

Betriebsanleitung



1 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Die Elektronenbeugungsröhre dient zur Untersuchung und Veranschaulichung sowohl der Korpuskel- als auch der Welleneigenschaften von Elektronen.

In einem evakuierten Glaskolben befindet sich eine dünne polykristalline Graphitfolie, die von einem fokussierten Elektronenstrahl einheitlicher kinetischer Energie durchsetzt wird. Die an den räumlich statistisch verteilten Graphitkristallen gebeugten Elektronen erzeugen auf einer Fluoreszenzschicht auf der Innenseite des Glaskolbens ein Interferenzmuster (Debye-Scherrer-Ringe), durch dessen Auswertung die de-Broglie-Beziehung bestätigt werden kann. Die Korpuskeleigenschaft von Elektronen lässt sich durch eine elektronenoptische Abbildung des die Probe tragenden Kupfernetzes nachweisen.

2 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

In der evakuierten Elektronenbeugungsröhre befindet sich ein Elektronenstrahlerzeugungssystem, dessen Aufbau in Abb. 2 schematisch dargestellt ist. Die aus einer Glühkathode K (Kathodenheizung H) austretenden Elektronen werden von einem durch das Elektrodenystem $G_1 \dots G_4$ aufgebauten elektrischen Feld beschleunigt und fokussiert. Der Wehneltzylinder G_1 blendet ein schmales Elektronenbündel aus, das anschließend durch das Gitter G_2 leicht vorbeschleunigt wird. Danach werden die Elektronen durch das stark positive Potential von G_3 kräftig beschleunigt. Die Fokussierung des Elektronenstrahls erfolgt mit Hilfe von G_3 und G_4 , die zusammen ein elektronenoptisches Linsensystem darstellen.

Die beschleunigten Elektronen treffen auf eine dünne polykristalline Graphitfolie, die von einem Kupfernetz getragen wird. An der Graphitfolie werden die Elektronen unterschiedlich stark gebeugt und treten in den kugelförmigen Teil der Röhre ein und treffen dann auf eine Fluoreszenzschicht auf der Innenseite des Glaskolbens. Durch die an den Auftreffstellen entstehende Fluoreszenzstrahlung ist

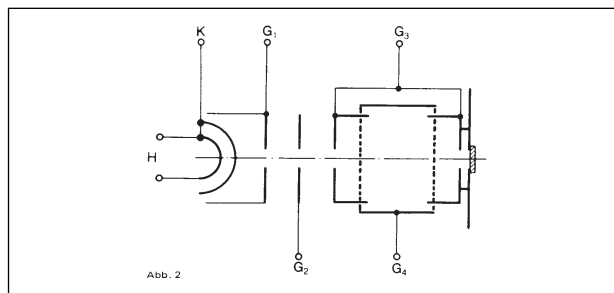


Abb. 2

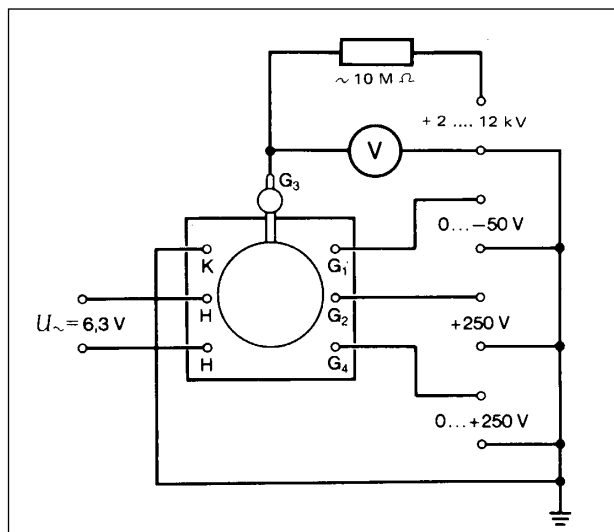


Abb. 3

ein aus konzentrischen Kreisen bestehendes Interferenzmuster zu beobachten.

Die Funktionselemente des Strahlerzeugungssystems der Elektronenbeugungsröhre sind direkt mit den entsprechend gekennzeichneten Buchsen der Fassung verbunden (Abb.3). Für den Betrieb der Kathodenheizung reicht eine

Wechselspannung aus . Für den Betrieb der übrigen Funktionselemente sind grundsätzlich gut geglättete Gleichspannungen erforderlich.

