

## Werk

**Titel:** Mitteilungen aus der Röntgentechnik

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1917

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X\\_0005|log48](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005|log48)

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

gen Naturzustande erhalten würden mit der weisen Einschränkung, daß es genügend sei, für jede in Betracht kommende Provinz eine oder zwei in sich geschlossene Moorflächen genügender Größe zu schützen.

Eine am Schluß des Heftes gegebene Denkschrift begründet ausführlich die Vorschläge der Konferenz. Es ist nicht daran zu zweifeln, daß die Regierungen der in Betracht kommenden Staaten den gleichen Standpunkt wie die Konferenz einnehmen werden und die Vorschläge durchzuführen suchen werden, wozu sie allein in der Lage sind. Der dankbaren Anerkennung der Mit- und Nachwelt sind sie sicher.

Asmus Jabs, Zürich.

## Mitteilungen aus der Röntgentechnik

**Quantitative Vergleichung der Wirkung von Röntgenstrahlen und Lichtstrahlen auf Bromsilbergelatine.** Eine Anzahl Methoden, die Stärke von Röntgenstrahlen zu messen, beruht auf der Wirkung der Röntgenstrahlen auf die photographische Platte. Da diese Wirkung oft mit der des gewöhnlichen Lichtes verglichen wird, werden von *J. K. A. Wertheim-Salomonson* (*Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen* Bd. 23, S. 509, 1916) beide Wirkungsarten miteinander verglichen. Auf die beiden Hälften ein und derselben (zerschnittenen) photographischen Platte wurden zwei *Expositionsskalen* aufgenommen. Die Expositionsskala für die Röntgenstrahlen wurde so hergestellt: Vor der schnell bewegten photographischen Platte befand sich eine Bleiplatte, in die nebeneinander 6 Rechtecke eingeschnitten waren, alle 8 mm breit, dagegen verschieden hoch, nämlich 1, 2, 4, 8, 16 und 32 mm. Auf der fallenden photographischen Platte entstehen daher nach der Belichtung durch die Röntgenstrahlen sechs über die ganze Länge der Platte laufende Bänder von 8 mm Breite. Ist die Dauer der Einwirkung der Röntgenstrahlen gleich *K*, so wird die den Bändern entsprechende Dauer 1, 2, 4, 8, 16 und 32 mal *K*. Registriert man gleichzeitig die Dauer, während welcher die Platte fällt, durch einen rotierenden Bleisektor auf die Platte, so kann man für jeden Streifen die Expositionsdauer und durch photometrische Ausmessung die entsprechende Schwärzung der photographischen Platte bestimmen. Auf ähnliche Weise wurde auf der zweiten Plattenhälfte eine Expositionsskala für gewöhnliches Licht hergestellt. Aus den erhaltenen Zahlen wurden sogenannte charakteristische Kurven konstruiert, die als Abszissen die Logarithmen der Beleuchtungszeiten und als Ordinaten die Schwärzungen enthalten. Je zwei zusammengehörende Kurven für Licht und Röntgenstrahlen ermöglichen den Vergleich. Sie sind im Gebiete der kurzen Beleuchtungszeiten konvex zur *X*-Achse gekrümmt und gehen im Gebiet der korrekten Exposition in eine Gerade über. Wird die Gerade bis zur *X*-Achse verlängert, so ist der Schnittpunkt, der sogenannte Beharrungspunkt, in weiten Grenzen von der Entwicklungsweise der Platte abhängig; er charakterisiert die Empfindlichkeit der Platte. Es zeigte sich, daß die Neigung der charakteristischen Linien im Gebiete der korrekten Exposition für Licht beträchtlich größer ist als für Röntgenstrahlen. Daher muß die Wirkung der beiden Strahlenarten für die photographische Platte ganz anders sein. Der Verfasser sucht den Grund darin, daß die empfindliche Schicht Lichtstrahlen sehr kräftig, dagegen Rönt-

