

Makromolekulare Stoffe sind binäre Systeme aus End- und Mittelgliedern. Lösungsmittelmoleküle wirken gleich oder schlechter als Endgruppen. Im letzteren Falle heißen sie Weichmacher. Die Gestalt von kristallisierbaren Makromolekülen kann man durch Festfrieren in einem Lösungsmittel bestimmen. Gelöste Polyäthylen sind geschlängelt, aber nicht stark geknäult. Auch ist ihr Ordnungsgrad von Seitengruppen- und Endgruppenzahl abhängig.

Bei Netzen wird die Maschenweite definiert und die Vielmaschigkeit besprochen. Sie wird Polydictyalität genannt. Es wird die Maschenverteilung in einem vernetzten Styrol experimentell bestimmt. Durch diese Funktion ist die Gestalt des Netzes festgelegt.

*H. ZAHN*, Heidelberg: *Über den Feinbau der Hochpolymeren.*

Aktuelle Fragen der Feinbauforschung wurden an den Beispielen Kollagen und dem Polyurethan aus Hexamethylen-diisocyanat und Tetramethylenglykol diskutiert.

*H. ORTH*, Troisdorf: *Zur Polymerisation ungesättigter Dioxolane.*

Bei den Dioxolanen handelt es sich um ungesättigte, cyclische Acetale und Ketale, welche durch eine oder mehrere semicyclische Doppelbindungen charakterisiert sind. Nach dem Katalysator-Typ läuft die Polymerisation vermutlich als krypto-kationische Reaktion ab, gehört mithin in die Gruppe der Ionenkettenpolymerisationen. Anknüpfend an eigene Beobachtungen aus früherer Zeit und neuere amerikanische Arbeiten wurden die hier wirksamen Katalysatoren, hinsichtlich Konzentration und Polymerisationsgeschwindigkeit, auch in Abhängigkeit von der Struktur der Monomeren, diskutiert. An ausgewählten Beispielen von ein- und zweifach ungesättigten Dioxolanen wurden die wichtigsten Eigenschaften der Polymerate sowie einiger Mischpolymerate besprochen und auch das physikalische Verhalten der Produkte hinsichtlich ihrer technischen Verwendungsmöglichkeit an Hand von Diagrammen und Zahlentafeln kurz erläutert.

*W. KERN*, Mainz: *Bildungsweisen makromolekularer Stoffe durch Polymerisation.*

Makromolekulare Stoffe entstehen durch Polymerisation, Polykondensation und Polyaddition. Es wird versucht, eine Abgrenzung dieser Bildungsweisen durchzuführen an Hand verschiedener Kriterien, besonders an Hand des Mechanismus der Bildungsreaktionen. Es ist zweckmäßig, einerseits Dimerisation, Trimerisation, allgemein Oligomerisation und andererseits Polymerisation zu unterscheiden. Eine Unterscheidung von Polykondensation und Polymerisation auf Grund der entstehenden polymeren Stoffe ist nicht möglich, wohl aber eine Unterscheidung auf Grund des Reaktionsmechanismus.

Die substituierende Polykondensation ist eine typische Stufenreaktion, zusammengesetzt aus Einzelreaktionen mit unabhängigen Reaktionsschritten. Die Polyaddition oder additive Polykondensation ist ebenfalls eine Stufenreaktion, ähnlich dem Mechanismus der substituierenden Polykondensation, aber doch deutlich von ihr zu unterscheiden. Die Polymerisation ist eine Kettenreaktion mit voneinander abhängigen Reaktionsschritten.

Die Polymerisation ungesättigter Verbindungen ist über Radikal- bzw. Ionenketten möglich. Die Radikalkettenpolymerisation ist wohl am besten untersucht. Ihre wichtigsten Teilreaktionen sind die Radikalbildung beim Primärakt und die Übertragungsreaktion. Man kennt schon eine große Zahl von radikalliefernden Reaktionen, die Polymerisationen auszulösen in der Lage sind. Hierin und in theoretisch leicht zu überblickenden Folgerungen des Radikalmechanismus, wie die Inhibition der Radikalpolymerisation durch molekularen Sauerstoff und den Einbau der Radikale als Endgruppen, hat man exakte Stützen für den Radikalmechanismus. Die Übertragungsreaktion durch Regler ergibt die Möglichkeit der Beeinflussung der Molekelgröße und der Einführung von Endgruppen.

Die Ionenkettenpolymerisation kann sowohl über Kationen als auch über Anionen führen. Vielfach sind Komplexverbindungen brauchbare Katalysatoren. Nur eines der Ionen, in die solche Komplexe dissoziieren können, darf die Fähigkeit haben, sich an polarisierte Doppelbindungen homöopolar anzulagern. Es folgt auf einen Primärakt, bei dem ein an die Doppelbindung anlagerungsfähiges Ion gebildet wird, das Kettenwachstum über ionische Zwischenstufen, anschließend Kettenübertragung oder Kettenabbruch.

Die Polymerisation cyclischer Äther verläuft ebenfalls über einen Ionenmechanismus, ähnlich dem Ionenmechanismus bei der Doppelbindung. Dagegen ist der Mechanismus der Polymerisation von Lactonen und Lactamen noch nicht genügend untersucht, um eindeutige Aussagen machen zu können.

