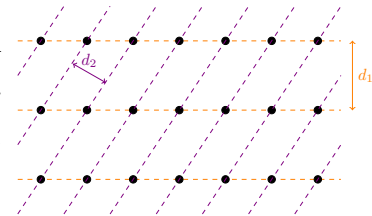


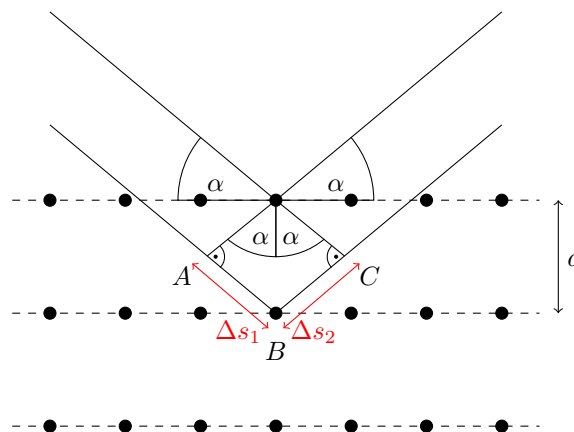
Die Bragg-Reflexion

Mit der Elektronenbeugungsröhre konnten wir die Hypothese von de Broglie bereits qualitativ bestätigen. Um die Hypothese von de Broglie quantitativ (durch Messungen) bestätigen zu können, müssen wir uns die Struktur einer Graphitfolie genauer ansehen.

Die Graphitfolie enthält viele kleine Kristalle mit unterschiedlich orientierten Netzebenen. Diese haben die Abstände d_1 und d_2 . Im Folgenden betrachten wir die Netzebene mit dem Abstand d_1 genauer.

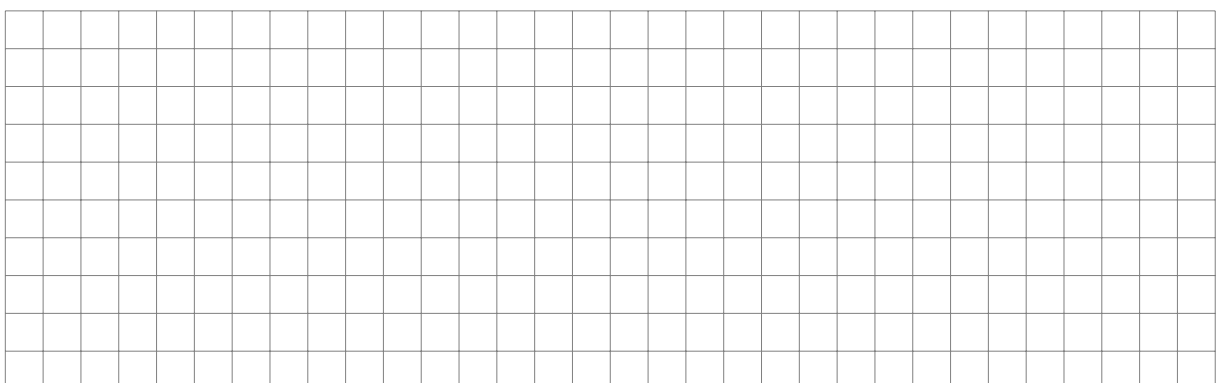


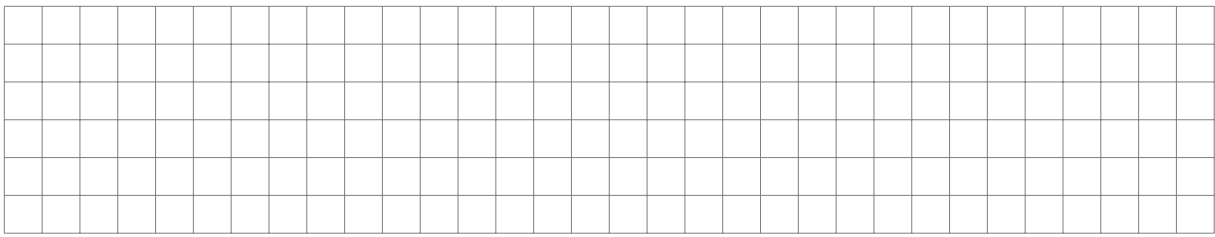
An der regelmäßigen Gitterstruktur werden die Elektronen gebeugt. Dabei beschreibt α den Winkel zwischen Elektronenstrahl und Netzebene. Die Kristalle wirken als teildurchlässige Spiegel und reflektieren nur dann, wenn die Reflexionen an den Schichtebenen zu konstruktiver Interferenz führen.