genstrahlen mäßig absorbiert. „Da wir ferner wissen, daß innerhalb sehr weiter Grenzen die Wirkung der beiden Strahlenarten in demselben Maße wächst, wie die Intensität größer wird, können wir a priori vermuten, daß bei Lichtstrahlen die Wirkung an der Oberfläche der empfindlichen Schicht sehr intensiv ist, jedoch in den tiefer gelegenen Teilen derselben sehr beträchtlich an Intensität abnimmt. Bei Röntgenstrahlen, die bei dem Durchdringen der Bromsilbergelatineschicht viel weniger stark geschwächt werden, dürfen wir erwarten, daß die Wirkung in den oberflächlichen und tiefer gelegenen Schichten nicht nennenswert an Stärke verschieden sein wird. Nach dem Entwickeln werden wir also bei dem Negativ, das durch Lichtwirkung erhalten ist, eine sehr ungleichmäßige Verteilung des reduzierten Silbers erwarten dürfen: Dieses ist besonders an der Oberfläche angehäuft, während die Gelatine an der Glasseite fast kein reduziertes Silber erhalten wird. Bei einem Röntgennegativ dagegen wird die Einwirkung in allen Schichten der Gelatine ziemlich gleich gewesen sein, und ist das Silber also ziemlich gleichmäßig über die ganze Dicke der Gelatineschicht verteilt.“ Daß dieses wirklich so ist, wird außer durch eine eingehende Rechnung durch folgenden Versuch gezeigt. Es wurden mikroskopische Präparate von Querschnitten durch verschiedene Gelatineschichten hergestellt, die mit Licht- und Röntgenstrahlen belichtet waren. Die Photographien zeigen, daß die obige Ansicht richtig ist, daß das Silber nach der Lichtwirkung nur in einer oberflächlichen Schicht, bei der Röntgenstrahlenwirkung durch die ganze Schicht hindurch reduziert ist. Zugleich ergab sich: Die Wirkung auf die photographische Platte ist bei verschiedenen harten Röntgenstrahlen nicht dieselbe. Nur bei sehr weichen Strahlen ist die ganze Schicht gleichmäßig geschwärzt, bei einer harten erscheint eine Schwärzungsverteilung, die dem Lichtstrahleneffekt ähnelt. Das ist nur daraus zu erklären, daß zugleich mit den harten Röntgenstrahlen eine sehr weiche, leicht absorbierbare Strahlung die photographische Platte erreicht. Diese Strahlung wird wahrscheinlich eine Sekundärstrahlung sein, die an der Glaswandung der Röntgenröhre oder in der Papierhülle der Trockenplatte erzeugt ist. Für eine Verwendung der photographischen Platte zur Messung der Strahlenmenge ergibt sich aus den Versuchen: Es besteht für die Emulsionen eine verschiedene Gradation unter der Einwirkung von Licht und Röntgenstrahlen und auch bei Röntgenstrahlen verschiedener Härte. Berücksichtigt man das, so läßt sich eine photographische Messung der Röntgenstrahlenmenge durchführen.

**Eine neue Methode zur Intensitäts- und Härtebestimmung von Röntgenstrahlen** (besonders für die Zwecke der Tieftherapie). Zu den bisher benutzten Methoden zur Bestimmung der Härte von Röntgenstrahlen fügt *R. Glocker* (*Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen* Bd. 24, S. 91, 1916) eine neue hinzu. Man könnte denken, daß dies bei der über großen Zahl von Meßmethoden in der Röntgenstrahlenmeßtechnik überflüssig sei. Die neue Methode baut aber nicht nur auf neuen, bisher in der Meßtechnik unbenutzten, physikalischen Grundlagen auf, sondern vermag auch Ergebnisse zu liefern, die über den Arbeitsbereich der bisher üblichen Härtemeßmethoden erheblich hinausreichen. Der Verfasser geht von der Tatsache aus, daß jede von einer Röntgenröhre gelieferte Strahlung aus einem Gemisch von Strahlungen verschiedenen Durchdringungsvermögens besteht. Durch

die bisherigen Meßmethoden ließ sich nur ein Mittelwert der Härte bestimmen und nicht der geringste Anhalt gewinnen, wie die Strahlung in ihren Bestandteilen zusammengesetzt ist. Ein Verfahren zur direkten experimentellen Lösung des Problems der Strahlenanalyse muß die drei folgenden Bedingungen erfüllen:

