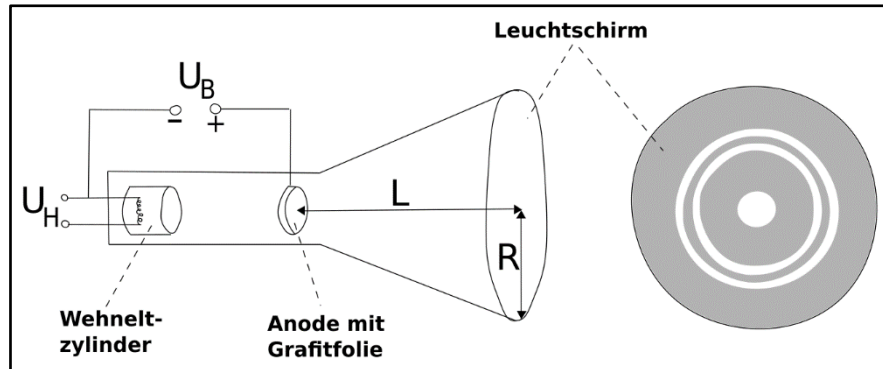


Aufgabenzettel – Elektronenbeugungsröhre

Im Jahr 1924 wurden Materiewellen theoretisch vorhergesagt und kurz darauf durch Experimente wie das Debye-Scherrer-Verfahren experimentell nachgewiesen. In einer Vakuumröhre treffen Elektronen, die durch Erhitzen eines Glühdrahts austreten und durch die Spannung U_B beschleunigt werden, auf eine dünne, polykristalline Graphitfolie.

Hinter der Folie werden die Elektronen auf einem Leuchtschirm sichtbar gemacht.

Typischerweise erkennt man um einen hellen Mittelpunkt konzentrische, leuchtende



Kreisringe.

In der in diesem Experiment verwendeten Elektronenbeugungsröhre beträgt der Abstand L zwischen der Graphitfolie und dem kreisförmigen Leuchtschirm 13,3 cm.

a) Untersuchen Sie zunächst das Auftreffen der Elektronen auf einen Einkristall. Leiten Sie mithilfe einer geeigneten Skizze die Bragg-Gleichung her:

$$2d \cdot \sin(\vartheta_k) = k \cdot \lambda$$

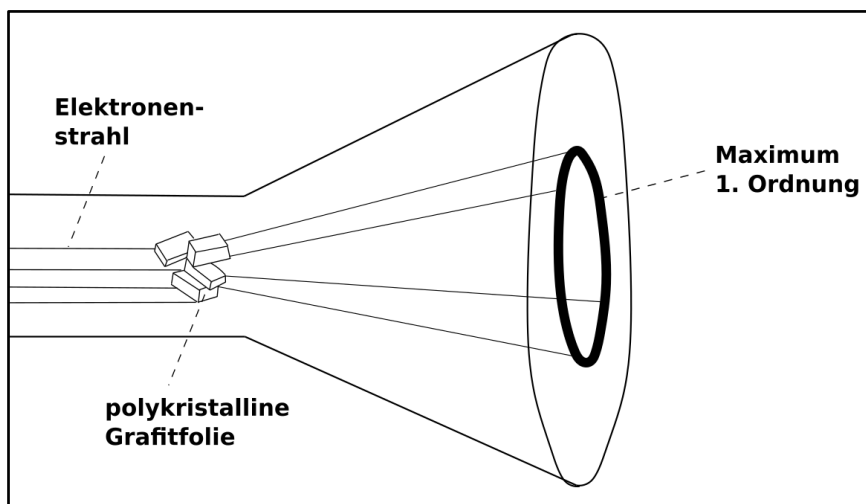
(mit $k = 1, 2, 3 \dots$).

Die Gleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen der Wellenlänge λ der einfallenden Welle und den möglichen Glanzwinkeln ϑ_k , die bei der Beugung an einem Einkristall mit einem Netzebenenabstand d auftreten.

