

Zur Messung der Beleuchtungsdichten ist die Ableitung der Metallplatte II mit der Hauptanode A zu verbinden, und sinngemäß der von der Fangelektrode I zur Anode A abfließende Teilstrom zu messen.

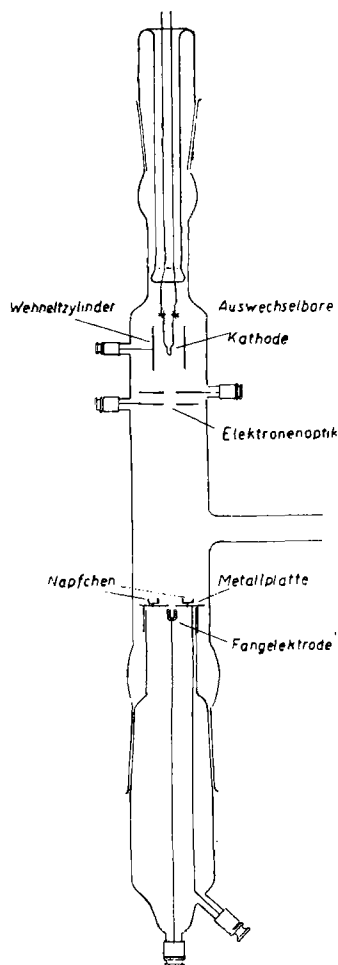


Abb. 2. Schema des Entladungsröhrensystems mit Glühkathode und Elektronenoptik.

Die Ansicht des Entladungsröhrensystems ist in Abb. 2 abgebildet. Der oben erkennbare, kleinere Schliff trägt die Stromzuführungen und die Klemmvorrichtung für die austauschbar gehaltene Kathode. In einem Abstand von der Kathode ist die Elektronenoptik mit ihren Spannungszuführungen erkennbar. Die Näpfchen mit den Fluoreszenzmaterialien werden vom unteren Ende her mit Hilfe eines weiteren Schliffes eingebracht. Bei der getroffenen Dimensionierung der Elektronenoptik kann durch Einstellung der stetig regelbar gehaltenen Spannung an der der Kathode gegenüberstehenden Elektrode L die Schnittweite der Elektronenoptik in weiten Grenzen verändert werden und damit auch die auf das Flächenelement entfallende Elektronenmenge.

Zur Beurteilung der Empfindlichkeit der Materialien gegen sehr langsame Elektronen (Streuelekttronen!) sind die Anschlüsse für die Elektroden A und L zu vertauschen. Die beschleunigende Sammellinse wird durch

diese Maßnahme in eine die Elektronengeschwindigkeit verzögernde Zerstreuungslinse verwandelt. Bei Abnahme einer niedrigen Teilspannung an dem regelbaren Spannungsteiler des Netzgerätes lassen sich ungefähr die gleichen Elektronengeschwindigkeiten und Elektronendichten reproduzieren, die bei Streuelekttronen in Röhren mit Gasgehalt bestehen. Das Netzanschlußgerät selbst liefert neben der Heizspannung für die Kathode und den Spannungen für Anode und Linsenelektrode noch eine schwach negative Spannung für eine zylindrische in unmittelbarer Umgebung der Kathode. Diese Elektrode, der *Wehnelt-Zylinder* bei *Braunschen* Röhren, dient dazu, die Emission der Kathode möglichst vollständig in Richtung der Durchtrittsöffnungen der Elektronenoptik zu konzentrieren.

Zur Durchführung von Nachleuchtmessungen sind die Klemmen K_1 und K_2 vorgesehen, durch deren Öffnung die Kathodenstrahlerregung momentan unterbrochen wird. An diese Klemmen wird ein intermittierender Schalter gelegt, der etwa 10–20mal in der Sekunde kurzzeitig einen Kontakt herstellt und langfristig öffnet. Durch Beobachtung der so intermittierend beleuchteten Fluoreszenzmaterialien in einem rotierenden Spiegel können die Nachleuchteigenschaften qualitativ beurteilt werden, wobei die Unterbrechungszahl des Schalters gleichzeitig eine Zeitmarkierung liefert. Im besonderen gelingt es im rotierenden Spiegel bei gemischten Phosphoren aus den Farben der Nachleuchtbander zu erkennen, wie groß die Nachleuchtzeiten der verschiedenen Komponenten sind. Für genauere, quantitative Untersuchungen sind die Abklingkurven oscillographisch mit Hilfe hinreichend trägheitsfreier Photozellen und Verstärker aufzuzeichnen³⁾.

