metallsol ist frei von diesem Nachteil. In der vorliegenden Untersuchung wurde allerdings zunächst nur die Absorption der Goldsole gemessen. Zur Bestimmung der beiden Größen  $n$  und  $\kappa$  von Gold muß noch eine Messung des Brechungsquotienten des Goldsoles oder eine solche des Absolutwertes des Streuvermögens hinzutreten.

[VB 916]

## Physikalische Gesellschaft Württemberg-Baden-Pfalz

26.—28. April 1957 in Tübingen

Aus den Vorträgen:

R. MAUSHART, Karlsruhe: *Art und Beweglichkeit positiver Ionen in Gasmischungen aus Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf*.

In einer Meßröhre, die mit dem zu untersuchenden Gasgemisch gefüllt ist, befindet sich ein Plattenkondensator, an dessen Platten das homogene elektrische Feld angelegt ist. Am einen Ende der Meßröhre sind in genau gemessenem Abstand zwei Löcher, durch die  $\alpha$ -Teilchen parallel zur Röhrenachse und senkrecht zum elektrischen Feld eingeschossen werden. Die von den  $\alpha$ -Teilchen in einem am anderen Ende der Meßröhre angebrachten Szintillationszähler ausgelösten Impulse stoßen die Zeitablenkung eines Oszillographen an. Die Ankunft der Ionen an den Platten des Kondensators wird durch einen Impuls in senkrechter Richtung auf dem Oszillographenschirm sichtbar gemacht. Es wird also die Laufzeit der Ionen gemessen. Zur Ausschaltung störender Randeffekte wird die Differenz der Laufzeiten der in den beiden  $\alpha$ -Einschußkanälen gebildeten Ionen für die Berechnung der Beweglichkeiten herangezogen. Die Meßanordnung gestattet die Beweglichkeit positiver Ionen bis herab zu  $E/p$ -Werten von 0,2 Volt/cm·Torr mit 3 % Genauigkeit zu bestimmen.

Die Auswertung ergibt, daß in reinem Sauerstoff auch bei niedrigsten  $E/p$ -Werten nur einfache  $\text{O}_2^+$ -Ionen vorhanden sind, während in reinem Stickstoff auch ein  $\text{N}_4^+$ -Komplex gebildet werden kann. Wasserdampfzusätze zu Stickstoff und Sauerstoff und zu Gemischen beider Gase ergaben Beweglichkeiten, die den Schluß zulassen, daß die Primär-Ionen ihre Ladung auf Wassermolekeln übertragen. Die so gebildeten Wasser-Ionen bilden dann mit einer neutralen Wassermolekel einen labilen  $\text{H}_2\text{O}^+\cdot$ -Komplex.

R. MÜHLEISEN, Weissenau: *Einfaches elektrisches Verfahren zur Messung der Konzentration der Kondensationskerne in Luft*.

Die Größenverteilung der Kondensationskerne reicht von Teilchen mit Radien von  $10^{-7}$  bis  $10^{-3}$  cm. Sie hat ein Maximum bei  $r = 3\cdot 10^{-6}$  cm und fällt zu größeren Radien hin rasch ab. Berechnet man die Durchbruchfeldstärke für geladene Teilchen in Abhängigkeit vom Radius, so ergibt sich, daß nur Teilchen mit einem Radius größer als  $2,9\cdot 10^{-6}$  eine Elementarladung tragen können. Teilchen mit  $r$  größer als  $3,8\cdot 10^{-6}$  cm können zwei Elementarladungen tragen. Da aber die Zahl der Kerne mit größeren Radien rasch abnimmt, ergibt sich, daß die überwiegende Zahl der Kondensationskerne schon mit einer Elementarladung maximal aufgeladen ist. D. h. daß ein angenähert linearer Zusammenhang zwischen der Zahl der Kondensationskerne in 1  $\text{cm}^3$  Luft und der maximal erreichbaren elektrischen Raumladungsdichte  $\rho$  besteht. Die Raumladungsdichte  $\rho$  wird in üblicher Weise mit einem Schwebstofffilter und angeschlossenem Elektrometer gemessen. Die Konzentration der Kondensationskerne ergibt sich dann einfach als  $\rho/e$  ( $e$  = Elementarladung). Die maximal erreichbare Aufladung wird durch eine einfache Koronaentladung erzielt. — In einem  $2\ \text{m}^3$  großen Raum ergab die beschriebene Messung für Frischluft 32000 Keime/ $\text{cm}^3$ , nach einem Zigaretten-Zug 240000 und nach zwei Zügen 500000 Keime/ $\text{cm}^3$ .

