

Über den Einfluß der Entgasung einer von Kathodenstrahlen getroffenen Metallplatte auf die ausgelöste Elektronenstrahlung¹⁾.

Von Carl Tingwaldt in Berlin.

Mit einer Abbildung. (Eingegangen am 25. August 1925.)

Die Elektronenstrahlung einer von Kathodenstrahlen getroffenen Metallplatte wird untersucht. Dabei wird gezeigt, daß die Abhängigkeit dieser Strahlung von dem Einfallswinkel der primären Kathodenstrahlung bei im Hochvakuum entgasten Metallen verschwindet.

Baltruschat und Starke²⁾ bestätigten bei Wiederholung der bekannten früheren Versuche von Austin und Starke³⁾, die zur Entdeckung der sekundären Kathodenstrahlen führten, daß die Elektronenstrahlung einer von Kathodenstrahlen getroffenen Metallplatte sich mit wachsendem Einfallswinkel der Primärstrahlung vergrößert. Die dabei benutzten Metallplatten waren nicht vorher im Vakuum entgast. Aus den Untersuchungen von Millikan und seinen Schülern⁴⁾, besonders aber von Farnsworth⁵⁾, folgt, daß bei senkrechtem Einfall der primären Kathodenstrahlen die Rückstrahlung des Reflektors in hohem Maße von seiner Gasbeladung abhängig ist. Es liegt nahe, auch die Winkelabhängigkeit der Rückstrahlung bei im Hochvakuum entgasten Reflektoren zu untersuchen. Diese Aufgabe ist in der vorliegenden Arbeit ausgeführt. Außerdem wurden die Versuche von Farnsworth wiederholt und eine befriedigende Übereinstimmung erzielt. Dadurch sind auch die früheren Resultate von v. Baeyer⁶⁾ bestätigt, die ergaben, daß bei ganz langsamen primären Kathodenstrahlen bis etwa 10 Volt die Rückstrahlung des Reflektors vorwiegend durch reine Reflexion am Reflektor entsteht.

Die Einrichtung der Versuchsröhre (Fig. 1) ähnelt durchaus der Anordnung von Baltruschat und Starke⁷⁾. Sie unterscheidet sich in der Hauptsache nur durch das Fehlen jeglicher Schlitze und Kittungen und durch die Möglichkeit, den Reflektor im Vakuum bis auf helle Rotglut zu erhitzen, wodurch Gasreste aus dem Metall ausgetrieben werden.

¹⁾ Auszug aus der Berliner Dissertation.

²⁾ M. Baltruschat u. H. Starke, Phys. ZS. **23**, 403, 1922.

³⁾ L. Austin u. H. Starke, Ann. d. Phys. **9**, 271, 1902.

⁴⁾ L. E. Macallister, Phys. Rev. **21**, 122, 1923.

⁵⁾ H. E. Farnsworth, Phys. Rev. **20**, 358, 1922.

⁶⁾ O. v. Baeyer, Verh. d. D. Phys. Ges. **10**, 96 u. 953, 1908.

⁷⁾ l. c.

Zwei Kupferstäbe α , α (s. Fig. 1) bilden die Stromleitungen zur Wehneltkathode K . Zwischen K und der Anode A wird das beschleunigende Feld gelegt. Die übrigen Metallteile des Versuchsgefäßes erhalten dasselbe Potential wie A . Unter dem Einfluß des beschleunigenden Feldes gelangen die aus der Kathode austretenden Elektronen durch das Diaphragmaröhrchen D in den Beobachtungsraum B , wo sich der Reflektor R befindet. Er besteht aus dünnem Pt-Blech (0,02 mm) und ist zur Versteifung an den Rändern an einem Glasrahmen festgeschmolzen. Von den Rändern aus ist das Pt-Blech mehrfach eingeschnitten (s. Fig. 1), um es bequem elektrisch glühen zu können. Die Stromzuführungen des Glühstromes werden von dünnen Cu-Bändern gebildet, die in losen Windungen um die Achse des Glasrahmens gelegt sind. Auf der Achse