Auch Ermüdungserscheinungen, Sättigungserscheinungen sowie Farbumschläge lassen sich mit der beschriebenen Apparatur feststellen und gegebenenfalls messend verfolgen. Hierbei ist eine hohe Elektronendichte durch entsprechende Einregelung der verschiedenen Spannungen herbeizuführen. [A. 69.]

³⁾ Methodik siehe beispielsweise M. v. Ardenne, „Die Kathodenstrahlröhre und ihre Anwendung in der Schwachstromtechnik“, Verlag J. Springer, Berlin 1933, S. 363.

VERSAMMLUNGSBERICHTE

Röntgentagung 1934

veranstaltet vom Ausschuß 60 — Deutsche Gesellschaft für technische Röntgenkunde beim DVM.

Bonn, 17. Mai 1934.

Vorsitzender: Prof. Dr. Glocker.

Die Tagung stand mit Rücksicht auf die anschließend stattfindende 39. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft unter dem Thema:

„Anwendungen der Röntgen- und Elektronenstrahlen unter besonderer Berücksichtigung organisch-chemischer Probleme.“

In einem einleitenden Vortrag gab der Obmann des Ausschusses 60, Prof. Dr. R. Glocker, eine kurze Schilderung der Aufgabenkreise der Gesellschaft und des heutigen Standes der Röntgenkunde. Im Verlaufe der letzten Jahre ist eine Verschiebung in dem Sinne eingetreten, daß an Stelle der anfänglich behandelten reinen Strukturfragen nunmehr Fragen der Dynamik und der Energetik im Vordergrund des Interesses stehen. Im Kreise der technischen Aufgaben ist als vordringlich die der Materialsammlung zu bezeichnen, es muß gewissermaßen ein Atlas der — medizinisch ausgedrückt — normalen und pathologischen Röntgenbilder geschaffen werden. Daneben ist die Frage der Normung von Wichtigkeit.

Für die Bonner Universität sprach Prof. Grebe. In Bonn sind bedeutungsvolle Arbeiten für die Vorentwicklung der

Entdeckung Röntgens geleistet worden; es seien hier nur die Namen *Plicker*, *Geißler*, *Hittorf*, *Hertz* und *Lenard* genannt.

B. Robinson, London: „Röntgenographische Konstitutionsbestimmungen an organischen Kristallen.“

Vortr. gab eine zusammenfassende Übersicht über Zweck und Methodik der in England durchgeführten bzw. im Gange befindlichen Untersuchungen. An Hand einer Reihe von Lichtbildern ging Vortr. zunächst auf einige apparative Fragen ein, insbesondere die der Röntgenröhren und der Hochspannungsapparate, und schilderte dann die Schwierigkeiten der Konstitutionsbestimmung organischer Kristalle. Die erste Schwierigkeit ist die Intensitätsmessung, die photographisch und ionometrisch erfolgen kann; photographisch zur raschen qualitativen Übersicht vieler Intensitäten, ionometrisch für quantitative Messungen (Absolutwerte). Die zweite Schwierigkeit ist die Auswertung der Intensitäten. Die von *Bragg* eingeführte Fourieranalyse ist ein Näherungsverfahren, das, wenn es gelingt, Angaben von ähnlicher Sicherheit liefert, wie es die Intensitätswerte selbst sind. Für dieses Näherungsverfahren sind (zur Vorzeichenbestimmung der Fourierkoeffizienten) gewisse Anhaltspunkte über die Struktur notwendig, die aus den chemischen Eigenschaften usw. glücklicherweise meist zu gewinnen sind. Das Verfahren ist langwierig; während die Intensitätsmessung bei einer solchen Strukturbestimmung etwa einen Monat in Anspruch nimmt, sind für die Rechnungen mehrere Monate erforderlich. Die gewonnenen Ergebnisse werden häufig einer Nachprüfung durch magnetische Messungen unterzogen, hierfür sind aber etwas größere Kriställchen notwendig.