Da der Anodenstrom 1 mA nicht wesentlich überschreiten soll, ist zu seiner Begrenzung vor die Anode G_3 ein Widerstand von etwa $10\text{ M}\Omega$ einzusetzen. Bei Verwendung von Hochspannungsgeräten mit einer Strombegrenzung $< 1\text{ mA}$ entfällt diese Vorsichtsmaßnahme. Die mit der Anode fest verbundene Hochspannungsleitung ist durchschlagsfest, so daß auf eine besondere Führung der Leitung nicht geachtet werden muß.

Folgende Ausgangseinstellungen bezogen auf das Kathodenpotential (Erddpotential) werden empfohlen (je nach Versuchsziel sind diese Einstellungen zu variieren):

Wehnelt G_1	:	- 25V
Elektrode G_2	:	+ 250V
Anode G_3	:	+ 10kV
Elektrode G_4	:	ca.+ 250V

Die Röhre sollte nicht von der Fassung getrennt werden. Ist dies doch einmal geschehen, so ist beim Wiedereinsetzen darauf zu achten, daß die Röhre in der für die richtige Kontaktzuordnung erforderlichen Weise aufgesteckt wird. Ein Verbiegen der feinen Anschlußstifte ist dabei unbedingt zu vermeiden.

3 BEUGUNG DER ELEKTRONEN AN GRAPHIT (WELLENEIGENSCHAFT DES ELEKTRONS)

Die räumlich statistisch verteilten Kristallite der Graphitfolie zeigen die für Graphit typische hexagonale Kristallstruktur. Die beiden größten Netzebenenabstände betragen

$$d_1 = 213\text{ pm und } d_2 = 123\text{ pm.}$$

Die gebeugten Elektronen besitzen eine von der Anodenspannung U_a (mit Bezug gegen Erde) abhängige de-Broglie-Wellenlänge

$$\lambda = \sqrt{\frac{1500kV}{U_a}}\text{ pm}$$

Im Versuch werden zuerst die oben empfohlenen Ausgangswerte der Elektrodenspannungen eingestellt. Die negative Wehneltspannung wird soweit verringert, bis sich möglichst intensitätsreiche Beugungsringe ausgebildet haben. Abb.4 zeigt das Ergebnis eines Versuchsbeispiels. Die beiden erkennbaren Ringe genügen der Bragg-Bedingung

$$2d_{1,2} \sin \vartheta_{1,2} = \lambda = \sqrt{\frac{1500kV}{U_a}}\text{ pm}$$

wobei $\vartheta_{1,2}$ die von der Anodenspannung U_a abhängigen Beugungswinkel des Elektronenstrahl darstellen (s.Abb.5). Die Beugungswinkel können nach der Bestimmungsgleichung

$$\vartheta = \frac{1}{4} \arcsin \frac{2r}{D}$$

aus den jeweilige Durchmessern r der Beugungsringe ermittelt werden. Diese können am günstigsten mit Hilfe eines Meßschiebers aus Kunststoff ausgemessen werden. Beim Anlegen des Meßschiebers geht man möglichst von den jeweiligen Intensitätsmaxima der Ringe aus.

Neben den beiden intensitätsreichen Beugungsringen erscheinen mit steigender Anodenspannung noch weitere Ringe, die bei vollständiger Raumabdunklung deutlich zu