1. Das heterogene Strahlungsgemisch muß in seine Bestandteile verschiedener Härtebezirke zerlegt werden;
2. Die Intensitäten der einzelnen Bestandteile müssen voneinander getrennt zur Messung gelangen;
3. Die Härtegrade der zur Intensitätsmessung gelangenden Strahlungsgruppen müssen gleichzeitig ermittelt werden.

Zur Lösung dieser Aufgaben benutzt der Verfasser die von den primären Röntgenstrahlen ausgelösten Sekundärstrahlen, deren Intensität von der Intensität und der Härte der primären Röntgenstrahlen abhängig ist. Diese Sekundärstrahlung tritt erst dann auf, wenn die Härte der erregenden Strahlung einen gewissen unteren, für jede Substanz charakteristischen Grenzwert überschritten hat, und zwar tritt sie dann mit größter Stärke auf. Setzt man also der zu messenden Röntgenstrahlung verschiedene Körper aus, so werden an den einzelnen Körpern nur dann Sekundärstrahlen entstehen, wenn die die Sekundärstrahlen erzeugenden Wellenlängen im Röntgenstrahlungsgemisch vorhanden sind. Darauf gründet sich das neue Meßprinzip und hat damit eine große Ähnlichkeit mit einer Meßmethode der Akustik: Um die einfachen Töne, welche in einem musikalischen Klang vorhanden sind, experimentell zu bestimmen, bedient man sich der Helmholtzschen Resonatoren. Die Luftmasse eines solchen Resonators hat einen bestimmten Eigenenton. Ist dieser im untersuchten Klang vorhanden, so ertönt der Resonator. Ganz entsprechend gibt bei der Glockerschen Methode das Auftreten von Sekundärstrahlung an passend ausgewählten chemischen Stoffen, welche von der zu untersuchenden Röntgenstrahlung getroffen werden, davon Kunde, daß in dieser Strahlung bestimmte Wellenlängen vorhanden sind. — Der neue Härtemesser, der auf diesem Prinzip aufgebaut ist, besteht aus einem Gehäuse in Form eines rechteckigen Kastens von 12 cm Höhe, 8 cm Breite und 6 cm Länge. Darin sind fünf verschiedene Sekundärstrahler so angeordnet, daß sie unter einem Winkel von 45° von den durch einen Schlitz einfallenden Röntgenstrahlen getroffen werden. Die an ihnen erzeugten Sekundärstrahlen treffen eine photographische Platte, die vor den direkten Röntgenstrahlen durch den Kasten geschützt ist. Dementsprechend entstehen auf der photographischen Platte 5 Felder verschiedener Schwärzung. Aus den Schwärzungsanteilen dieser Felder läßt sich auf die Strahlensammensetzung schließen. Die Belichtungszeit beträgt bei einem Abstand von 40 cm nur ½ bis 2 Minuten. — An mehreren Beispielen wird die Brauchbarkeit der neuen Methode gezeigt. Besonders belehrend sind zwei Aufnahmen, die eine ganz abweichende Strahlensammensetzung zeigen, obwohl ein gewöhnlicher Härtemesser gleiche Härtegrade angab. Das neue Meßinstrument ist in hohem Maße geeignet, bei Problemen der Tiefentherapie, wo nur härteste Strahlen verlangt und die weichen Strahlen wegen ihrer schädlichen Wirkung auf die Haut vermieden werden müssen, eine wichtige Rolle zu spielen. So zeigt z. B. der Verfasser, daß man für diese Zwecke die Strahlung besser durch ein Zinkfilter

als durch ein Aluminiumfilter gehen läßt. Ferner wird man die neue Methode sehr wohl da gebrauchen können, wo es gilt, durch besondere Schaltungsarten usw. extrem harte Strahlung zu erzielen und nachzuweisen.