Votr. ging dann kurz auf die an verschiedenen organischen Verbindungen erhaltenen Ergebnisse ein. Untersuchungen an Naphthalin, Anthracen und Durool bestätigen die Existenz des Benzolringes mit einer Kante von 1,41 Å und zeigen ferner die Beziehungen zum Graphit. Vergleichbar mit diesen Substanzen ist Cyanursäuretriazid mit der Sechseringkante 1,28 Å. Eine Fourieranalyse dieser Substanz wurde bisher noch nicht durchgeführt. Schließlich erwähnte Votr. einige unveröffentlichte Ergebnisse von Robertson an Dibenzyl, $C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot C_6H_5$, die als besonders wichtig deshalb anzusehen sind, weil die Konstitutionsbestimmung dieser Substanz auf anderem (chemischem) Wege ausgeschlossen wäre. Die Untersuchung ergab, daß im Kristall die Benzolringe einander parallel sind, daß sie aber nicht in derselben Ebene liegen. —

H. Mark, Wien: „Physikalisch-chemische und Röntgenuntersuchungen hochpolymerer Stoffe.“

Votr. behandelte zwei Fragen, die an und für sich nicht zusammenhängen, aber im Rahmen der Tagung doch zusammengehören. — Die erste, gemeinsam mit Trillat untersuchte Frage war: Was kann man mit Elektronenbeugungsaufnahmen bei hochpolymeren Stoffen erreichen? Die ersten Untersuchungen auf diesem Gebiet von Heß und Trocus und von Taylor waren nicht quantitativ genug. Mit der inzwischen verbesserten Methodik hat Votr. quantitative Versuche begonnen, es sind also weniger die (vorläufigen) Resultate von Bedeutung als vielmehr die Tatsache, daß mit anderen Methoden Untersuchungen an Einkristallen der unten geschilderten Art kaum möglich sein dürften.

Votr. hat Nitrocellulosefilme hergestellt und mit 40 kV-Elektronen untersucht, die Diagramme zeigen mäßige Ordnung der Mikrokriställchen an. Bei längerem Aufbewahren des Films wird aber eine Steigerung der Ordnung beobachtet, und wenn die richtige Stelle des Filmes in den Elektronenstrahl gebracht wird, dann treten sogar punktreiche Einkristalldiagramme auf. Es ist bei diesen Untersuchungen notwendig, den Film beliebig verschieben und gegen den Elektronenstrahl neigen zu können, damit auch solche Periodenlängen zur Vermessung gelangen, die auf der Filmebene senkrecht stehen. Mit einem derartigen „Elektronengoniometer“ hat Votr. noch andere Cellulosederivate untersucht: Triacetylcellulose, Cellulosepropionat und -butyrat, Äthyl- und Butylcellulose. Es sind die Elementarkörper bestimmt worden, die sämtlich 4 Mol enthalten, und es zeigte sich, daß die Celluloseketten mitsamt den Ringen in der Filmebene liegen, die Seitenketten senkrecht dazu. Votr. ist dabei, die geometrischen Messungen durch Intensitätsbestimmungen zu ergänzen. — Selbst von Stoffen wie Polystyrol, Bakelit, Polopas u. a., die sonst nur ganz punktarmer Bilder geben, wurden punktreiche schöne Diagramme erhalten.