*K. HULTZSCH*, Wiesbaden-Biebrich: *Über Zusammenhänge und Abgrenzungen bei Poly-Reaktionen.*

Die traditionelle Einteilung der Kunststoffe in Polykondensate und Polymerate befriedigt heute nicht mehr vollständig, selbst wenn in neuerer Zeit durch das Hinzukommen der Polyaddukte bereits eine Erweiterung geschaffen wurde. Es wird gezeigt, daß zwischen den Vorgängen der reinen Polykondensation und der Polymerisation ungesättigter Verbindungen eine Reihe von Übergängen bestehen. Dazu gehört vor allem die Polyaddition, deren wesentliches Merkmal die Wanderung von beweglichen Wasserstoff-Atomen ist, die eine klare Abgrenzung gegen die Polymerisation ergibt. Es wird weiter auf das Zusammenspiel bzw. die jeweilige Reihenfolge von Additions- und Abspaltungsreaktionen hingewiesen, aus denen sich sowohl die Bildung härtbarer Produkte als auch die Polyaddition erklären läßt. Andere unter Wasserstoff-Wanderung eintretende, jedoch katalytisch herbeigeführte Additionsvorgänge werden ebenfalls hier einbezogen. Als weitere charakteristische Form einer Poly-Reaktion wird die vermutlich auf dem Wege von Ionenkettenreaktionen sich vollziehende Polymerisation von gewissen Heterocyclen, wie Epoxid-Verbindungen, Tetrahydrofuran und schließlich Caprolactam erachtet.

Es erscheint wichtig, bei allen Bemühungen zur Klassifizierung von Kunststoffen klarer hervorzuheben, ob Bildungsmechanismus oder Struktur der Polymersprodukte in den Vordergrund gestellt werden sollen. Nur so wird man der überraschenden Tatsache gerecht werden, daß u. U. Produkte von praktisch gleichartiger Struktur sowohl auf dem Wege einer Polykondensation als auch eines Polymerisationsvorganges entstehen können.

[VB 371]

## Physikalische Gesellschaft Württemberg-Baden-Pfalz

Überlingen, 25.-27. April 1952

*E. ZEHENDER*, Stuttgart: *Ein Interferenzverfahren zur Messung rauher Oberflächen.*

Beim üblichen Interferenzmikroskop nach Tolansky entspricht einer Verzerrung der Interferenzstreifen um eine volle Streifenbreite einer Tiefe  $\delta$  der betreffenden Rille von einer halben Wellenlänge. Die obere Grenze für die auf diese Weise zu untersuchenden Unebenheiten liegt so bei  $1 \mu$ .

Zur Ausmessung noch rauherer Oberflächen verschafft man sich mittels eines aufgegossenen Films ein Oberflächenbild der zu prüfenden Stelle. Dann bringt man den Film in den Raum zwischen zwei halbdurchlässig verspiegelten Glasplatten und beobachtet die durch die Unebenheiten des Films hervorgerufenen Interferenzstreifenverzerrungen. Die einer Auslenkung von einer Streifenbreite entsprechende Furchentiefe  $\delta$  ist nun jedoch nicht mehr durch  $\lambda/2$ , sondern durch

$$\delta = \frac{\lambda}{2(n_{\text{film}} - n_{\text{med}})}$$

gegeben, wobei  $n_{\text{film}}$  den Brechungsindex des Films,  $n_{\text{med}}$  den des umgebenden Mediums bedeutet. Füllt man also den Raum

zwischen den Glasplatten nicht mit Luft, sondern mit einer Flüssigkeit aus, so kann man  $\delta$  ohne Schwierigkeiten  $10 \mu$  groß machen und Riefen bis zu  $25 \mu$  Tiefe richtig ausmessen.

Eine bei unsachgemäßer Herstellung des Films auftretende Durchbiegung läßt sich leicht kontrollieren: die Sohle eines tiefen „Grabens“ erscheint dann ebenfalls gewölbt, während sie bei richtiger Fertigung gerade verläuft.

Außer zur Vermessung besonders rauher Oberflächen empfiehlt sich die Anwendung des neuen Verfahrens immer dann, wenn die zu untersuchende Stelle der unmittelbaren Beobachtung schlecht zugänglich ist. Durch geeignete Wahl des ausfüllenden Mediums kann man sich zudem dem Rauigkeitsgrad der Fläche in weitem Maße anpassen.

*B. ZIEGLER*, Karlsruhe: *Ein Quarzfadenmanometer mit stationärer Anzeige.*

Beim Quarzfadenmanometer in seiner einfachsten Ausführung wird der Quarzfaden durch mechanischen Anstoß zu Schwingungen erregt und deren Abklingen durch visuelle Beobachtungen verfolgt. Die Größe der Dämpfung ist ein Maß für den im Gefäß herrschenden Druck.

Die Anzeige läßt sich auch elektrisch ausführen. Man versieht dazu den Faden mit einem metallischen Überzug und lädt ihn elektrisch auf. Durch die Schwingungen des Fadens wird dann in einer an der Wand des Gefäßes angebrachten Elektrode ein Wechselstrom influenziert, dessen zeitliches Abklingen nach Verstärkung registriert werden kann.

Zum bequemen Betrieb wäre jedoch eine stationäre Anzeige erwünscht. Es liegt nahe, durch Anlegen einer Wechselspannung von der Eigenfrequenz des Fadens diesen auszuschütteln und die erreichte Amplitude als Maß für den vorhandenen Druck zu nehmen. Das gelingt wegen der scharfen Resonanz des Fadens jedoch nur, wenn man als erregende Wechselspannung die vom Faden selbst erzeugte nimmt. Man hat diese also nach der Verstärkung mit Hilfe einer zweiten Elektrode auf den Faden rückzukoppeln.