G. MÖLLENSTEDT und L. Y. HUANG, Tübingen: *Eine neue Bilderzeugungsmethode für Röntgenstrahlen*.

Bei der Röntgenmikroradiographie wird das Objekt direkt auf den Film gelegt. Je nach der Absorption im Objekt wird der Film mehr oder weniger geschwärzt. Bei extrem kleinen Brennfleck der Röntgenstrahlen bestimmt die Korngröße des Films das Auflösungsvermögen. Die Photoschicht läßt sich durch eine strukturlose Folie aus einer 200 Å dicken Silber- und einer 600 Å dicken Kaliumchlorid-Schicht ersetzen. Die in der Silber-Schicht ausgelösten Elektronen erzeugen in der KCl-Schicht Sekundärelektronen. Die mit der Geschwindigkeit Null austretenden Elektronen werden durch ein elektrostatisches Immersionsobjektiv in der üblichen Weise abgebildet. Röntgenmikroskopische Bilder von Metaldünnschliffen und Diatomeen zeigen eine Auflösung von 3000 Å. Die theoretisch abschätzbare Auflösungsgrenze mit dieser Bildwandlerfolie dürfte bei 500 Å liegen.

W. DIETRICH, Tübingen: *Spektrometrie mit Primärelektronen geringer Energiebreite*.

Bei der Untersuchung der Energieverluste von Elektronen in Festkörpern braucht man Elektronen hoher Energie, damit die Körper überhaupt durchdrungen werden können. Die Auflösung diskreter Energieverluste hängt von der Energiestreuung der primären Elektronen ab. Die bereits bekannten anomalen, von der Stromdichte abhängigen Energieverbreiterungen wurden durch Messungen mit einem elektrostatischen Geschwindigkeitsanalysator bestätigt. Durch vergleichende Messungen an Wolfram- und Bariumoxyd-Kathoden konnte nachgewiesen werden, daß sich bei gleicher Strahlstromdichte die Energieverbreiterungen ungefähr wie die absoluten Temperaturen verhalten. Bei sehr geringen Strahlstromdichten konnten die Anregungsstufen der Edelgase Helium, Neon, Argon und Krypton als Testobjekte im Energiespektrum von 35 keV-Elektronen mit einer Auflösung von 0,25 eV sichtbar gemacht werden.

O. PICCIONI, Genf: *Recent Experiments on Antinucleons*.

Vortr. berichtete von den erfolgreichen Bemühungen, die Ausbeute an Antiprotonen durch Verbesserung der Apparatur zu erhöhen. Antiprotonen entstehen beim Zusammenstoß von Protonen einer Energie von  $6\cdot 10^9$  eV mit einem Be-Target im Bevatron. Auf Grund ihrer negativen Ladung werden sie durch das Magnetfeld des Bevatrons nach außen abgelenkt. Sie durchlaufen zur Fokussierung mehrere magnetische Linsen und zur Messung ihres Impulses einen magnetischen Analysator. Gleichzeitig wird durch sechs Szintillationszähler ihre Laufzeit und damit ihre Geschwindigkeit gemessen. Aus Impuls und Geschwindigkeit ergibt sich die Masse der Teilchen, so daß es möglich ist zwischen den negativen Pionen und den Antiprotonen zu unterscheiden. Die Szintillationszähler müssen ein Zeitaufhebungsvermögen von  $2\cdot 10^{-9}$  sec haben, damit sicher zwischen Pionen und Antiprotonen unterschieden werden kann. Der Untergrund besteht aus 50000 Pionen pro 1 Antiproton. Während die ersten Experimente mit etwa 20 Antiprotonen pro Tag durchgeführt wurden, konnte inzwischen die Ausbeute auf 5000 pro Tag gesteigert werden. Beim Zusammenstoß von Antiprotonen mit Protonen können neben elastischen Stößen auch (und zwar viel häufiger) unelastische mit Umwandlungen in Neutron und Antineutron, sowie in Pionen auftreten. Dabei zeigt es sich, daß die Bildung vieler Teilchen mit kleinen kinetischen Energien viel wahrscheinlicher ist als die Bildung