Der 2. Teil des Vortrages behandelte die „Analyse der Dehnungskurve hochpolymerer Stoffe“. Bei den Metallen ist der Mechanismus der plastischen Verformung durch zahlreiche Arbeiten geklärt. Was geschieht nun bei der plastischen Verformung micellarer Gebilde? Die Dehnbarkeit in gequollenem Zustand ist bekanntlich bedeutend wie bei den Metallen: sechs-, sieben-, zehnfach. 1922 stellte Herzog fest, daß bei der Dehnung eine Orientierung der Kristallite erfolgt, und Kratky und Eckling gaben vor drei Jahren eine schon ziemlich quantitative Behandlung des Dehnungsmechanismus, indem sie mit der Annahme starrer Stäbchen rechneten, die aber natürlich nicht genau der Wirklichkeit entspricht. — Neben der Orientierung ist außerdem eine Verfestigung zu beobachten. Votr. macht zur Erklärung dieser Änderung der mechanischen Eigenschaften die Annahme, daß es sich um einen ähnlichen Vorgang handelt wie bei der Ordnung von Ziegelsteinen zum Mauerwerk, und daß die Festigkeit der Größe der inneren Berührungsflächen der Micellen proportional ist. (Wenn die langgestreckten Micellen aufeinander senkrecht stehen, so ist die Berührungsfläche klein, sind sie parallel, so ist letztere bedeutend größer.) Die Größe der Berührungsflächen kann nach der Formel von Kratky berechnet werden. Vor der Durchführung dieser Rechnung wurde die Formel röntgenographisch nachgeprüft. Votr. zeigt in einer

Tabelle, daß man die Formel als empirisch verifiziert ansehen kann. Weitere Diskussionen führen zu einem Ausdruck für die Festigkeit, der eine Reihe von Tatsachen erklärt, die aus der Technik her bekannt sind. Deutlich zeigt sich die Abhängigkeit vom Achsenverhältnis der Micelle: je stärker gestreckt die Micelle ist, um so leichter erfolgt die Verfestigung. Man weiß aus der Industrie, daß Substanzen, deren Verfestigungseigenschaften erwünscht sind, schonend behandelt werden müssen, damit keine Verkürzung der Micelle eintritt. —

K. Heß, Berlin-Dahlem: „Cellulose und Cellulosederivate unter besonderer Berücksichtigung des Reaktionsverlaufes!“. —

Votr. behandelte im einzelnen 1. den Reaktionsmechanismus, 2. Quellungsprobleme, 3. Identifizierungsfragen und 4. Versuchsergebnisse der Bestimmung der Translationsgruppe von Cellulosederivaten.

Die an die Röntgenmethode zunächst geknüpften Erwartungen wurden nicht befriedigt, das liegt 1. an der Größe der Gitterdimensionen (~ 1000 Å), 2. an der sehr großen inneren Oberfläche dieser Substanzen (~ 600 m²/cm³ Fasermasse). Eine Bestimmung des Molekulargewichtes allein aus Röntgenmessungen ist hier ganz unmöglich. — Votr. besprach nun einige Fälle, die den Wert der Röntgenmethode erweisen. Bei Untersuchung der Aufbau- und der Abbaukurve der Cellulose-Hydrazinverbindung wird keine Reversibilität gefunden, die Kurven sind ganz verschieden. Die Röntgenaufnahmen zeigen, daß die Versuchssubstanz bei gleichem Hydrazingehalt auf der Aufbaukurve einen anderen Feinbau besitzt als auf der Abbaukurve. — Weiter wurde die Acetylierung von Cellulose kinetisch-röntgenographisch verfolgt. Bis 29,6% Essigsäure (entsprechend 50% Umsatz!) war in den Röntgenogrammen nur das unveränderte Ausgangsmaterial nachzuweisen, erst bei einem Gehalt von 42% zeigte sich erstmalig das Reaktionsprodukt. Homogene Reaktion ist hiernach ausgeschlossen. Der Grund, weshalb man bei 50% umgesetzter Substanz noch kein Reaktionsprodukt im Röntgenbild nachweisen kann, dürfte nach Ansicht des Vortragenden der sein: Fasern (um diese handelt es sich ja hier) reagieren nicht von der äußeren Faser-oberfläche her, sondern von den inneren Micelloberflächen aus (sie müssen aufgeschlossen sein). Interferenzen treten aber erst dann auf, wenn im Innern des Micells Umsatz stattfindet. Chemische Reaktionen an Fasern erfolgen also in zwei Stadien: 1. Durchtränkung, 2. heterogene Reaktion. Die bei Cellulose-Hydrazin beobachtete Irreversibilität erklärt sich dann so: Beim Aufbau wird zunächst an der Oberfläche der Micellen die Verbindung gebildet, und bei der nachfolgenden Reaktion muß das Reagens dann diese Oberflächenschicht passieren. Beim Abbau wird die Oberfläche zuerst zersetzt, das Reagens muß also durch eine Schicht von Cellulose hindurch. Beide Vorgänge sind folglich ganz verschieden. — Interessant ist die Frage, warum bei der Herstellung von Triacetylcellulose röntgenographisch keine Zwischenverbindungen zu fassen sind. Es zeigt sich, daß dies vom Verhältnis Diffusionsgeschwindigkeit zu Reaktionsgeschwindigkeit abhängt. Bei der Methylierung und Nitrierung sind solche Zwischenverbindungen nachweisbar, hier ist eine Drosselung der Reaktionsgeschwindigkeit möglich. In den Fällen, wo eine Drosselung der Reaktionsgeschwindigkeit an der „Reaktions-Stirnfläche“ unmöglich ist, können durch Extraktion die Zwischenverbindungen nachgewiesen werden.