Mit dieser Anordnung ließ sich im Druckbereich zwischen  $10^{-5}$  und 1 Torr eine bequeme und zuverlässige Anzeige erreichen. Der Meßbereich kann nach unten erweitert werden, wenn man durch geeignete Schaltung den Einfluß der Eigen-dämpfung des Fadens verringert.

*R. WIDEROE*, Zürich: *Physikalische und technische Probleme des Betatrons.*

Das Zürcher Betatron beschleunigt die Elektronen bei jedem Umlauf um 30 V, in den stattfindenden  $10^6$  Umläufen also auf 30 MV. Zur medizinischen und technischen Anwendung wurde bisher die bei Abbremsung der Elektronen an einer innen angebrachten Platin-Antikathode entstehende harte  $\gamma$ -Strahlung verwendet. Die Antikathode wurde nur 1,5 mm dick gewählt, so daß die Elektronen im Mittel nur auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Energie verlangsamt werden. Das verringert den Anteil der weichen Bremsstrahlung und ist namentlich für die klinische Verwendung von Bedeutung.

Trotz der erzielten praktischen Erfolge ist die Wirkungsweise des Betatrons noch nicht in allen Einzelheiten bekannt. Vor allem ist es schwierig zu verstehen, weshalb die Elektronen nach dem ersten Umlauf nicht von hinten auf die Einschleif-Spritze aufprallen. Verschiedene, darüber aufgestellte Theorien wurden durch geeignete Experimente nachgeprüft und zum großen Teil widerlegt. Merkwürdig ist in diesem Zusammenhang besonders, daß zwei simultan betriebene Spritzen keinen größeren Wirkungsgrad ergeben als eine, und das auch dann nicht, wenn sie um  $180^\circ$  versetzt angebracht werden. Durch neue Versuche, bei denen der eingespritzte Strom ohne Änderung der Einspritzspannung variiert und dem Steuerfeld ein zusätzliches Kontraktionsfeld überlagert werden soll, hofft man weitere Aufschlüsse über die offenbar ziemlich komplizierten Verhältnisse bei der Stabilisierung zu gewinnen.

In der klinischen Anwendung hat sich das Gerät als sehr erfolgreich erwiesen. Der Hauptvorteil gegenüber den üblichen Röntgenanlagen von ca. 200 kV besteht in dem verschiedenen Tiefenverlauf der erzeugten Ionisation. Während die Wirkung der 200 kV-Strahlung hauptsächlich dicht unter der Oberfläche stattfindet und mit der durchstrahlten Tiefe rasch abfällt, zeichnet sich die mit dem Betatron erzeugte Strahlung durch relativ kleine Oberflächen- und große Tiefenwirkung aus. Sie erreicht erst bei 6 cm durchstrahlter Tiefe ein Maximum der Ionisation, an das sich ein langsamer Abfall anschließt. Man könnte das Maximum natürlich durch Verwendung größerer Spannungen noch nach größeren Tiefen verschieben, doch wäre dann die auf der Rückseite der bestrahlten Körperstelle austretende Dosis zu hoch. Nach den bisherigen Erfahrungen scheint sich im klinischen Betrieb die verwendete Spannung von 30 MV am besten zu bewähren. Natürlich muß darauf geachtet werden, daß die nur unvollständig abgebremsten Elektronen sauber weggefiltert werden. Das läßt sich durch geeignet angebrachte Blenden und Ausgleichskörper erreichen.

Besondere Erfolge wurden bei der Behandlung der sonst nur schwer heilbaren Speiseröhrenkrebs erzielt. Auch sonst sind die Erfolge zufriedenstellend; von 44 behandelten Patienten waren 24 symptomfrei, 13 zeigten Besserungen und nur 7 blieben unbeeinflußt. Von den letzteren litten die meisten an Bronchialkarzinomen, die auf diese Weise anscheinend schlecht zu behandeln sind.

Auch bei der technischen Materialprüfung hat sich die vom Betatron ausgehende Röntgenstrahlung gut bewährt. Die Halbwertschicht beträgt 32 cm Eisen, ist also bedeutend größer als bei den viel verwendeten radioaktiven Isotopen. Eisen-Schichten von einem halben Meter Dicke konnten so noch ohne Schwierigkeiten durchstrahlt werden. Besonders wirkungsvoll hat sich eine Kombination von Ultraschall-Untersuchung mit der Röntgendifurchleuchtung erwiesen, wobei mit der ersten Methode Existenz und ungefähre Lage eines Fehlers, mit der zweiten die genauen Details der Fehlerstelle festgestellt wurden.

*L. KOESTER und H. MAIER-LEIBNITZ*, Heidelberg: *Genaue Zählung von  $\beta$ -Strahlen mit Proportionalzählrohren.*

Die Genauigkeit von Messungen an  $\beta$ -Strahlen mit Geiger-Müller-Zählrohren wird durch gewisse ungeklärte Schwankungen und durch die Unmöglichkeit, mehr als etwa 1000 Ausschläge pro Sekunde zu zählen, begrenzt. Durch Verwendung von einfachen Proportionalzählrohren mit durchströmendem Methan bei Atmosphärendruck wurde demgegenüber eine wesentliche Verbesserung erzielt. Bei einer Zählspannung von 4000 Volt und einer Nachverstärkung der Impulse um den Faktor 100 ergibt sich ein Plateau der Zählcharakteristik von 800 Volt, wobei der Anstieg der Impulszahl pro 100 Volt im Mittelteil kleiner als 0,1 % ist. Voraussetzung ist, daß der Verstärker keine Impulse doppelt zählt. Die Anordnung wurde mit einer  $^{22}\text{Na}$ -Quelle in 2 cm Abstand von dem dünnen Fenster des Zählrohres (übliche end-on-Bauart) geprüft. Neben den statistischen Schwankungen von 0,03 % wurde ein Barometereffekt gefunden, der von der wechselnden Schwächung der  $\beta$ -Strahlen auf dem Weg zum Zählrohr (nicht von einem Einfluß des Luftdrucks auf die Zählcharakteristik) herrührt. Sonstige Schwankungen waren kleiner als 0,02 %. Durch die Zählentladung verschob sich die Charakteristik des Zählrohres langsam nach höheren Werten, weil sich der Zähldraht durch Anlagerung von Paraffinen verdickte. Für Messungen mit einer Genauigkeit von 1 % ist diese Verschiebung bis  $2 \cdot 10^9$  gezählte Ausschläge ohne Belang. Wenn man sie als Korrektur berücksichtigt, kann man eine Genauigkeit um 1 pro mille bis zu dieser Ausschlagszahl einhalten.