**Die Glühkathoden-Röntgenröhre von Siemens & Halske, A.-G.** Die Röntgenstrahlenerzeugung in der neuen gasfreien Röhre und Spezialapparate zu ihrem Betriebe für Diagnostik und Therapie. Die vorliegende Veröffentlichung (*Berliner Klinische Wochenschrift* Nr. 12 und 13, Jahrg. 1916), deren Inhalt einem Experimentalvortrag entspricht, welchen K. Lasser am 26. Januar 1916 in der Berliner Medizinischen Gesellschaft gehalten hat, bringt zum ersten Mal ausführliche Mitteilungen über die im Laboratorium von Siemens & Halske ausgearbeiteten Verbesserungen der Coolidge-Röntgenröhre. Nach einigen einleitenden Ausführungen über den Unterschied zwischen den alten und neuen Röntgenröhren beschreibt der Verfasser zunächst die konstruktiven Einzelheiten der verbesserten Röhren. Es wird für Diagnostik und für Tiefentherapie je eine besondere Ausführungsform hergestellt, deren erstere in den äußeren Abmessungen den alten Röhren entspricht, während bei der Tiefentherapie die Brennpunkt unscharf eingestellt ist und die äußeren Abmessungen beträchtlich vergrößert worden sind. Die neuen Röhren besitzen bekanntlich als Haupteigenschaft die Regulierfähigkeit der Härte. Sie wird durch die Veränderung der an die Röhre geschalteten Spannung erreicht, während die Intensität der Strahlung durch die Veränderung der Glühtemperatur der die Kathode bildenden Glühspirale geschieht. Beide Maßnahmen sind gänzlich voneinander unabhängig vorzunehmen, so daß es möglich ist, die Härte zu ändern, ohne die Intensität gleichzeitig zu beeinflussen und umgekehrt. Das ist für die praktische Röntgentechnik von größtem Wert. Zum Betriebe der neuen Röhren bedarf es eines Wechselstromanschlusses. Man sollte zunächst denken, daß bei dem direkten Wechselstromanschluß eine Anordnung wie der Hochspannungsgleichrichter nötig sei, um den erzeugten Wechselstrom in pulsierenden Gleichstrom umzuwandeln. Es ist eine weitere wichtige Verbesserung, daß bei der neuen Röhre eine derartige Anordnung nicht nötig ist. Das wird dadurch möglich, daß die neuen Röhren in hohem Maße gleichrichtende Eigenschaften haben und auch den höchstgespannten Strom nur in der einen Richtung hindurch lassen, und zwar in der Richtung, für welche die glühende Elektrode Kathode ist. In einem besonderen Abschnitt wird die Verwendung der neuen Röhren in der Tiefentherapie behandelt. Die große Form der Therapieröhre macht es möglich, mit bedeutend höheren Spannungen und damit härteren Strahlen zu arbeiten als früher. Dem pulsierenden Charakter des einseitig abgedrosselten Wechselstromes entsprechend, wird aber bei der bisher geschilderten Betriebsweise die Betriebsspannung alle Spannungswerte von Null bis zu einem Maximalwerte durchlaufen, und die Strahlung wird aus einem Gemisch harter und weicher Strahlen bestehen. Würde man zum Betriebe der Röhre eine Spannung von gleichbleibender Größe verwenden, so müßten Strahlen einer bestimmten Wellenlänge, d. h. homogene Röntgenstrahlen entstehen. Um in technisch einwandfreier Weise möglichst wenig pulsierenden, hochgespannten Gleichstrom in beliebiger Stärke herzustellen, wird ein Drehstromtransformator benutzt und mehrere Glühkathoden-Ventilröhren nach Art der Graetzschen

Schaltung so angeordnet, daß die drei Wechsel des Drehstromes durch die Röhre fließen. Da sie sich zeitlich überdecken, so kommt ein sehr schwach pulsierender Strom zustande, der fast Gleichstromcharakter hat. In einem Anhang ist die Diskussion enthalten, die dem Vortrage folgte und aus der hervorgeht, daß man in Ärztekreisen an die neue Röntgeneinrichtung sehr hohe Erwartungen knüpft.