Auch bei den Quellungsuntersuchungen zeigte sich, daß Fortschritte gegenüber den ersten Ergebnissen von Katz nur durch Verbindung von physikalischer Methodik und präparativer Technik möglich waren. Drei Stadien sind bei der Quellung zu unterscheiden: 1. capillare Quellung, 2. chemischer Umsatz ähnlich wie bei der Acetylierung: „micellar-heterogene Reaktion“: es entstehen (in gewisser Idealisierung) Festkörper mit semipermeabler Haut, 3. osmotisches Stadium: im Innern der Haut finden Dispergierungsvorgänge statt (Bildung von Lösungen usw.). Eine weitere Komplizierung ist durch Polymorphieerscheinungen bedingt, Diagramme verschiedener Formen überlagern sich und geben so Anlaß zu der „kontinuier-

¹⁾ Vgl. auch diese Ztschr. 46, 453, 799 [1933].

lichen“ Änderung der Röntgenogramme, wie sie von *Katz, Trillat* u. a. gefunden wurde. Demgegenüber ist festzustellen, daß bisher kein Fall mit Sicherheit nachgewiesen worden ist, der durch „quellbare Kristalle“ oder dergl. zu deuten wäre. Die Quellung ist im allgemeinen ein Zusammenspiel bekannter, trivialer Vorgänge.

Vortr. geht dann auf das Verhältnis der mikrofaserigen Präparate zu den „makrokristallinen“ Substanzen ein, die sich aus den ersteren gewinnen lassen. („Makrokristallin“ natürlich nicht im üblichen Sinne, sondern nur in dem einer erhöhten Ordnung im Vergleich mit dem Fasermaterial.) Diese makrokristallinen Substanzen lassen sich auf Glasplatten kristallisieren und liefern dann Faserdiagramme. Aus den an zahlreichen Cellulosederivaten gewonnenen Ergebnissen wird geschlossen, daß die aus Fasermaterial gewonnenen kristallinen Substanzen identisch sind mit dem Bestandteil, der auch sonst in den Röntgenogrammen erscheint.

Die eigentliche Strukturbestimmung (Translationsgruppe, Atomlagen) ist bei den Cellulosederivaten recht unsicher, da makroskopische Kristalle nicht zur Verfügung stehen; nur die Identitätsperiode in Richtung der Faserachse läßt sich mit Sicherheit feststellen. In einer Tabelle zeigt Vortr., daß sich die gefundenen Werte als Vielfache von $5,15 \text{ \AA}$ darstellen lassen. Eine Erklärung für das Auftreten der ungeradzahlig Vielfachen dürfte auf Grund des jetzigen Cellulosemodells noch nicht möglich sein. — Aus der Gesamtheit der bisherigen Erfahrungen ergibt sich, daß die Bedeutung der Röntgenmethoden für die Cellulosechemie überwiegend diagnostischer Art ist. —