*W. RAU*, Weißnau: *Gefrierkernspektrum und atmosphärische Eisbildung.*

Wie zumindest in gemäßigten Breiten allgemein bestätigt wurde, schließt sich bei jedem stärkeren Niederschlag der atmosphärische Wasserdampf erst zu Eiskristallen zusammen. Im Falle des direkten Übergangs vom dampfförmigen zum flüssigen Zustand entsteht nur Niesel-Regen. Damit erhebt sich die physikalische Frage, wie die ersten Kristalle entstehen. Eine Voraussetzung ist sicher gesättigter Wasserdampf, eine zweite beträchtliche Unterkühlung. Da homogene Kerne erst ab  $-70^\circ\text{C}$  entstehen, hat man inhomogene Kernbildung anzunehmen.

Zur experimentellen Untersuchung wurden Wassertropfen auf Metallplatten gebracht, im Vakuum unterkühlt und die Einzelheiten des Einfriervorganges beobachtet. Die Existenz von Kernen wurde sichergestellt. Die Bestimmungen des Gefrierkerngehaltes ist jedoch sehr schwierig, da beim Auftreten des ersten Kerns der Tropfen auch schon sehr schnell erstarrt. Zur Gewinnung quantitativer Aufschlüsse wurde die Zahl der Gefrierungen pro Temperaturintervall an Tropfen von  $600 \text{ mm}^3$  Inhalt registriert. Es ergab sich ein Maximum bei  $-4^\circ$ , ein ausgeprägtes Hauptmaximum bei  $-10^\circ$  und ein kleineres bei  $-20^\circ$ .

Dieses Gefrierkernspektrum ist sehr anfällig gegen Variation der Versuchsbedingungen. Namentlich verschiebt das Impfen der Tropfen mit Fremdkörpern das Maximum ganz nach  $-4^\circ$ . Besonders wirksam erweist sich das auch bei den amerikanischen Regenversuchen viel verwendete Silberjodid. Auffällig ist dabei, daß sich die geimpften Tropfen nach dem Gefrieren und Wiederauf-tauen wie unbehandelte Tropfen verhalten, die Kerne also keine Nachwirkungen zeigen. Der Grund für dieses Verhalten dürfte in elektrostatischen Wechselwirkungen zu suchen sein. Verkleinert man das Tropfenvolumen bis herunter zu  $0,15 \text{ mm}^3$ , so verschwindet das Maximum bei  $-10^\circ$  und das bei  $-20^\circ$  wird immer ausgeprägter.

Bereits früher hatten andere Autoren ähnliche Ergebnisse erhalten. Da bei ihren Untersuchungen das Wasser meist in Gläsern eingeschlossen war, wurde diese Methodik auch hier angewandt, wobei vor allem die Maxima bei  $-10^\circ$  und  $-5^\circ$  hervortraten.

Die atmosphärische Eisbildung geht damit gut parallel: Untersuchungen von *Pepper* an Altokumulus und auf dem Säntis ergaben ein Maximum bei  $-10^\circ$ ; über See überwiegt nach Versuchen von *Schwerdtfeger* zumindest im Sommer die Eisbildung bei  $-4^\circ$ , und *Howell* fand auf dem Mt. Washington und in der freien Atmosphäre beide Maxima, wobei das bei  $-10^\circ$  überwog. Zur Erklärung der atmosphärischen Eisbildung sind daher keine neuen Hypothesen vonnöten.

*A. EHMRIT und K. REVELLIO*, Weißnau: *Infraschall in der Atmosphäre.*

Luftdruckschwankungen in der Atmosphäre im Bereich von 2 bis 20 Hz werden bereits seit längerer Zeit vermutet. Da von medizinischer Seite verschiedentlich ein Zusammenhang mit den bei Föhn auftretenden physiologischen und psychologischen Phänomenen vermutet wurde, schien es von Interesse, diese Schwankungen experimentell nachzuweisen. Dazu wurden die von einem

im Freien aufgestellten Kondensatormikrophon gelieferten Stromstöße verstärkt, ein schmales Frequenzband um 8 Hz herausgefiltert und die Amplitude der Schwingungen laufend registriert. Da diese Amplitude um  $1 \mu$  bar liegt, ist es natürlich sehr schwierig, die mannigfachen Störreinflüsse sauber zu eliminieren. So macht sich der Wind stark bemerkbar, ohne daß indes der aufgezeichnete Infraschall mit der gleichfalls registrierten Windstärke streng parallel ginge. Wie der Vergleich mit dem Fahrplan von Weißenau zeigt, ergeben sich bei An- und Abfahrt jedes Zuges starke Spitzen. Störungen durch Industriellärm dürften dagegen wegen der abseitigen Lage weniger wahrscheinlich sein. Als vorläufiges Ergebnis scheint sich nach Abzug aller Störreinflüsse ein Tagesgang zu ergeben, der im Herbst gegen Abend zu rasch abklingt, während er im Frühjahr andauert. Zu genaueren Aussagen ist jedoch erst das Ergebnis weiterer systematischer Registrierungen abzuwarten.