Zweierlei Arten von Interferenzerscheinungen an Röntgenstrahlen sind bisher bekannt geworden, die Aufnahmen bei Durchstrahlung eines Kristalls und die Linienspektren bei Reflexion an einem Kristall. *P. Debye* und *P. Scherrer* (*Interferenzen an regellos orientierten Teilchen im Röntgenlicht, Physikalische Zeitschrift* Bd. 17, S. 277, 1916) beschreiben jetzt eine neue Erscheinung. Die Versuchsanordnung ist folgende: Ein Pulver von amorphem Bor, amorphem Silizium oder Borstickstoff oder Lithiumfluorid usw. wird zu einem Stäbchen von 2 mm Durchmesser und 10 mm Länge gepreßt. Das Stäbchen wird in einer zylinderförmigen Kamera aufgestellt; durch ein Bleiröhrchen in der Wand der Kamera treten Röntgenstrahlen ein. Aus der Kamera tritt das Röntgenstrahlenbündel durch eine mit schwarzem Papier überdeckte Öffnung wieder aus. Auf diese Weise ist dafür gesorgt, daß Sekundärstrahlen nicht entstehen. Das in der Mitte der Kamera stehende Stäbchen wird von den Röntgenstrahlen in der Mitte getroffen. Längs der Wandung liegen zwei halbkreisförmig gebogene photographische Films, auf denen die Interferenzstrahlung aufgefangen wird. Die Interferenzen kommen dadurch zustande, daß in dem amorphen Pulver kleine Kriställchen vorhanden sind, die, wenn auch regellos gelagert, dennoch Maxima und Minima der Strahlung veranlassen. Die Maxima liegen auf Kegeln, deren Achse mit der Richtung der primären Strahlung zusammenfällt und deren Spitze sich im Innern des bestrahlten Körpers befindet. Es entstehen demnach auf den photographischen Films kreisförmige, scharfe Interferenzstreifen, die als der Durchschnitt der Interferenzkegel mit dem zylindrisch gebogenen Film zu deuten sind. Von vier reproduzierten Aufnahmen sind drei mit Kupferantikathode und eine mit einer Platinantikathode gemacht worden, wobei zum Teil Lithiumfluorid, zum Teil Graphit als bestrahlter Körper benutzt wurde. Die Verfasser geben eine Theorie der Erscheinung; es gelingt ihnen, zu zeigen, daß die theoretisch geforderten Beziehungen sich experimentell nachweisen lassen. Jede Wellenlänge der Röntgenstrahlung erscheint auf dem Photographum in einer Anzahl von Linien; die neue Methode läßt sich sowohl zur Bestimmung der Gitterstruktur von Kristallen, wie zur Messung der Wellenlänge von Röntgenstrahlen mit Hilfe einer bekannten Kristallstruktur benutzen. Eine Anleitung zur Verwendung der Aufnahmen bei beliebigen Kristallsystemen soll später veröffentlicht werden.