P. Günther, Berlin: „Anregung chemischer Reaktionen durch Röntgenstrahlen und durch Ionen.“

Vortr. charakterisierte zunächst das Verhältnis der Röntgenreaktionen zu gewöhnlichen photochemischen Umsetzungen²⁾. An den Beispielen der Zersetzung von Wasserstoffsuperoxyd, Benzophenondiazid und Chloroform wurde gezeigt, daß die auf den primären Akt der Aktivierung durch Elektronenstoß folgenden Vorgänge vollständig auf Grund der reinen chemischen Kinetik zu verstehen sind. Da bei der chemischen Wirkung der Röntgenstrahlen im allgemeinen nur geringe Mengen Strahlungsenergie absorbiert werden, so wird ein chemischer Effekt nur dann auffällig in Erscheinung treten, wenn ein Kettenmechanismus abläuft. Vortr. hat die Röntgenreaktion des Chlorknallgases genauer studiert und durch Untersuchung der Abhängigkeit von der Chlorkonzentration zeigen können, daß die aus der Lichtreaktion bekannte Kettenreaktion stattfindet. Bei einer Kettenlänge von $9 \cdot 10^3$ waren $8,6 \text{ cal}$ erforderlich. Da gleichzeitig Ionisierung im Chlorknallgas erfolgt, kann die jeweils zur Verfügung stehende Energie der Sekundärelektronen nicht auf chemische Anregung und Ionisierung nebeneinander verteilt werden. Das Ergebnis zwingt zu dem Schluß, daß die Ionen vermittle ihres Coulombschen Feldes im Sinne der Cluster-Theorie von *Lind* eine chemische Reaktion auszulösen vermögen. Diese Folgerung konnte durch einen anderen Versuch direkt bewiesen werden, bei dem aus einer Glimmentladung stammende Chlorionen (positive und negative) in eine Chlorknallgasatmosphäre eingeführt wurden. —

R. Glocker, Stuttgart: „Gitterbindungskräfte und Röntgenspektrum.“

Vortr. berichtete ganz kurz über einige Feinstrukturmessungen im Zwischengebiet Ultraviolett-/Röntgenstrahlung (240 V , 40 bis 50 \AA). Die Struktur der $CK\alpha$ -Linie von Graphit, Diamant und Carborund I ist mit einem Gitterspektrographen untersucht worden. Graphit und Diamant haben etwa dieselbe Linienbreite, aber etwas abweichende Linienstruktur; die Carborundlinie hat den gleichen Feinstrukturtypus wie die Diamantlinie, ist aber etwas schmaler (Leitfähigkeit!). Außerdem wurde noch die $CK\alpha$ -Linie von Berylliumcarbid untersucht, hier ist die Struktur entsprechend dem heteropolaren Bindungstypus wesentlich anders. —

W. Gerlach, München:

Vortr. berichtete über die bei den ersten Versuchen von Röntgen benutzten Röhren. Es muß unterschieden werden zwischen der Röhre, mit der erstmalig die Röntgenstrahlung

beobachtet wurde, und den Röhren für die späteren Messungen. Da andere beweiskräftige Dokumente nicht vorliegen, muß auf die Veröffentlichungen von Röntgen selbst zurückgegriffen werden, und aus diesen ergibt sich, daß Röntgen die Entstehung der Strahlen zuerst an der Glaswand einer Röhre beobachtet hat (inagnetische Ablenkung des Fluoreszenzflecks), später an Aluminium, das zum Abschluß einer Röhre nach Art der *Lenardschen* diente. Vortr. beschrieb dann noch andere von Röntgen benutzte Röhren, es ist aber ungewiß, ob die neue Strahlung mit einer dieser Röhren zuerst aufgefunden wurde; fest steht nur, daß die erste Beobachtung an Glas, die zweite an Aluminium gelang. —