*A. CITRON*, Freiburg: Über den Barometereffekt großer Luftschaue.

Energiereiche Einzelteilchen der kosmischen Ultrastrahlung lösen beim Stoß mit Atomen der atmosphärischen Luft Kernreaktionen aus. In deren Folge treten Schauer von Nucleonen auf, die Luftschaue. Die Häufigkeit dieser Luftschaue in Erdbodenhöhe zeigt eine Abhängigkeit vom Barometerstand. Sie nimmt im Mittel um 10 %/cm Hg-Säule Luftdruckänderung ab. Das Häufigkeitsverhältnis dichter Schauer mit 5 Nucleonen zu dünnen Schauern mit 3 Nucleonen ergibt sich nach der Theorie zu 6,5:1; die dichten Schauer sollten nur einen geringen Barometereffekt zeigen. Dem entgegen zeigt die Registrierung der Luftschaue über den Zeitraum eines Jahres, daß im Winter die Häufigkeit der dichten Schauer wenig größer oder gleich der der dünnen Schauer ist. Im Sommer zeigt sich ein umgekehrtes Häufigkeitsverhältnis. Zur Deutung der Ergebnisse ist anzunehmen, daß die Voraussetzung der Kaskadenerzeugung der Schauer zur theoretischen Berechnung des Häufigkeitsverhältnisses und des Barometereffektes nicht zutreffend ist. Es liegt nahe, die Schauer in Erdbodenhöhe als durchdringende Schauer, direkt von Einzelteilchen erzeugt, anzusehen. Der beobachtete Barometereffekt der Schauerhäufigkeit ist dann ein Barometereffekt der Häufigkeit der Einzelteilchen. Aus den Messungen ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von 12–14 %/cm Hg-Säule. Entgegen den Feststellungen anderer Autoren konnte kein Sternzeit- oder Ortszeitgang des Barometereffektes nachgewiesen werden.

*L. KOESTER, H. MAIER-LEIBNITZ und K. SCHMEISER*, Heidelberg: Die praktische Reichweite von Positronen und Elektronen.

Zur praktischen Reichweite von  $\beta$ -Strahlen in Materie tragen drei Erscheinungen bei:

- 1) Energieverlust und Absorption der  $\beta$ -Strahlen durch Ionisation.
- 2) Streuung der  $\beta$ -Strahlen um kleine Winkel (Vielfachstreuung).
- 3) Streuung um große Winkel (Einzelstreuung).

Davon ist die Einzelstreuung abhängig von der Ladung des  $\beta$ -Teilchens. Elektronen-Strahlen werden mehr um größere Winkel gestreut als Positronen-Strahlen. Daher sollten bei gleicher Energie die Elektronen eine kleinere praktische Reichweite haben als die Positronen. Dieser Reichweite-Unterschied hängt ab von der  $\beta$ -Energie und der Ordnungszahl der Atome des Absorbers.

Es wurden die Absorptionskurven der  $\beta^+$  (0,66 MeV)- und der  $\beta^-$  (0,57 MeV)-Strahlung des  $^{64}\text{Cu}$  nach magnetischer Trennung von  $\beta^+$  und  $\beta^-$  in Al und Au gemessen. Dabei zeigt sich beim Al innerhalb der Fehlergrenzen von 2 % kein Unterschied in der Reichweite zwischen  $\beta^+$  und  $\beta^-$ . Beim Au-Absorber ergibt sich ein deutlicher Reichweite-Unterschied von 20 %.

Bei höheren  $\beta$ -Energien wurde die Absorptionskurve des Positronenstrahlers  $^{13}\text{N}$  (1,24 MeV) in Al-, Cu- und Au-Absorber gemessen und die Absorptionskurve der  $\beta^-$ -Strahlung des  $^{24}\text{Na}$  (1,39 MeV) mit den gleichen Absorbern. Bezogen auf eine  $\beta$ -Energie von 1,3 MeV ergibt sich für die Al-Absorber wieder kein Reichweite-Unterschied innerhalb der Fehlergrenzen von 2 %. Bei den anderen Absorbern betragen die Unterschiede 0,9 %, beim Cu und beim Au 27 %.

Die Ergebnisse deuten auf die Notwendigkeit der Aufstellung getrennter Energie-Reichweite-Beziehung für Elektronen und Positronen hin und zeigen den Weg zur Abschätzung des Anteils der Einzelstreuung an der Absorption von  $\beta$ -Strahlen.

*R. MECKE und H. SCHILD*, Freiburg: Messung von Dielektrizitätskonstanten an Pulvern.

Die Berechnung der Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon = Dk$  – einer Suspension von Pulvern in Flüssigkeit aus den Dielektrizitätskonstanten der Komponenten hat sich als unmöglich erwiesen. Der zur Berechnung erforderliche Entelektrisierungsfaktor  $g$  ist unbekannt. Für den elementaren Fall einer Kugel im elek-

trischen Feld ist nach *Claudius-Mussoti*:  $g = 1/3$ . Legt man diesen Wert zugrunde, dann ergibt im vorliegenden Falle die Berechnung gänzlich falsche Werte. Aus den Messungen der  $Dk$  der Suspension läßt sich der Entelektrisierungsfaktor  $g$  berechnen. Dabei ist erforderlich, eine der folgenden Dielektrizitätskonstanten als Bezugsgröße  $\epsilon_n$  anzunehmen: 1)  $\epsilon_A = Dk$  des Pulvers, 2)  $\epsilon_B = Dk$  der Flüssigkeit, 3)  $\bar{\epsilon} = Dk$  der Suspension, 4)  $\epsilon_0 = Dk$  des leeren Kondensators.