weniger Teilchen mit entsprechend hohen kinetischen Energien. Die einzelnen Reaktionwirkungsquerschnitte sind inzwischen recht genau gemessen. Man findet, daß die Wirkungsquerschnitte für die Wechselwirkung von Nukleonen mit Antinukleonen viel größer sind als die für die Wechselwirkung von Nukleonen untereinander. Man muß daraus schließen, daß für die Wechselwirkung die Mesonenwolke um die Nukleonen entscheidend ist.

D. v. EHRENSTEIN, G. FRICKE, H. KOPFERMANN und S. PENSELIN, Heidelberg: *Untersuchung der Hyperfeinstrukturaufspaltung der beiden Grundzustände  $^2D_{3/2}$  und  $^2D_{5/2}$  des  $^{89}\text{Yttrium}$  mit der Atomstrahlresonanzmethode.*

Mit einer magnetischen Atomstrahlresonanzapparatur (Rabi-Apparatur) wurde die Hyperfeinstruktur der beiden Grundzustände  $^2D_{3/2}$  und  $^2D_{5/2}$  von  $^{89}\text{Y}$  (Kernspin  $I = 1/2$ ) untersucht. Der Y-Atomstrahl wird nach dem Durchlaufen der Rabi-Apparatur, in der die zu messenden Übergänge zwischen den einzelnen Hyperfeinstrukturtermen durch Hochfrequenzeinstrahlung im homogenen Magnetfeld angeregt werden, periodisch unterbrochen, durch Elektronenstoß ionisiert, auf einige 10 keV beschleunigt und nach dem Durchlaufen eines 60-Grad-Magnetfeldes mit einem Multiplier nachgewiesen. Der am Multiplier angeschlossene Verstärker ist ein auf die Strahlunterbrechungsfrequenz abgestimmter Schmalbandverstärker. Mit diesem Massenspektrometer ist es möglich Yttrium-Atome mit einem Partialdruck von  $10^{-11}$  Torr bei einem Gesamtdruck von etwa  $10^{-6}$  Torr nachzuweisen.

H. SCHNEIDER, Reutlingen: *Ein Gleichstromstabilisator hoher Langzeitkonstanz zur Speisung von Spektrographenlampen.*

Ein kommerzieller Wechselspannungsstabilisator mit einer Konstanz von  $10^{-6}$  wurde durch einen Gleichrichter ergänzt. Der geglättete Gleichstrom wird über einen temperatur-unabhängigen Meßwiderstand aus Manganin mit einem Widerstand von einigen Ohm dem Verbraucher zugeführt. Die Meßeinrichtung des Wechselspannungsstabilisators wird an diesen Meßwiderstand, an dem eine dem Lampenstrom proportionale Spannung abfällt, angeschlossen. Die Meßeinrichtung, deren Güte für die Langzeitkonstanz verantwortlich ist, besteht aus einer Brückenordnung mit einem Kaltleiter, dessen Widerstand stark vom Strom abhängt. Die Brückenspannung wird verstärkt und steuert die Vormagnetisierung der Drossel, die in dem Wechselspannungsstabilisator als Stellglied wirkt. Die verwendeten Kaltleiter zeichnen sich durch geringen Stromverbrauch und, wegen ihrer niedrigen Arbeitstemperatur von  $600^\circ\text{C}$  gegenüber den häufig verwendeten Wolframdioden mit einer Glühtemperatur von  $2000^\circ\text{C}$ , durch praktisch unbegrenzte Lebensdauer aus. Die Konstanz des Gleichstromes ist über 7 Tage gemessen besser als  $\pm 10^{-6}$  nach einer Anlaufzeit von einigen Stunden.