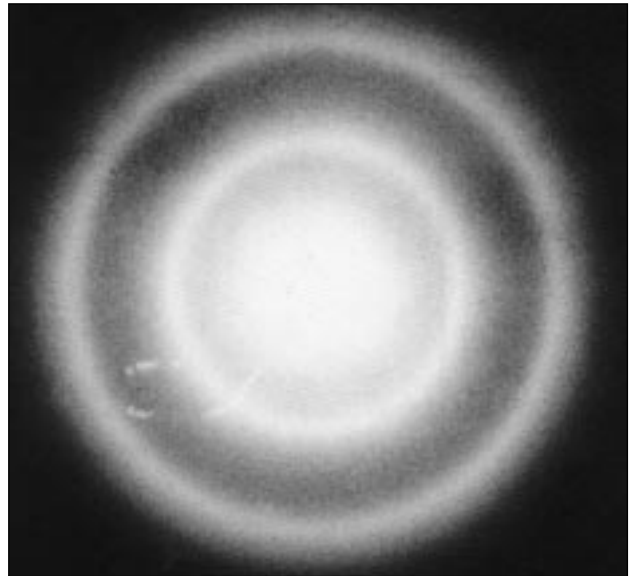


Abb. 4

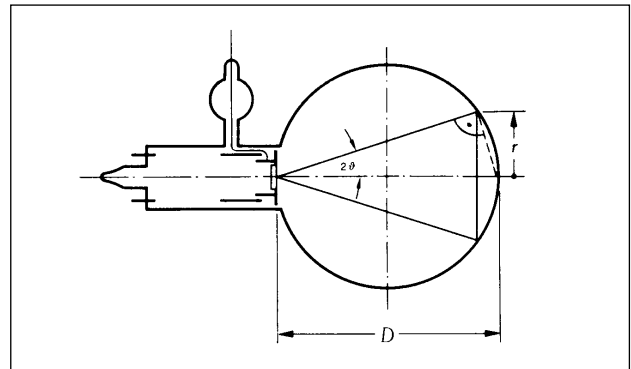


Abb. 5

erkennen sind.

Die Gerätekonstante $D = 127\text{ mm}$ entspricht dem größtem Abstand der Graphitschicht von der Innenwandung des Glaskolbens. Aus fertigungstechnischen Gründen ist eine genaue Angabe des Maßes für D nicht möglich. Entsprechend der für D festgelegten Fertigungstoleranzen ist mit einem Fehler von 2,5 % zu rechnen.

Bei einem Maximalwert der Anodenspannung von 12kV beträgt die Geschwindigkeit der Elektronen im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit etwa 22 %, so daß eine nichtrelativistische Betrachtung ausreichend ist . Für die de-Broglie-Wellenlänge ist diese Näherung mit einem Fehler von ca. 2,5 % verbunden.

4 ELEKTRONENOPTISCHE ABBILDUNG DES TRÄGERNETZES (KORPUSKELEIGENSCHAFT DES ELEKTRONS).

Wird der auf die Probe auftrefende Elektronenstrahl genügend aufgeweitet, so kann das Kupferträgernetz auf dem Leuchtschirm abgebildet werden. Die Spannung am Wehneltzylinder G_1 und die Anodenspannung G_3 werden soweit verringert, bis der Durchmesser des Leuchtflecks so groß ist, daß man den Schattenwurf des Trägernetzes erkennen kann. Die auf dem Leuchtschirm sichtbare Netzstruktur des Kupfernetzes zeigt, daß man mit Hilfe von Elektronen Gegenstände geometrisch abbilden kann.

5 STRAHLENSCHUTZ

Beim Betrieb der Elektronenbeugungsröhre entsteht Röntgenstrahlung. Im Sinne der Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlung vom 8.Jan. 1987 (Röntgenverordnung-RöV) handelt es sich bei der Elektronenbeugungsröhre um einen Störstrahler. Der Umgang ist in §5(2)-RöV geregelt. Da die Ortsdosisleistung bei max.

Anodenspannung $U_a = 12 \text{ kV}$ weit unterhalb des festgelegten Grenzwertes liegt, kann die Elektronenbeugungsröhre ohne besondere Strahlenschutzmaßnahmen im Unterricht eingesetzt werden. Der Umgang ist genehmigungs- und anzeigefrei.

Achtung: Im Sinne der RöV und um Schäden an der Elektronenbeugungsröhre zu vermeiden ist ein Überschreiten der maximalen Anodenspannung von 12kV ist nicht zulässig.

6 TECHNISCHE DATEN

Beugungspräparat	Graphit
Trägernetz	Kupfer
Nenn-Abstand	
Präparat-Kolbeninnenwand	127mm $\pm$ 3mm
Leuchtschirmdurchmesser	100mm
Kathodenheizung	$U_{\sim} = 6,3\text{V} / 300\text{mA}$
Wehneltspannung (geglättet)	0....-50V
Vorbeschleunigungsspannung (geglättet)	+250V
Anodenspannung (geglättet)	+2....+12kV
Anodenstrom	< 1mA
Fokussierspannung (geglättet)	0....+250V

7 LITERATURHINWEIS

Versuchseinheiten Physik	16052.41
Dualismus Welle-Teilchen	16502.01
Hochschulpraktikum Physik	

8 GERÄTELISTE

Netzgerät 0...600V, geregelt	13672.93
Hochspannungsnetzgerät 0...10kV	13670.93
oder	
Hochspannungsnetzgerät 0...25kV	13671.93