Dementsprechend erhält man Entelektrisierungsfaktoren

$g_A$ ,  $g_B$ ,  $g$  und  $g_0$ .

Die Messungen der  $Dk$  der Suspensionen von Sand, Glaskugeln, Quarzsand usw. in Benzol, Nitrobenzol, Chlorbenzol usw. zeigten folgende Ergebnisse:

1) Es ergaben sich für jede einzelne Suspension Werte von  $g$  zwischen 0,6 und 0,01 je nach Wahl der Bezugs-Dk  $\epsilon_n$ .

2) Der Verlauf der Entelektrisierungsfaktoren  $g$  als Funktion von  $\epsilon_A/\epsilon_B$  zeigt in allen untersuchten Fällen die gleiche Tendenz:

Ein monotoner Abfall der  $g$ -Werte im Gebiet  $\epsilon_A/\epsilon_B < 1$  bis zum Punkt  $\epsilon_A/\epsilon_B = 1$ , dort ein scharfer Sprung der  $g$ -Werte bis zum Maximalwert. Anschließend im Bereich  $\epsilon_A/\epsilon_B > 1$  wieder ein monotoner Abfall wie im Bereich  $\epsilon_A/\epsilon_B < 1$ .

Diese Erscheinung kann man in Analogie zur Optik als eine „anomale Dispersion des Entelektrisierungsfaktors“ bezeichnen.

Die Strukturform des Pulvers hat auf diese Erscheinung keinen Einfluß, was aus den Messungen der Suspensionen von Glaswolle, Asbest und Kaolin zu entnehmen ist. Als Ursache dieses Effektes ist die Oberflächenleitfähigkeit der Pulver in Betracht zu ziehen. In Ausführung befindliche Messungen der Leitfähigkeit der Suspensionen vermögen darüber einige Aufschluß zu geben.

Als technisch interessantes Ergebnis der Versuche ist u. a. zu bemerken, daß Feuchtigkeitsbestimmungen mit Hilfe einfacher Messungen der Dielektrizitätskonstanten zu nicht auswertbaren Ergebnissen führen.

*L. GRAF*, Stuttgart: Zum Wachstumsmechanismus der Kristalle.

Das Wachstum nahe am Phasengleichgewicht spielt sich nach den bekannten Vorstellungen von *Kossel* und *Stranski* ab. Die energetische Betrachtung führt hier zu dem Begriff des wiederholbaren Schritts und so zum Aufbau des Kristalls Baustein an Baustein, Kette an Kette und Schichtebene auf Schichtebene. Fern vom Phasengleichgewicht muß diese Betrachtungsweise jedoch durch kinetische Überlegungen ergänzt werden.

Die experimentelle Beobachtung ergibt nämlich in diesem Fall das schnelle Wachsen auch niederindizierter Flächen, dementsprechend das Weiterbestehen der bei normalem Wachstum rasch verschwindenden hochindizierten Flächen, Dendritenbildung und Abrundung der Kristallformen, also im Gegensatz zu dem von *Kossel* erklärten „tangentialen“ Flächenwachstum ein ausgeprägtes „vertikales“ Fortwachsen. Auch die sich bildenden Schichten sind keineswegs monomolekular, sondern zwischen 0,1 und 1  $\mu$  dick. Das ist an den in Metallschmelzen sich bildenden Dendriten gut zu sehen, die im Schnitt deutliche „Jahresringe“ zeigen. In diesem Fall haben wir also ein zentrales Wachstum, bei dem sich um den ursprünglichen Dendriten neue makroskopische Schichten herumschließen. Mehrere dieser Dendriten pflegen in der Schmelze parallel zusammenzuwachsen, so daß der entstehende „Einkristall“ in der Tat ein gut verwachsenes Dendriten-Bündel darstellt. Das läßt sich gut zeigen, wenn man kurz vor dem völligen Erstarren das zwischen den Dendriten stehengebliebene Eutektikum absaugt. Auch die Oberfläche eines Metalls läßt die von den Dendriten herführende Struktur in vielen Fällen noch gut erkennen.

Die Erklärung für das Lamellenwachstum ist mit kinetischer Betrachtung leicht zu geben: Während beim Wachsen nahe dem Phasengleichgewicht auf eine dichtbesetzte Ebene auftreffende Atome wegen der energetisch ungünstigen Verhältnisse zum Rand gedrängt und dort angelagert werden, können sich bei den großen Konzentrationen fern vom Phasengleichgewicht mehrere Atome im Vielfachstoß auf einer solchen Fläche festsetzen, worauf bei den nunmehr geschaffenen Potentialverhältnissen sofort das Wachstum der Lamelle in der durch die Höhe des Häufchens gegebenen Dicke einsetzt. Der Vorgang wurde schon früher oft beobachtet, aber noch nie in seiner grundlegenden Bedeutung für das Kristallwachstum erkannt.

In einem vorgeführten Film ließ sich bei der Elektrolyse von Silbernitrat die Ausbildung der Lamellen und Dendriten gut verfolgen. Noch eindrucksvoller war ein englischer Film, der das

Wachstum von Kristallen aus übersättigten Lösungen zwischen gekreuzten Nicols in prächtigen Farben zeigte. Das Wandern der Lamellen konnte wegen ihrer kräftig kontrastierenden Farben in allen Einzelheiten verfolgt werden, beim Hervorschießen der Dendriten bewirkte Konzentrationsänderungen und Turbulenzen gaben sich in vielfältigen Farbänderungen zu erkennen.