A. Bouwers, Eindhoven: „Moderne Röntgenröhrentechnik.“

Es wurde eine Anzahl von Problemen besprochen, von deren Lösung die weitere Verbesserung der Röntgenröhren abhängt. Für die Betriebssicherheit ist es wichtig, in der Längsrichtung der Röhre ein linear verlaufendes Spannungsfeld zu erzielen, ferner Sekundärelektronen und kalte Entladung (Autoemission von Elektronen) zu vermeiden. Dann wurde diskutiert, inwieweit Hochvakuum erforderlich ist (Wasserstoff und Helium sind bei erstaunlich hohen Drucken zulässig), und ob abgeschmolzene oder offene Röhren vorteilhafter sind. Offene Röhren mit rotierender Anode haben prinzipielle Vorteile, sind aber nicht einfach, also nicht modern. Die moderne Technik entwickelt sich gewiß in Richtung der geschlossenen Röhre. Weitere Aufgaben liegen auf dem Gebiet des Strahlen- und Hochspannungsschutzes und dem der Leistungserhöhung (Spannungssteigerung). Die Belastbarkeit in Kilowatt ist aber durchaus nicht ein allgemeines Gütekriterium für eine Röhre, häufig ist die Wahl des Brennflecks u. dgl. von größerer Bedeutung. Die Drehanode ist in der Technik bisher nicht verwendet worden, Vortr. glaubt jedoch, daß ihr die Zukunft gehört. Eine noch weitere Erhöhung der Belastbarkeit über den Verbesserungsfaktor 5 hinaus ist allerdings nicht möglich, weil durch die hierzu erforderliche Drehzahlsteigerung die Anode über ihre Festigkeitsgrenze beansprucht würde. —

R. Berthold, Berlin: „Neuzeitliche Röntgenapparate.“

Die apparative Entwicklung der letzten Jahre ist durch die Anwendung des Röntgenverfahrens in der Industrie, in Werkstätten, in Kesselhäusern oder auf Baustellen eingeleitet worden. Die Forderung nach Strahlenschutz hat sich fast ausschließlich im Röhrenbau ausgewirkt, die Vorschriften über den Hochspannungsschutz beeinflussen dagegen überwiegend den Apparatebau. Bei Apparaten für kleine Leistungen wurden zunächst alle hochspannungsführenden Teile einschließlich der Röntgenröhre in ein metallisches, geerdetes Gehäuse eingebaut oder, falls die Röhre von mehreren Seiten frei zugänglich sein sollte, Röhre und Hochspannungsquelle getrennt und durch starre metallische Hüllen mit dem Hochspannungserzeuger verbunden. Der Wunsch nach Beweglichkeit der Anlage führte neben verschiedenen Verbesserungen (Verkleinerung der Gewichte und Dimensionen) vor allem zur Entwicklung der hochspannungssicheren Kabel, die einen wesentlichen Fortschritt bedeuten. Bei Verwendung der *Villard-Schaltung* können allerdings die Kabel nicht beliebig lang gemacht werden wegen des kapazitiven Spannungsabfalls in ihnen; es bieten sich da zwei Auswege: entweder man verzichtet auf vollkommenen Hochspannungsschutz und verwendet lange Kabel ohne Metallumhüllung, oder man beschränkt sich auf eine Kabellänge von maximal 10 m und unterteilt den Hochspannungserzeuger in tragbare Einzelteile. — Die Forderung nach Steigerung der Apparatespannung führte zu einer Kompromißlösung: man baute Apparate umschaltbar, hochspannungssicher bis 250 kV Gleichspannung, aber nicht berührungssicher bis etwa 360 kV in der sog. Verdreifachungsschaltung. — Die Vereinigung aller Forderungen nach Hochspannungssicherheit, Beweglichkeit, langen Kabeln und hohen Spannungen ist noch nicht gelungen, doch bestehen heute keine grundsätzlichen Schwierigkeiten mehr. —

F. Trendelenburg Berlin: „Elektronen- und Röntgeninterferenzen an Graphiten und anderen Stoffen vom Schichtgittertyp.“

²⁾ Vgl. hierzu diese Ztschr. **46**, 627 [1933].

³⁾ Vgl. diese Ztschr. **47**, 168 [1934].