Die Aufgabe, die Röntgenstrahlen so durchdringend zu machen, wie die Gammastrahlen der radioaktiven Substanzen, steht in der modernen Röntgentechnik mit an erster Stelle. *P. Ludewig* (*Eine Methode zur Erzeugung sehr harter Röntgenstrahlen, Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau*, Wien, Bd. 34, S. 317, 1916) untersucht, wie die Erzeugungsmethode geändert werden muß, um das zu erreichen. Bei der Bremsung des Kathodenstrahles auf der Antikathode der Röntgenröhre entsteht die sogenannte Impulsstrahlung und die charakteristische Strahlung; beide zusammen geben ein

sehr kompliziertes Röntgenstrahlenspektrum. Während die charakteristische Strahlung von dem Material der Antikathode abhängt — jedes Antikathodenmetall sendet einzelne ihm charakteristische Wellenlängen aus —, ist die Impulsstrahlung eine Funktion der Spannung an der Röntgenröhre. Die Durchdringungsfähigkeit der Impulsstrahlung ist um so größer, je größer die Spannung ist. Die Wellenlängen der charakteristischen Strahlung kann man natürlich nicht ändern, aber der Impulsstrahlung kann man durch Änderung der Spannung beliebige Werte geben. Um diese Strahlung möglichst hart zu machen, ist daher der Verlauf der Spannung an den Röhren im Betriebe sehr wichtig. Diesen Spannungsverlauf leitet der Verfasser theoretisch ab. Es ergibt sich eine Kurvenform, die der experimentell ermittelten entspricht. Sie zeigt im Beginn eines jeden Stromstoßes einen „Zündgipfel“ und dann einen Abfall auf einen niedrigen Wert. Dementsprechend wird in jedem Stromstoß ein Gemisch von verschiedenen harten Impulsstrahlen erzeugt. Der neue Gedanke des Verfassers ist: die bei jedem Stoß erzeugten weichen Röntgenstrahlen auszuschließen, nur die Strahlen entstehen zu lassen, die durch den Zündgipfel hervorgebracht werden und durch die Betriebsverhältnisse den Zündgipfel so hoch wie irgend möglich zu legen. Ferner die elektrischen Schwingungen, die bei jedem Stoß im Sekundärkreis des Induktoriums oder des Transformators erregt werden und den Stromverlauf verlängern und komplizieren, unschädlich zu machen. Die Lösung dieser Aufgaben führt zu einer besonderen Schaltung im Stromkreise der Röntgenröhre. Von den Klemmen der Hochspannungsquelle führt die Leitung über zwei unsymmetrische Luftfunkenstrecken und zwei Widerstände sehr hoher Ohmzahl zur Röntgenröhre. Die Funkenstrecken haben die Eigenschaft, den Stromstoß abzukürzen und die Widerstände die Aufgabe, erstens die Schwingungen vollkommen zu dämpfen und zweitens den Betriebszustand der Röhre auf eben geeigneten Punkt der Charakteristik zu legen. Außerdem muß der Hochspannungsgenerator eine sehr hohe Spannung liefern. Die Forderungen, nur die Zündspannung zur Erzeugung der Impulsröntgenstrahlen zu benützen, sind damit erfüllt: die Funkenstrecken schneiden den letzten Teil eines jeden Stoßes automatisch ab; die hohen Widerstände haben zur Folge, daß die Stromstärke nur klein ist, daß daher die Leitfähigkeit in der Röhre nur geringe Werte annimmt, die Zündspannung infolgedessen sehr hoch liegt, und daß die elektrischen Schwingungen gedämpft werden.

**Über Beobachtungen am Röntgentransformator.** Die elektrischen Vorgänge im Primär- und Sekundärkreis eines Hochspannungsgleichrichters (Röntgentransformators) untersucht *C. Déguisne* (*Physikalische Zeitschrift* Bd. 17, S. 106, 1916) mit dem Oszillographen. Beim Induktor ist die Zufuhr von Energie aus dem Primärkreis bereits abgeschlossen, wenn die sekundäre Entladung einsetzt; beim Röntgentransformator dagegen wird während der Entladung noch Energie nachgeschoben. Die sekundär abgenommene Energiemenge hängt hier daher stark davon ab, ob eine weiche oder eine harte Röntgenröhre eingeschaltet ist. Bei einer weichen Röhre ist die Rückwirkung auf den Primärkreis den Oszillogrammen nach sehr groß. Ähnlich äußert sie sich auf den Verlauf des magnetischen Feldes und der sekundären elektromotorischen Kraft. Die Oszillogramme der sekundären Klemmenspannung zeigen bei Einschaltung harter Röhren einen Kurvenverlauf

