

Versuch 5

Elektronenbeugung

Ziel des Versuches

Durch die Beugung von Elektronen sollen der Welle-Teilchen-Dualismus demonstriert und die Gitterkonstanten von Graphit bestimmt werden.

5.1 Theoretischer Hintergrund

In den ersten beiden Jahrzehnten des zwanzigsten Jahrhunderts wurde klar, daß das klassische Bild von Teilchen als kleine elastische Kugeln nicht für die Beschreibung der Physik der Atome ausreichend ist. So konnte im klassischen Bild die Existenz diskreter Spektrallinien bei der Lichtemission von Atomen nicht befriedigend erklärt werden. In Analogie zu den Teilcheneigenschaften des Lichtes postulierte de Broglie 1923, daß Materieteilchen, z.B. Elektronen, sich wie Wellen mit der Wellenlänge

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (5.1)$$

verhalten. Dabei ist p der Impuls des Teilchens und m, v sind seine Masse und Geschwindigkeit.

Davisson und Germer zeigten 1927, daß man mit Elektronen die gleichen Beugungsbilder an Kristallen erzeugen kann wie mit Röntgenstrahlung. G.P. Thompson erhielt analog zur Debye-Scherrer-Methode ähnliche Beugungsbilder an Kristallpulver.

In dem nun durchzuführenden Versuch wird die Beugung an einer polykristallinen Graphitfolie untersucht, die wie Kristallpulver ebenfalls aus einer großen Anzahl zufällig orientierter Mikrokristalle besteht.

Bei der Elektronenbeugung am Kristallgitter gilt wie bei der Röntgenbeugung (siehe Versuch 7) die Braggsche Bedingung:

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (5.2)$$

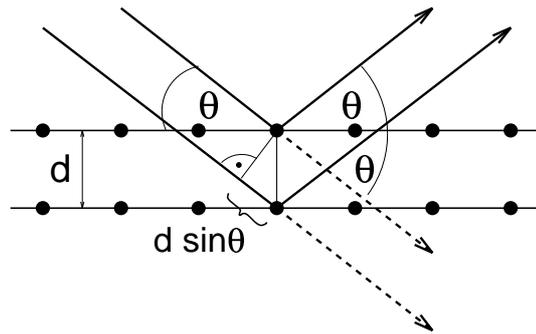


Abb. 5.1: Geometrie der Beugung von Elektronen an einem Kristall.

Dabei sind d der Netzebenenabstand des Gitters, θ der Reflexionswinkel und n die zugehörige Beugungsordnung.

Fallen nun Elektronenstrahlen auf die Graphitfolie, so sind aufgrund der willkürlichen Anordnung der Mikrokristalle immer solche zu finden, die Gl.(5.2) erfüllen. Alle von diesen Kristalliten ausgehenden gebeugten Strahlen liegen auf Kegelmänteln, deren gemeinsame Achse durch die Einfallsrichtung der Elektronen gegeben ist. Die im Versuchsaufbau realisierte Beugungsgeometrie ist schematisch in Abb. 5.2 für eine Reflexion an einem ausgewählten Kristalliten dargestellt.

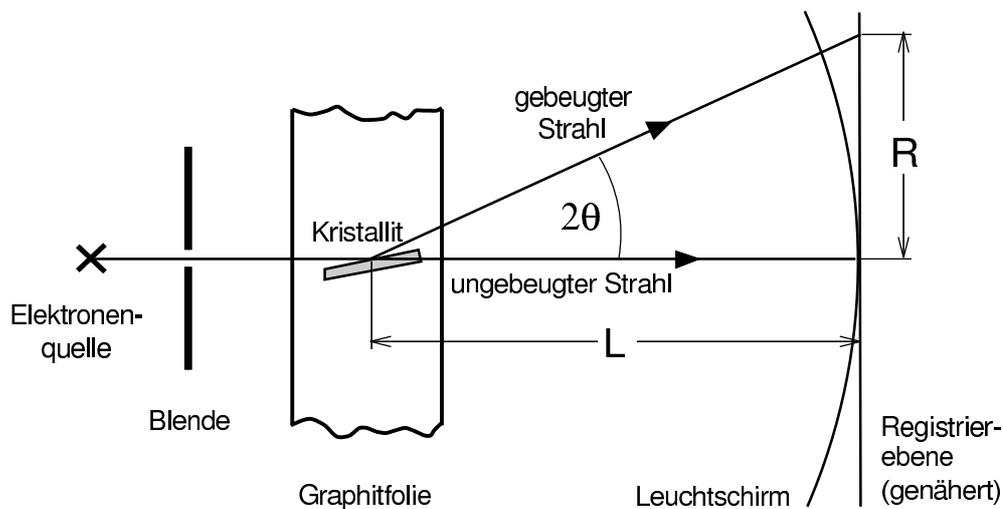


Abb. 5.2: Schematische Darstellung der Versuchsanordnung

Wie man sieht, stellt der Leuchtschirm der Röhre einen Schnitt durch die erwähnten Kegel dar, so daß die abgebeugten Elektronenstrahlen als konzentrische Kreise um den ungebogenen Elektronenstrahl erscheinen.