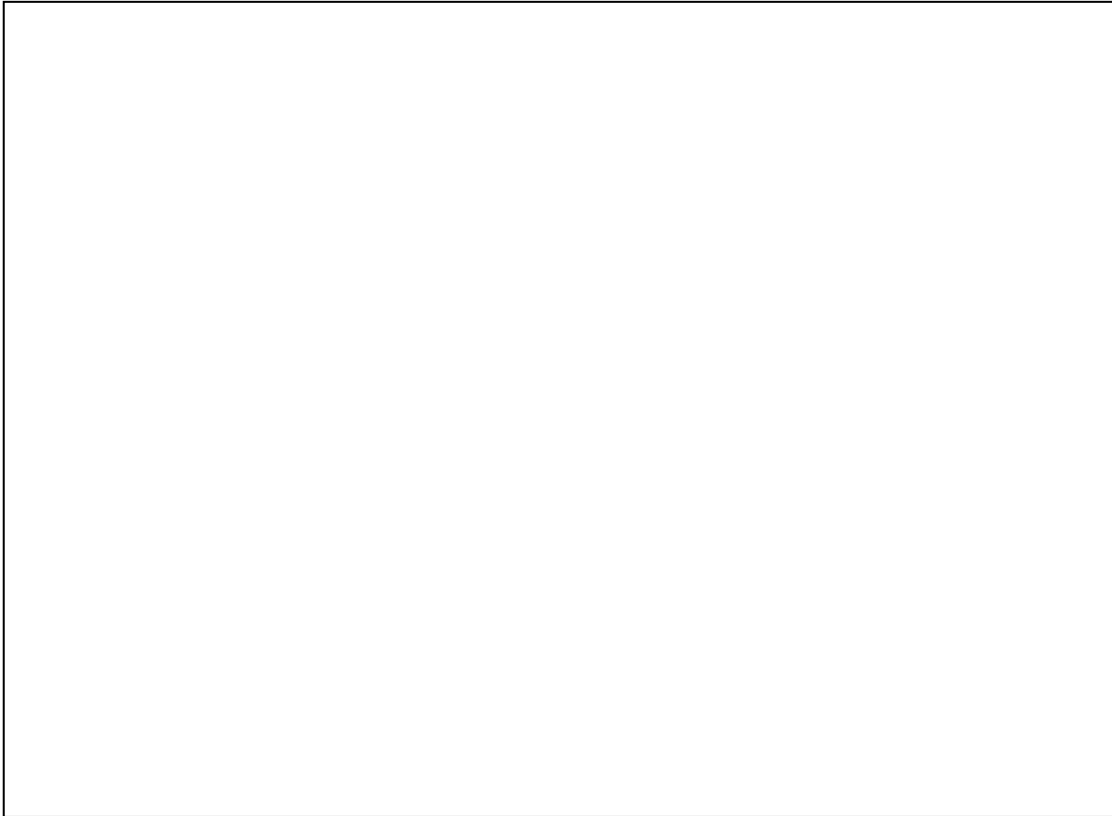
Skizze

Herleitung

Beim oben beschriebenen Debye-Scherrer-Verfahren trifft der Elektronenstrahl nicht auf einen Einkristall, sondern auf ein Pulver aus Graphitkristallen, also eine sogenannte polykristalline Probe.

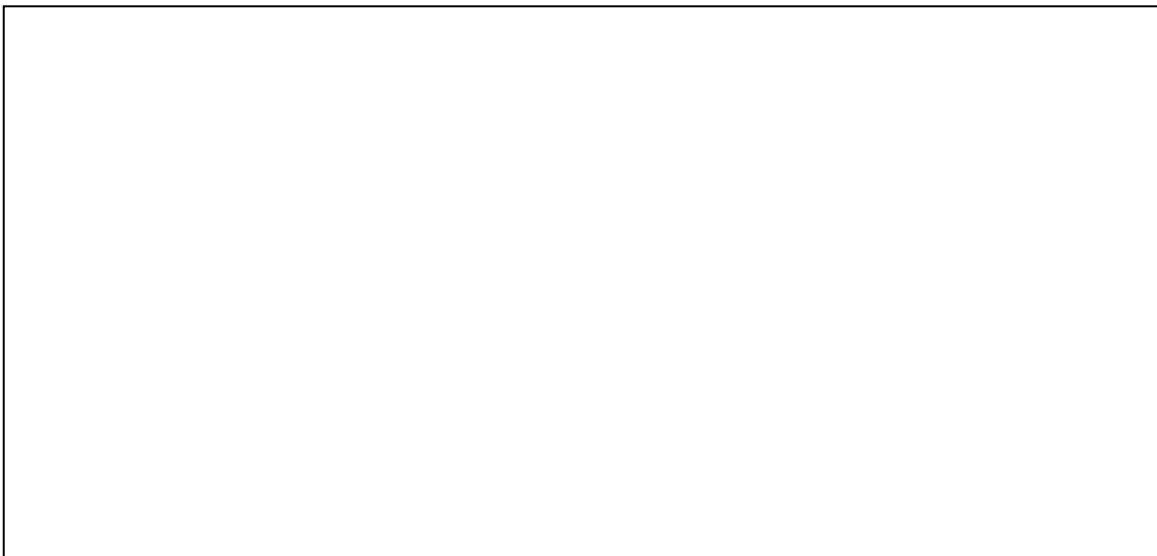


c) Leiten Sie diese Beziehung mithilfe der Bragg-Gleichung und der geometrischen Anordnung her.