von beachtenswerter Unregelmäßigkeit. Die Entladung erfolgt in zackenartigen Stößen, die Spannung fällt in jedem Stoß von 80 kV auf 40 kV und steigt wieder; nach *Déguisne* deswegen, weil der Sekundärstrom auf das Magnetfeld zurückwirkt. Jeder rasche Aufstieg des Sekundärstromes hat ein augenblickliches Sinken, jeder plötzliche Abfall des Stromes ein Ansteigen der elektromotorischen Kraft zur Folge. Hierauf beruht die von vielen Seiten gefundene stoßartige Form der Röntgenstrahlung. Der zweite Teil der Arbeit behandelt die Wanderwellen in der Sekundärspule des Röntgentransformators. Die sekundäre Stromstärke verteilt sich nicht gleichmäßig über die ganze Länge der Sekundärwicklung. Infolgedessen kommt es bei jedem Stromstoß zu einer Strömung der Elektrizität, die Wanderwellen in der Sekundärspule hervorruft. Diese Wellen können beim Eintreffen an den Klemmen eine Spannungserhöhung veranlassen, die nach dem Aussetzen des sekundären Stromes ein neues Zünden der Röntgenröhre oder, falls die Röhre noch nicht verlöscht war, ein ruckweises Ansteigen des Stromes zur Folge hat. Als Fortpflanzungsgeschwindigkeit findet *Déguisne*  $1,2 \cdot 10^{10}$  cm pro Sekunde. Einige Oszillogramme zeigen, daß die Stromverteilung in der Sekundärspule tatsächlich ungleichmäßig ist, und daß für die Kurvenform die Wanderwellen von großer Bedeutung sind.

**Das Integraljontometer.** Die in der Röntgentechnik verwendeten Dosierverfahren haben den Nachteil, daß ihre Angaben von der Härte der Röntgenstrahlen abhängen und daher nicht eindeutig sind. *Th. Christen* (*Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen* Bd. 23, S. 520, 1916) stellt sich die Aufgabe, ein Instrument zu schaffen, das diesen Nachteil vermeidet, um zu erreichen, daß das Instrument bei harten und weichen Strahlen zu gebrauchen ist und auch dann, wenn man es — wie stets in der Praxis — mit einem *Strahlengemisch* zu tun hat. Angenommen die Strahlung fiele durch einen Absorptionskörper von überall gleicher Dicke in eine Ionisationskammer. Dann würden um so mehr Strahlen durch den Absorptionskörper hindurchgehen, je härter die Strahlung ist, und andererseits würden in der Luft der Ionisationskammer um so weniger Strahlen absorbiert. Man könnte nun denken, daß diese beiden entgegengerichteten Einflüsse einander aufheben, und daß die Stärke der Ionisation in der Kammer ein von der Härte der Strahlen unabhängiges Maß für die Strahlenstärke wäre. Das ist aber falsch. Qualitativ wirken die Einflüsse in entgegengesetzter Richtung, aber quantitativ heben sie sich nicht auf. Zur Lösung der Aufgabe muß die Frage so gestellt werden: Welche Gestalt muß der Absorptionskörper haben, damit die Stärke der Ionisation in der Ionisationskammer ein von der Härte unabhängiges Maß für die Strahlenstärke ist. *Christen* zeigt zwei Lösungen. Entweder gibt man dem Absorptionskörper die Form eines ebenen Keiles oder man setzt einen rotationsparabolischen Hohlkörper über eine kreisrunde Kammer. Der letzte Weg wurde bei der Konstruktion des Integraljontometers eingeschlagen, das für die Meßtechnik der Röntgenstrahlen einen wichtigen Fortschritt bedeutet. Es ist mit ihm nicht nur möglich, unab-

hängig vom Härtegrad Flächenenergie und Intensität zu messen, sondern auch für die Leistung eines Röntgenapparates ein einwandfreies Maß zu geben.