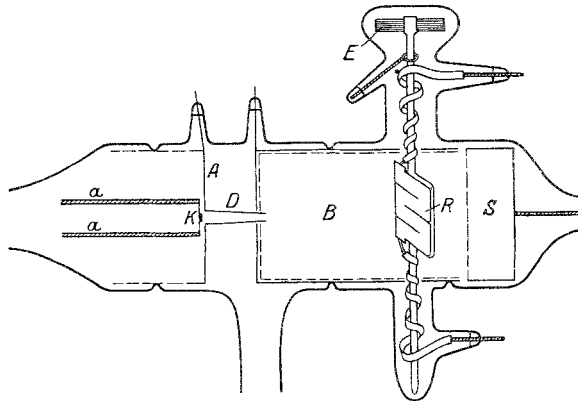


Fig. 1.

ist ferner ein Stab E aus weichem Eisen befestigt, der von außen durch einen Magneten bewegt werden kann und so die Drehung des Reflektors vermittelt. S ist ein Schutzschild, welches den Zweck hat, die seitlich an dem Reflektor vorbeifliegenden Elektronen aufzufangen. Außerdem ist die ganze Versuchsrohre außen mit Cu-Draht umwickelt, um durch Wirbelströme alle Metallteile im Innern erwärmen zu können.

Das Hochvakuum wurde, wie üblich, durch Diffusionspumpen hergestellt.

Nachdem sämtliche Metallteile des Versuchsgefäßes mehrere Stunden im Hochvakuum erhitzt waren und überdies der Reflektor mehrere Stunden auf heller Rotglut gehalten war, wurden die Versuche über die Abhängigkeit der Rückstrahlung von dem Einfallswinkel der primären Strahlung ausgeführt. Gemessen wurde einerseits der vom Reflektor R

abfließende Strom J_1 , andererseits der von dem den Beobachtungsraum B umschließenden Käfig abfließende Strom J_2 . Die von R ausgehende Rückstrahlung, ausgedrückt in Prozenten der einfallenden Strahlung, ist dann das Reflexionsvermögen $k = \frac{J_2}{J_1 + J_2} \cdot 100$ Proz. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1, 2 und 3 angegeben. Unter dem Einfallswinkel wird hier wie in der Optik der Winkel zwischen dem einfallenden Strahl und dem Einfallslot verstanden. Senkrechter Inzidenz entspricht also der Einfallswinkel 0° .

Für ganz geringe Primärgeschwindigkeiten bis 12 Volt gilt:

Tabelle 1¹⁾.

	Einfallswinkel 0°	30°	45°	
Primärgeschwindigkeit 4 Volt	$k = 39$	48,5	77,5	Proz.
	Einfallswinkel 0°	25°	45°	60°
Primärgeschwindigkeit 5 Volt	$k = 42$	46,5	65	73 Proz.
	Einfallswinkel 0°	30°	45°	60°
Primärgeschwindigkeit 6 Volt	$k = 45$	45,5	52,5	62 Proz.
	Einfallswinkel 0°	40°	62°	
Primärgeschwindigkeit 7 Volt	$k = 46$	48	61	Proz.
	Einfallswinkel 0°	30°	60°	
Primärgeschwindigkeit 12 Volt	$k = 50$	50	52,5	Proz.

Hiernach scheint für ganz langsame Kathodenstrahlen die Rückstrahlung mit wachsendem Einfallswinkel der Primärstrahlung zuzunehmen. Dieses Resultat wird indessen nur vorgetäuscht. Aus den Versuchen von Farnsworth²⁾ und anderen³⁾ erhellt, daß sich am Reflektor negative Flächenladungen (Doppelschichten) bilden, welche die ganz langsamen primären Strahlen beeinflussen. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, wird ja auch die Winkelabhängigkeit mit wachsender Primärgeschwindigkeit geringer. Kompensiert man die negative Flächenladung an der Oberfläche des Reflektors durch ein von außen angelegtes positives Potential, so verschwindet die Winkelabhängigkeit der Rückstrahlung.