Aus Abb.5.2 läßt sich die folgende Beziehung ableiten:

$$\tan(2\theta_i) = \frac{R_i}{L} \quad (5.3)$$

Hierbei sind R_i der Durchmesser des Kreises auf dem Leuchtschirm und L der Abstand zwischen Probe und Leuchtschirm. Der Index i bezeichnet den betrachteten Reflex. Da für

kleine Winkel näherungsweise

$$\tan(2\theta) \approx \sin(2\theta) \approx 2 \sin \theta \quad (5.4)$$

gilt, folgt mit Gl.(5.2) für die hier betrachtete erste Beugungsordnung:

$$R_i = \frac{L}{d_i} \cdot \lambda \quad (5.5)$$

5.2 Versuchsaufbau und -durchführung

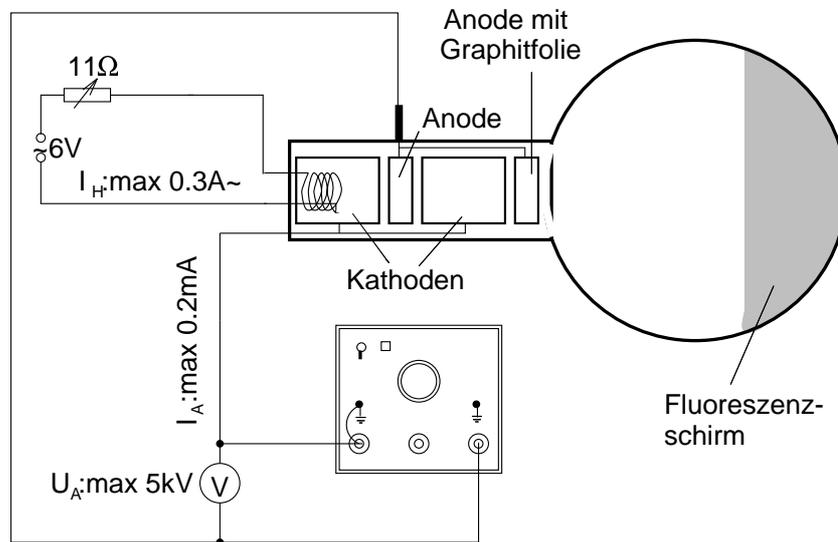


Abb. 5.3: Skizze des Versuchsaufbaus.

Die Abb.5.3 zeigt eine Skizze des verwendeten Versuchsaufbaus. Er besteht im Wesentlichen aus einer evakuierten Elektronenröhre, die mit einem Fluoreszenzschirm zur Sichtbarmachung der Elektronen ausgestattet ist. Die aus der Glühkathode austretenden Elektronen werden wie bei dem Fadenstrahlrohr durch eine Anode beschleunigt. Im Gegensatz zum Aufbau in Versuch 4 werden jedoch jeweils 2 Kathoden und Anoden zur optimalen Fokussierung des Elektronenstrahls verwendet. Die Elektronen werden an der in der zweiten Anode integrierten Graphitfolie gebeugt und gelangen schließlich auf den Schirm.

Für die kinetische Energie der Elektronen gilt wiederum:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU \quad (5.6)$$

Damit ergibt sich für die de-Broglie-Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emU}} \quad (5.7)$$

Auf dem Fluoreszenzschirm bilden sich Interferenzringe aus, aus deren Radien R_i sich mit Hilfe der Gln.(5.5,5.7) die beiden Gitterkonstanten d_1 und d_2 (siehe Abb.5.4) von Graphit bestimmen lassen. Die Länge L des Elektronenweges von der Folie zum Schirm beträgt bei diesem Versuchsaufbau 13.5 cm.

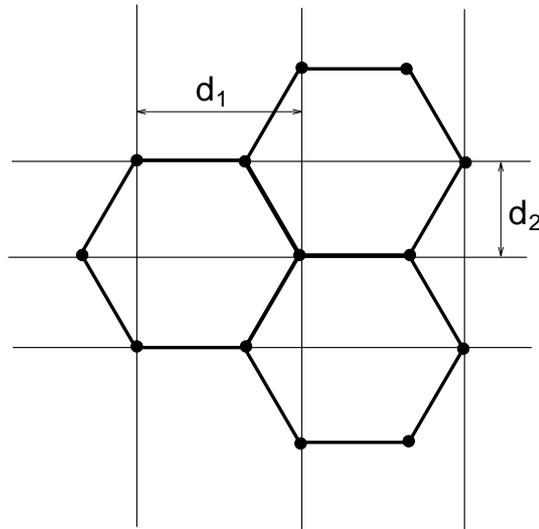


Abb. 5.4: Aufbau des Kristallgitters von Graphit.

5.3 Aufgabenstellung

1. Messen Sie die zu den Gitterkonstanten d_1 und d_2 gehörigen Radien R_1 und R_2 auf dem Fluoreszenzschirm für verschiedene (mindestens vier) Beschleunigungsspannungen U aus.
2. Berechnen Sie jeweils λ nach Gl.(5.7) und tragen Sie R_i gegen λ auf. Bestimmen Sie aus den Steigungen der Geraden die Gitterkonstanten d_1 und d_2 .