

## Elektronenbeugung am Graphitgitter/Prinzip des Elektronenmikroskopes

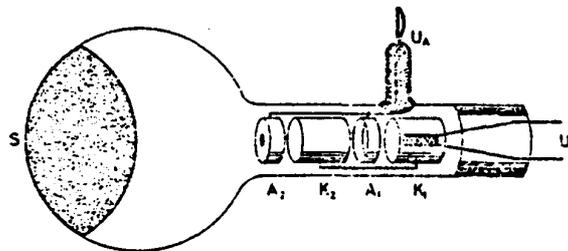
Mit diesem Versuch wird die Wellennatur von bewegten Elektronen bewiesen. Gleichzeitig wird am Beispiel der Elektronen die Gültigkeit der De-Broglie-Beziehung aufgezeigt: Die durch Interferenz gemessene Wellenlänge der Elektronen wird mit der nach De-Broglie berechneten verglichen.

Darüber hinaus kann man mit der Elektronenbeugungsröhre das Prinzip von Struktur-Untersuchungen mittels Elektronenstrahlen zeigen und erklären.

### 1. Beschreibung

Die Funktionsteile der Röhre - Katode und Anode sowie Graphitfolie als Beugungsgitter - befinden sich in einem evakuierten Glaskolben von ca. 250 mm Länge und einem maximalen Durchmesser von etwa 130 mm

Anmerkung: wenn Elektronen einen Leuchtschirm anregen sollen, benötigt man zu ihrer Beschleunigung Hochspannung (einige kV)



Prinzip der Elektronenbeugung nach dem Debye-Scherrer-Verfahren:

Für Interferenzreflexion von Elektronenstrahlen an Gitteratomen gilt in gleicher Weise wie für andere Wellenstrahlung (z.B. Röntgenstrahlen) die Braggsche

Fig. 1

Bedingung

$$2 d \sin \theta = n \lambda \quad (1) \quad d = \text{Netzebenenabstand des Raumgitters}$$

$\theta$  = Reflexionswinkel

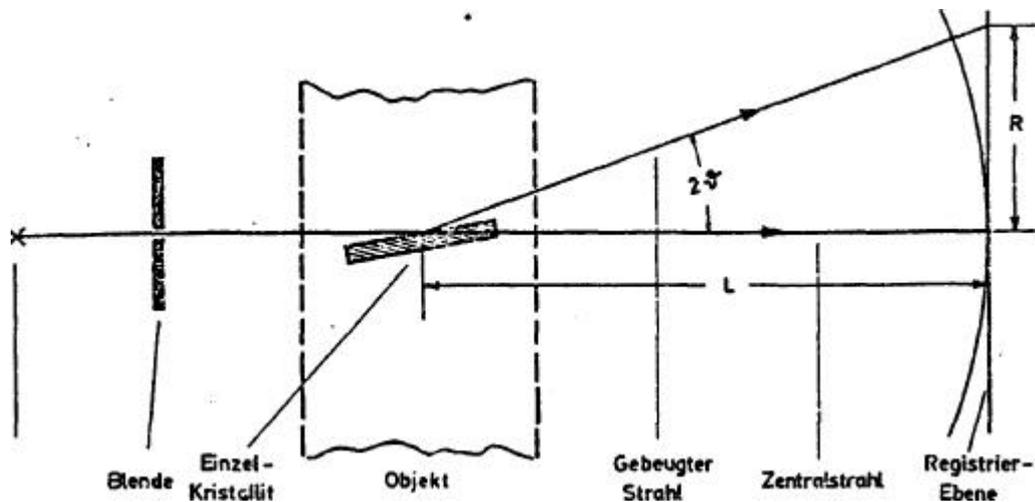
$\lambda$  = Wellenlänge der Elektronenstrahlen

Interferenzreflexion findet also dann statt, wenn der Gangunterschied  $2 d \sin \theta$  gleich einem ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge ist.

Fallen nun, wie im Verfahren von Debye-Scherrer, das in der Elektronenbeugungsröhre verwirklicht ist, Elektronenstrahlen auf die Graphitfolie, so werden infolge der willkürlichen Anordnung der Mikrokristalle stets solche zu finden sein, die mit der einfallenden Strahlung Winkel bilden, die der Braggschen Bedingung genügen. (Der Reflexionswinkel ist in der Skizze mit  $\theta$  gekennzeichnet)

Alle von solchen Kristalliten ausgehenden Reflexe liegen auf Kegelmänteln mit gemeinsamer Achse. Einen Schnitt durch diese Kegel stellt der Leuchtschirm der Röhre dar, so daß die abgebeugten Elektronenstrahlen als konzentrische Kreise um den

ungebeugten Elektronenstrahl erscheinen.



Elektronenquelle

Fig. 4

Aus der schematischen Darstellung eines reflektierten Strahls (Fig.4 ) ergibt sich

$$\tan 2\theta = R/L$$

Daraus folgt für kleine Winkel (wegen der näherungsweisen Gleichheit von  $\tan 2\theta = \sin 2\theta = 2 \sin \theta$  )

$$2 \sin \theta = R/L \quad (2)$$

Durch Einsetzen von (2) in (1) ergibt sich (für  $n = 1$ , Beugung 1. Ordnung)

$$2d \sin \theta = R/L \quad (3)$$

### Auswertungsbeispiel

Aus der de-Broglie-Gleichung ergibt sich, wenn man die Elektronengeschwindigkeit  $v$  aus der Energiegleichung  $1/2 m v^2 = e U$   $U =$  Beschleunigungsspannung einsetzt, für die Wellenlänge der Elektronenstrahlung

$$\lambda = h / \sqrt{2emU}$$

Setzt man die Werte für das Plancksche Wirkungsquantum  $h$ , die Elektronenmasse  $m$  und die Elementarladung  $e$  ein, so folgt als befriedigende Näherungsformel für die Wellenlänge von Elektronen, die durch eine Spannung  $U$  beschleunigt werden

$$\lambda \approx \sqrt{\frac{150}{U}} \text{ \AA}$$

(U= Zahlenwert der Beschleunigungsspannung in V)

Die mit 3 kV beschleunigten Elektronen liefern als "Beugungsbild" 2 konzentrische Kreise mit den Radien  $R_1$  und  $R_2$ . Sie "entstehen" durch Reflexion und Interferenz der "Elektronen-Materiewellen" an den beiden Symmetrieebenen des Graphits mit den Abständen

$$d_1 = 2,13 \text{ \AA} \quad \text{und} \quad d_2 = 1,23 \text{ \AA}$$