K. KRONMÜLLER, J. JAUMANN und K. SEILER, Stuttgart: *Die elektrische Wirkung von Fremdelementen und Wärmebehandlung bei hochgereinigtem Tellur.*

Das verwendete Tellur wurde durch fraktionierte Sublimation bei  $10^{-6}$  bis  $10^{-4}$  Torr sorgfältig gereinigt. Die mittlere Fraktion erwies sich als spektroskopisch völlig rein und zeigte weit geringere Leitfähigkeit als die beiden anderen Fraktionen. Die Proben wurden in Supremax-Röhren geschmolzen und eingehend auf ihr elektrisches Verhalten untersucht.

Der *Hall*-Koeffizient wurde von der kristallographischen Orientierung unabhängig gefunden, während sich die Leitfähigkeit parallel zur Hauptachse als doppelt so groß wie senkrecht dazu ergab. Der Temperaturkoeffizient des *Hall*-Koeffizienten zeigt doppelte Umkehr, wobei nur die untere Umkehr durch Verunreinigungen beeinflußt wird. Der *Hall*-Koeffizient ist auch im Verunreinigungs-Gebiet durchweg positiv. Die obere Umkehr ist wahrscheinlich auf eine von der Temperatur abhängige Beweglichkeit zurückzuführen. Der Bandabstand läßt sich aus den Leitfähigkeitsmessungen zu 0,38 V bestimmen.

Das elektrische Verhalten ist im hohen Maße von der Abkühlungszeit der Substanz abhängig. Die Trägerkonzentration wird durch Abschrecken stark erhöht, wodurch sich eine wesentlich kleinere *Hall*-Konstante ergibt. Temperiert man die Probe, so erhält man praktisch wieder die alten Werte. Die Trägerkonzentration wurde als Funktion der Abschrecktemperatur bestimmt. Auch die Temperatur-Temperatur ist von Einfluß: die Erhöhung der Trägerkonzentration läßt sich nur dann rückgängig machen, wenn bei über  $150^{\circ}$  C getempert wird. Verunreinigte Proben und solche mit Arsen- und Antimon-Zusatz zeigten praktisch dieselben Temperatureffekte. Die Vorgänge dürften durch Fehlordnung zu deuten sein.

Weiter wurde die Dotier-Fähigkeit bei verschiedenen Substanzen untersucht. Bei großen Störkonzentrationen liefert jedes 10. Antimon- und jedes 3. Arsen-Atom ein Loch. Jod zeigt dagegen eine weit geringere Wirkung. Hier kommt nur jedes 500. Atom zur Lochbildung in Frage. Aber auch hier zeigt sich ausgesprochene Mangelleitung. Die Beweglichkeitsformel gilt bei Zusatz von As, jedoch nicht bei J. Die Gründe dafür sind noch nicht ganz geklärt.

A. FAESSLER und E. SCHMID, Freiburg: *Die Struktur des S  $K_{\beta}$ -Spektrums in Abhängigkeit vom Bindungszustand* (vorgetr. von E. Schmid).

Bei einer Konfigurationsänderung in der Valenzelektronenhülle werden die optischen und auch die tiefer liegenden Niveaus verschoben. Deshalb wird neben der spektralen Lage der Absorptionskanten auch die der emittierten Röntgenlinien in charakteristischer Weise geändert. Die Verschiebungen sind klein und fallen bei schweren Elementen gegenüber der Energie des Übergangs nicht ins Gewicht. Bei den Elementen der dritten Periode sind sie jedoch bereits mit einfachen Mitteln zu beobachten. Das charakteristische Röntgenspektrum gibt wertvolle Aufschlüsse über den chemischen Bindungszustand.

Die übliche Primärstrahl-Methode, bei der die zu untersuchende Substanz auf die Antikathode gebracht und dem Beschuß der Kathodenstrahlen unmittelbar ausgesetzt wird, führt wegen der starken lokalen Erhitzung bei den meisten Substanzen zur Zersetzung oder zur Umsetzung mit dem Antikathodenmaterial. Derart erhaltene Ergebnisse sind im allgemeinen nicht sehr zuverlässig. Bei Sekundärerregung, Anregung mit eingestrahltem Röntgenlicht, hat man dagegen mit großen Intensitätsschwierigkeiten zu kämpfen. Man kann dem begegnen, indem man das Präparat in unmittelbarer Nähe des Antikathoden-Brennflecks anordnet. Derart konnte Faessler zum ersten Mal die K-Spektren von P, S und Cl in ausreichender Intensität erhalten. Bringt man die Substanz sehr nahe an den Brennfleck heran, so treffen neben der Bremsstrahlung auch noch gestreute Elektronen auf und man hat eine für manche Zwecke brauchbare Mischanregung.