¹⁾ Wurde der Reflektor durch einen Magneten von außen in die gewünschte Lage gedreht und dann der Magnet zur Vermeidung störender Wirkungen entfernt, so blieb der Reflektor gewöhnlich nicht in derselben Lage stehen, sondern nahm infolge der elastischen Wirkungen der um die Reflektorachse gelegten Cu-Bänder eine andere Lage ein. Daher war es nicht möglich, die Werte von k in einer und derselben Kolonne der Tabellen 1, 2 und 3 auf dieselben Einfallswinkel zu beziehen.

²⁾ l. c.

³⁾ Siehe hierzu die Arbeiten von O. v. Baeyer u. Tool, Verh. d. D. Phys. Ges. **13**, 569, 1911; E. Gehrcke u. R. Seeliger, ebenda **15**, 438, 1913; R. Vieweg, Ann. d. Phys. **74**, 146, 1924; A. Janitzky, ZS. f. Phys. **31**, 277, 1925.

Bei den Versuchen in der vorliegenden Arbeit genügte es, wie wenigstens qualitativ gezeigt werden konnte, dem Reflektor ein positives Potential von 1,8 Volt zu geben, um angenähert den Einfluß der negativen Flächenladungen zu kompensieren. Nach der Kompensation änderten sich die Werte von Tabelle 1 folgendermaßen:

Tabelle 2.

	Einfallswinkel 0°	20°	42°	55°	65°
Primärgeschwindigkeit 4 Volt . . $k = 40$		39	37,5	38	39,5 Proz.
	Einfallswinkel 0°	30°	47°	60°	
Primärgeschwindigkeit 6 Volt . . $k = 45$		42,5	40,5	43	43 Proz.
	Einfallswinkel 0°	20°	42°	60°	
Primärgeschwindigkeit 7 Volt . . $k = 47$		46,5	43	45,5	45,5 Proz.
	Einfallswinkel 0°	30°	50°	60°	
Primärgeschwindigkeit 12 Volt . . $k = 47$		47	46	46	46 Proz.

Bei größeren Primärgeschwindigkeiten erhält man ohne Kompensation der negativen Flächenladung:

Tabelle 3.

	Einfallswinkel 0°	20°	40°	50°	
Primärgeschwindigkeit 20 Volt . . $k = 50$		51	51,5	51,5	51,5 Proz.
	Einfallswinkel 0°	20°	35°	60°	75°
Primärgeschwindigkeit 100 Volt . . $k = 88$		88	89	92	93,5 Proz.
	Einfallswinkel 0°	15°	40°	75°	
Primärgeschwindigkeit 500 Volt . . $k = 126$		125,5	125,5	129	129 Proz.

Wird die negative Flächenladung kompensiert, so ist bei größeren Primärgeschwindigkeiten eine Winkelabhängigkeit der Rückstrahlung ebensowenig zu bemerken. So ist z. B. für 100 Volt Primärgeschwindigkeit:

Einfallswinkel 0°	30°	60°	75°
$k = 77$	77	78	79 Proz.

Ein Vergleich mit Tabelle 3 zeigt, daß bei den größeren Primärgeschwindigkeiten ganz im Gegensatz zu den kleineren Primärgeschwindigkeiten das Reflexionsvermögen durch Anlegen des Hilfspotentials merkbar vermindert wird. Dies erklärt sich einfach aus der Tatsache, daß die von den schnelleren Kathodenstrahlen ausgelöste Sekundärstrahlung beträchtliche Mengen langsamer Strahlen enthält, die durch das Hilfspotential beeinflußt werden.

Aus den Tabellen 1 bis 3 ist zusammenfassend zu schließen, daß die Rückstrahlung eines entgasten Reflektors für alle hier untersuchten Geschwindigkeiten der primären Kathodenstrahlung von dem Einfallswinkel weitgehendst unabhängig ist.

Eine Abhängigkeit der Rückstrahlung von der Temperatur des Reflektors konnte übereinstimmend mit Macallister¹⁾ ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

Die vorliegende Arbeit wurde im Physikalischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. O. v. Baeyer für die Anregung zu dieser Arbeit und für wertvolle Ratschläge bei Ausführung derselben auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Ebenso bin ich der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft zu Dank verpflichtet, die die Beschaffung der notwendigen Apparate ermöglichte.

¹⁾ l. c.