R. BASS und D. ROSSBERG, Stuttgart: *Die elastischen Konstanten des Eises.*

Während bei einem isotropen Medium zwei Zahlen, z. B. der Elastizitätsmodul und die Querkontraktionszahl, zur vollständigen Beschreibung des elastischen Verhaltens des Mediums ausreichen, braucht man bei einem Kristall ein System von 5 Zahlen. Durch Messen der Eigenfrequenzen kreisförmiger Stäbe und Platten aus einkristallinem Eis wurde das vollständige System der elastischen Koeffizienten im Temperaturbereich zwischen  $-2^\circ\text{C}$  und  $-30^\circ\text{C}$  bestimmt. Die Eigenfrequenzen liegen zwischen 1 und

100 kHz. Die Einkristalle waren bis zu 25 cm lang, ihre Homogenität wurde optisch geprüft. Bei Frequenzen um 10 kHz wurde eine Dispersionsstufe der elastischen Koeffizienten des Eises nachgewiesen, die einem Relaxationsprozeß im Eis zugeordnet werden kann.

G. MACK, Tübingen: *Röntgenpräzisionsuntersuchungen an Germanium-Einkristallen und an legierten Germanium-Indium-pn-Übergängen.*

Für manche Röntgenpräzisionsuntersuchungen ist die Methode nach Kossel und van Bergen besonders geeignet, bei der die Messung des Bragg'schen Winkel  $\vartheta$  zurückgeführt wird auf die Messung eines kleinen Winkels  $\Delta\varphi$ . Man wählt dabei die Wellenlänge so, daß die Reflexionen an zwei Netzebenen, die den Winkel  $\psi$  einschließen, nahezu zusammenfallen:

$$\vartheta = \frac{\pi}{2} - \left( \frac{\psi}{2} + \Delta\varphi \right).$$

Die Genauigkeit der Gitterkonstantenmessung an reinem Ge beträgt  $10^{-5}$ , wobei die Brechungskorrektur nach Hönl berücksichtigt wurde. — An legierten Ge-In-pn-Übergängen treten Gitteraufweitungen und andere Gitterstörungen auf. Die Proben wurden vom Germanium zum Indium hin abgeätzt und die Lage der Störungen bezüglich der pn-Grenze lokalisiert.

E. FELDTKELLER, Stuttgart: *Zum Energieumsatz bei Röntgenphotochemie in KBr-Kristallen.*

Fällt Röntgenstrahlung auf Materie, so wird ein Teil ungeschwächt hindurchgehen, ein Teil wird gestreut und der Rest absorbiert. Die absorbierte Energie wird zum Teil durch Bildung von Störzentren und darin stattfindende Elektronenprozesse photochemisch gespeichert, zum Teil durch Photolumineszenz (optische Elektronenübergänge) wieder ausgestrahlt. Der Rest wird durch Stoßprozesse und strahlungslose Übergänge in Wärme umgesetzt. Während bei Metallen die absorbierte Energie zu 100 % in Wärme umgesetzt wird, spielen bei Ionkristallen auch photochemische Prozesse und Photolumineszenz eine Rolle. Am Beispiel des KBr wurde nachgewiesen, daß die absorbierte Energie zu 90 % in Wärme umgesetzt wird. Der KBr-Einkristall war zur Messung im Vakuum an einem Thermoelement aus Konstantan-Tellur aufgehängt. Die Intensität der Röntgenstrahlung wurde bestimmt, indem der KBr-Kristall durch ein Blei-Plättchen ersetzt wurde. Bei „hydrierten“ KBr-Kristallen ist die Wärmeausbeute am Anfang nur 87 %, nähert sich aber im Laufe der Bestrahlung dem 90 %-Wert für einen reinen KBr-Kristall.