Nachdem die Verschiebung des Schwefel- $K_{\alpha}$ -Dubletts in Abhängigkeit vom Bindungszustand schon früher ausführlich untersucht worden war, wurden die Untersuchungen nun auch auf die  $K_{\beta}$ -Linien ausgedehnt. Die Verschiebung der S- $K_{\beta}$ -Linien gegenüber denen des rhombischen Schwefels wurde bei  $\text{CaSO}_4$  und  $\text{CaS}$  ausgemessen. Sie beträgt beim Sulfat 19 XE, gegenüber nur 3 XE bei  $K_{\alpha}$  und ist wie bei diesen nach kurzen Wellen hin gerichtet. Bei Sulfid-Schwefel tritt (wieder in Übereinstimmung mit dem Befund an  $K_{\alpha}$ ) eine Verschiebung nach längeren Wellen auf. Der Einfluß des Bindungszustands auf die Linienform macht sich bei den  $K_{\beta}$ -Linien noch stärker bemerkbar als an  $K_{\alpha}$ : rhombischer Schwefel zeigt breite, Sulfid-Schwefel schmalere und der im Sulfat gebundene sehr schmale Linien.

Die Anregung wurde zum Teil auch mit der Primärstrahlmethode vorgenommen, wobei eine Pt-Antikathode verwendet und die Stromstärke sehr niedrig gehalten wurde. Unter diesen Vorsichtsmaßnahmen ergab sich dasselbe Bild wie mit der Sekundärmethode.

M.-L. [VB 374]

## Physikalische Gesellschaft Hessen-Mittelrhein

Bad Nauheim am 8. Mai 1952

R. MARTIN und W. WALCHER, Marburg/Lahn: *Trennung und optische Untersuchung der Kupfer-Isotope.*

Im Rahmen der Vervollständigung der Daten über Atomkerne aus den optischen Spektren wurden die Cu-Isotope zunächst getrennt und dann optisch untersucht (Häufigkeit der Cu-Isotope im natürlichen Gemisch:  $^{63}\text{Cu}$  68,94 %,  $^{65}\text{Cu}$  31,06 %). Die Trennung gelang im Walcherschen Massen-Trennspektrograph, in welchem die in der Ionquelle gebildeten Cu-Ionen in einem magnetischen Feld einen Viertelkreis von etwa 1 m Radius durchlaufen und dann getrennt aufgefangen werden können. Ionenquellen für Cu-Ionen weisen einige besondere technische Schwierigkeiten auf, denn bei  $1300^{\circ}$  C bildet Cu mit Eisen und Nickel Legierungen, außerdem sind für das eigentliche Verdampfungsöfchen besondere Maßnahmen erforderlich. Schließlich wurde das Cu in einem Kohleöfchen verdampft; die Heizwendel, die auf einem das Öfchen umgebenden Korundrohr saß, mußte so aufgebaut werden, daß zwischen Korundrohr und Kohlekörper noch ein Tantal-Blech geschoben werden konnte, damit das  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nicht reduziert wurde. In insgesamt 125 h Trennzeit gelang es, etwa 6 mg  $^{63}\text{Cu}$  und 3 mg  $^{65}\text{Cu}$  aufzufangen. Das Cu war dabei in kleinen Al-Töpfchen enthalten, und diese Töpfchen wurden in einer Hohlkathodenentladung als Kathode eingebaut. Während der in einem Inertgas brennenden Glimmentladung wurde dann eine gewisse Menge Cu von den Wänden der Töpfchen losgeschlagen und im Gasraum durch Elektronenstoß zum Leuchten angeregt. Die emittierte Strahlung wurde mit einem Steinheil-2-Prismen-Apparat mit vorgeschaltetem Fabry-Perot-Etalon spektral zerlegt und auf photographische Platten aufgenommen. Man beobachtete die Cu-Resonanzlinien 3247 und 3274 Å. Es ergab sich, daß der Grundzustand von  $^{65}\text{Cu}$  niedriger liegt als der von  $^{63}\text{Cu}$ . Dies ist nach

dem Kernmitbewegungseffekt zu erwarten. Weiterhin ist aber die gemessene Isotopieverschiebung mehr als doppelt so groß wie der reine Mitbewegungseffekt, so daß man zu der Annahme kommt, daß hier durch die Kopplung zwischen Elektronenhülle und Kern eine zusätzliche Isotopieverschiebung auftritt. Die Aufnahmen zeigen überdies, daß die Trennproben Isotope von einer Reinheit von etwa 97 % enthalten. Bei stärkerer Belichtung traten noch weitere Linien des Cu-Spektrums auf, so daß Zuordnungsunklarheiten, die seit der ersten Untersuchung von Ritschl noch bestanden, aufgeklärt werden konnten.

G. HELWIG, Darmstadt: *Elektrische Leitfähigkeit und Struktur aufgestäubter Cadmiumoxyd-Schichten.*

Es ist bisher üblich, CdO-Schichten durch Aufdampfen von Cd in Hochvakuum und durch nachträgliches Oxydieren herzustellen. Diese Schichten sind trübe und nicht wischfest. Vortr. berichtete über eine Vielzahl von sorgfältigen Experimenten, die die viel günstigere Herstellung von CdO-Schichten durch Zerstäubung von Cd in einer Glimmentladung, die in Sauerstoff brennt, zeigen. Cd wird dabei als Kathode verwendet. Aufgestäubt wird auf Glas- oder Quarzplättchen. Die gewonnenen Schichten sind lichtstreuungsfrei, wischfest, und ihre Leitfähigkeit ist gut reproduzierbar und einstellbar durch Wahl verschiedener Sauerstoff-Drücke während des Zerstäubungsprozesses. Die Leitfähigkeit ergab sich als streng proportional der Schichtdicke (nur bei geringen Schichtdicken ergaben sich Abweichungen), und es wurde ein linearer Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und  $\text{O}_2$ -Druck gefunden. Die spez. Leitfähigkeit läßt sich z. B. bei 1 Watt elektrischer Leistung von  $1000 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$  bis  $1 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$  variieren, wenn der Sauerstoff-Anteil von 100 % bis 1 % geändert