**Ziele und Probleme der Röntgenstrahlenmeßtechnik.** Für die Frage nach einer Vereinheitlichung des Meßwesens in der Röntgentechnik (*Voltz, Fortschr. a. d. Gebiete d. Röntgenstrahlen* Bd. 24, S. 1—51, 1916) kommt es erstens darauf an, die physikalisch-chemische Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Meßgerät und zweitens die chemisch-biologische Wirkung auf den menschlichen Körper kennen zu lernen. Beide Wirkungen sind auf die Bildung von negativen Elektronen zurückzuführen, die die Röntgenstrahlen in der von ihnen getroffenen Substanz erzeugen. Diese Elektronen, die Kathoden- oder  $\beta$ -Strahlencharakter haben, verursachen dann die äußerlich sichtbare Wirkung auf Meßgerät oder Zelle. Damit tritt das „Sekundärstrahlenproblem“ in den Vordergrund, d. h. die Frage, wie groß die Sekundärstrahlung ist in Abhängigkeit von der Art der getroffenen Substanz und der Wellenlängenzusammensetzung des Röntgenstrahlengemisches. Die Erscheinung der selektiven Absorption der Röntgenstrahlen bildet die Hauptquelle für die zahlreichen bisherigen Unstimmigkeiten in der Röntgenmeßtechnik; erst wenn man dafür gesorgt hat, daß das physikalische Meßinstrument aus Substanzen besteht, in denen das Strahlengemisch des Röntgenrohres keine Sekundärstrahlen erzeugt, werden einwandfreie Messungen möglich. Unter diesem Gesichtspunkt ist sowohl zur Messung der Härte, wie auch der Dosis nur die jontometrische Methode geeignet; zum Bau des Ionisationsraumes dürfen daher nur Stoffe benutzt werden, in denen die Sekundärstrahlung keine Rolle spielt. Zugleich ist zur Beurteilung des Strahlengemisches die Beobachtung der Kurvenform der an der Röhre liegenden Spannung nötig. Daher sind fast alle heute gebräuchlichen Meßinstrumente ungeeignet und ein Vergleich der verschiedenen Meßmethoden undurchführbar. Zur Lösung des Gesamtproblems muß ferner auch die Wirkung auf die Zellen des menschlichen Körpers berücksichtigt werden. Auch in ihnen werden Sekundärstrahlungen und selektive Absorption für bestimmte Wellenlängen eintreten. Daraus folgt aber, daß, wenn auch die Röntgenstrahlen physikalisch einwandfrei gemessen werden, doch bei gleichem physikalischen Effekt nicht immer der gleiche biologische Effekt in der Zelle eintreten muß. Es ist daher noch unbekannt, in welcher Beziehung ein bestimmter biologischer Effekt zu einer bestimmten physikalischen Strahlenenergie steht. Neben der Durchbildung und Vervollkommnung des physikalischen Meßinstrumentes und der Vereinheitlichung der Meßmethoden und Meßskalen ist daher das Studium der biologischen Wirkung der Röntgenstrahlen zur Lösung des Gesamtproblems erforderlich. — Die Arbeit von *Voltz* enthält außer einer Sichtung des bisher bekannten Materials auch einige neue Versuche. Sie beziehen sich auf die Erforschung der elektrodynamischen Eigenschaften der Röntgenröhre und knüpfen an die Ludewigsche Theorie über das Verhalten der Röhre im Betriebe an. Es zeigt sich, daß die theoretisch abgeleiteten Beziehungen mit den Versuchsergebnissen sehr wohl übereinstimmen.

*Paul Ludewig, Freiberg.*