M. KELLER, Tübingen: *Elektroneninterferometrische Messung des inneren Potentials von Festkörpern.*

Das elektronenoptische Biprisma wird als Elektronen-Interferometer zur Bestimmung des inneren Potentials von Festkörpern benutzt. Die Strahlspannung beträgt 55 kV. Der Elektronenstrahl wird durch das Biprisma in zwei kohärente Teilstrahlen aufgespalten, die genau wie in der Lichtoptik nach ihrer Wiedervereinigung ein charakteristisches Streifensystem bilden. Wird in einen Strahl eine Folie eingebracht, so ist der Gangunterschied der beiden Wellenzüge gegenüber der ursprünglichen Anordnung verschieden und das Streifensystem ist gegenüber dem ursprünglichen verschoben. Aus der Versetzung der Interferenzstreifen ergibt sich das innere Potential zu 24 V in amorphem Kohlenstoff. Es ist höher als in Diamant (21 V) und Graphit (12 V). [VB 918]

## Dermolekulare Mechanismus von Relaxations- und Transportvorgängen in Festkörpern

„The Molecular Mechanism of Rate Processes in Solids“ war das Thema einer von der Faraday Society gemeinsam mit der Niederländischen Chemischen Gesellschaft in Amsterdam vom 15.–18. April 1957 abgehaltenen Diskussionstagung. Seit dem Bestehen der Faraday Society (1903) war dies die erste Tagung der Gesellschaft, die außerhalb Englands auf dem Kontinent stattgefunden hat. 21 Beiträge wurden von etwa 180 Teilnehmern aus Holland, England, Deutschland, Frankreich, Schweiz, Italien, Belgien und Australien diskutiert.

Das Symposium wurde durch C. J. F. Böttcher (Leyden) eingeleitet, der den Diskussionsgegenstand unterteilte: in

1. Mechanische und dielektrische Relaxationserscheinungen,
2. Transportvorgänge, bei denen das Kristallgitter entweder erhalten bleibt oder im Verlauf von Modifikationsänderungen bzw. chemischen Reaktionen umgewandelt wird.

Es liegt auf der Hand, daß Gitterfehlordnungen für den Ablauf dieser Vorgänge entscheiden sind. Drei Typen von Fehlordnungen wurden in einem Referat von J. S. Koehler und F. Seitz (Illinois) unterschieden: 1. Punkt-Fehlstellen, hauptsächlich Leerstellen und Zwischenstellen; 2. Lineare Fehlstellen, Versetzungen

(Kanten- und Schraubenversetzungen); 3. Planare Fehlstellen, Grenzflächen zwischen verschiedenen orientierten Kristallen.

Während die Entstehung von Punkt-Fehlstellen und deren Einfluß auf Geschwindigkeitsvorgänge in Ionkristallen weitgehend untersucht ist, sind die Verhältnisse in Metallen weniger klar. Aufschlußreich sind z. B. Widerstandsmessungen an dünnen Gold-Drähten<sup>1)</sup>, die rasch von hohen Temperaturen abgeschreckt wurden. Dadurch werden die thermisch entstandenen Fehlstellen (Leerstellen) eingefroren; z. B. beträgt bei  $960^\circ\text{C}$  der Atombruch der Fehlstellen  $10^{-4}$ , die Aktivierungsenergie zu ihrer Erzeugung 1,0 eV (23 kcal/mol). In der Nähe von Zimmertemperatur können die Fehlstellen mit einer Aktivierungsenergie von 0,7 eV getempert werden. In diesem Fall gelingt also eine besonders übersichtliche Trennung der Aktivierungsenergie für die Selbstdiffusion (1,7 eV) in einen Anteil zur Erzeugung der Fehlstellen und einen zur eigentlichen Bewegung.

Da Versetzungen sich in Festkörpern bewegen können, spielen sie bei mechanischen Relaxationserscheinungen eine wichtige

<sup>1)</sup> J. E. Bauerle, C. E. Klabunde u. J. S. Koehler, Physic. Rev. 102, 1182 [1956].