Für den Radius des Leuchtschirms, der näherungsweise als eben betrachtet wird, gilt $R = 4,7 \text{ cm}$.

d) Ermitteln Sie den größten Ablenkswinkel $2 \cdot \vartheta_{\text{max}}$, der theoretisch noch beobachtet werden kann.



Der Graphitkristall besitzt zwei unterschiedliche Netzebenenabstände:

$$d_1 = 2,13 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$d_2 = 1,23 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$


Die beiden beobachteten Kreisringe im Interferenzmuster stellen Maxima 1. Ordnung dar, die durch die Beugung an den Netzebenen mit den Abständen d_1 bzw. d_2 entstehen.

e) Begründen Sie, warum die Beugung an den Netzebenen mit dem Abstand d_1 für die Ausbildung des inneren Interferenzringes verantwortlich ist.

f) Zeigen Sie, dass für den Fall kleiner Beschleunigungsspannungen (unter nicht-relativistischer Annahme) der Zusammenhang zwischen der Beschleunigungsspannung U_B und der De-Broglie-Wellenlänge λ durch die Gleichung

$$U_B = \frac{h^2}{2 \cdot e \cdot m_e \cdot \lambda^2}$$

gegeben ist.



g) Berechnen Sie die kleinste Beschleunigungsspannung U_B , ab der ein Interferenzring erstmals auf dem Leuchtschirm sichtbar wird.



Für verschiedene Beschleunigungsspannungen werden unterschiedliche Radien der Beugungsringe gemessen.

h) Zeigen Sie allgemein, dass zwischen der Beschleunigungsspannung U_B und dem Radius R der folgende Zusammenhang gilt:

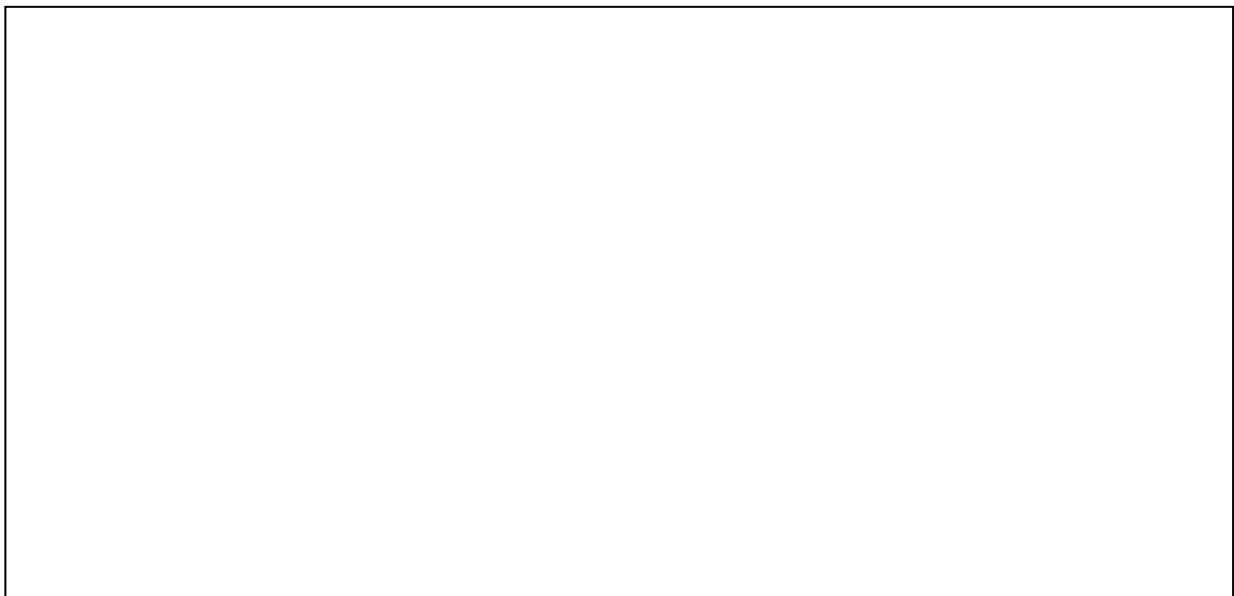
$$R \sim \frac{1}{\sqrt{U_B}}$$



Die folgende Tabelle zeigt die Messwerte für den Radius R_1 des innersten Beugungsringes:

U_B in kV	3,0	3,5	4,0	4,5
r_1 in mm	14,5	13,0	12,0	11,5

i) Überprüfen Sie, ob die Messwerte in der Tabelle die Proportionalität gut widerspiegeln.



j) Schlagen Sie eine experimentelle Methode vor, um zu beweisen, dass das Beugungsbild tatsächlich von Elektronen und nicht durch möglicherweise beim Auftreffen der Elektronen auf das Pulver entstandene Röntgenstrahlung erzeugt wurde.