Aufgabe 1

Leiten Sie die Bragg-Bedingung $2d \cdot \sin \alpha = k\lambda, k \in \mathbb{N}$ aus der Geometrie der Skizze sowie der Bedingung für konstruktive Interferenz her. Beginnen Sie dazu mit der Betrachtung des Gangunterschieds.



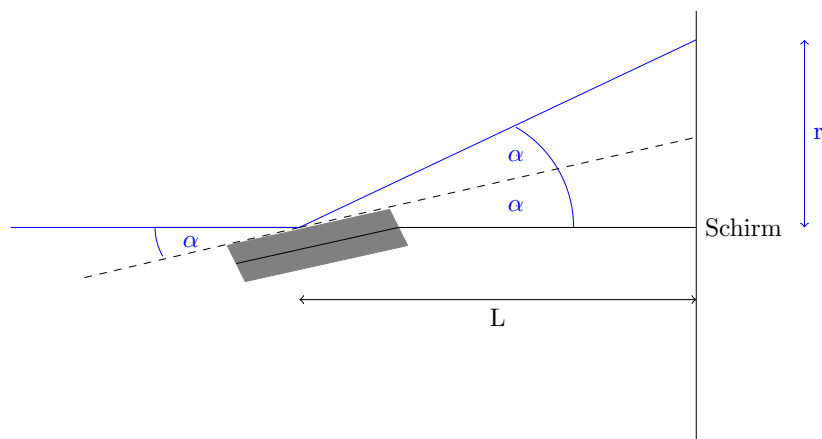


Aufgabe 2

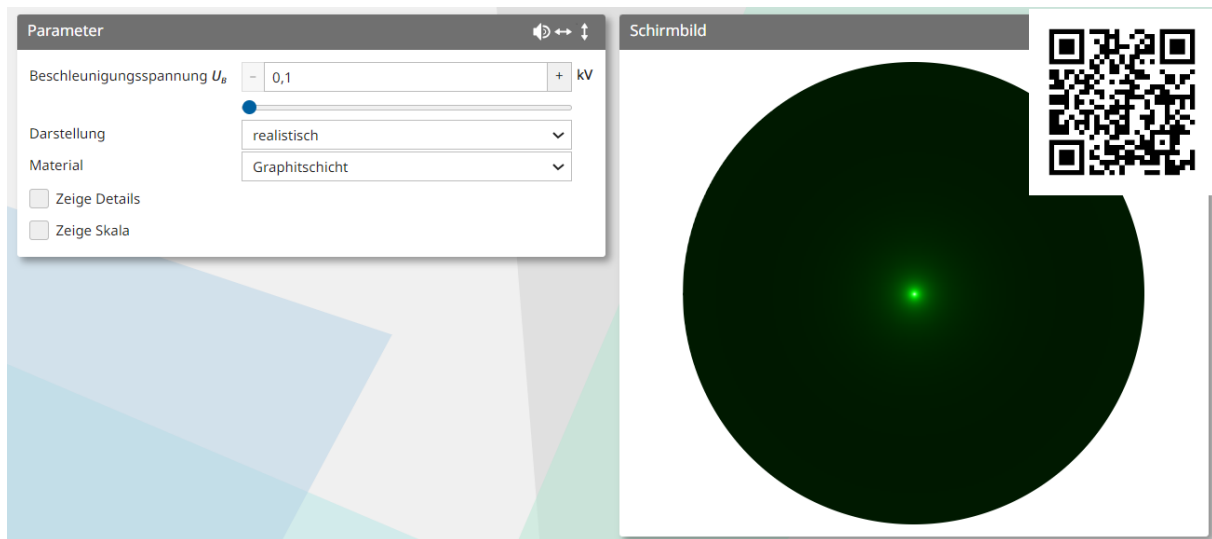
Um die Hypothese von de Broglie zu bestätigen, müssen wir zeigen, dass die Ergebnisse aus dem Experiment mit den Ergebnissen von de Broglie übereinstimmen. Dazu nutzen wir geometrische Überlegungen. Sei nun L der Abstand von Graphit zum Schirm und r der Radius der Interferenzringe auf dem Schirm.

- a) Zeigen Sie, dass die Wellenlänge im Experiment mithilfe des Radius der Interferenzringe bestimmt werden kann mit:

$$\lambda_{\text{Experiment}} = \frac{2d \cdot \sin(\tan^{-1}(\frac{r}{2L}))}{k}$$

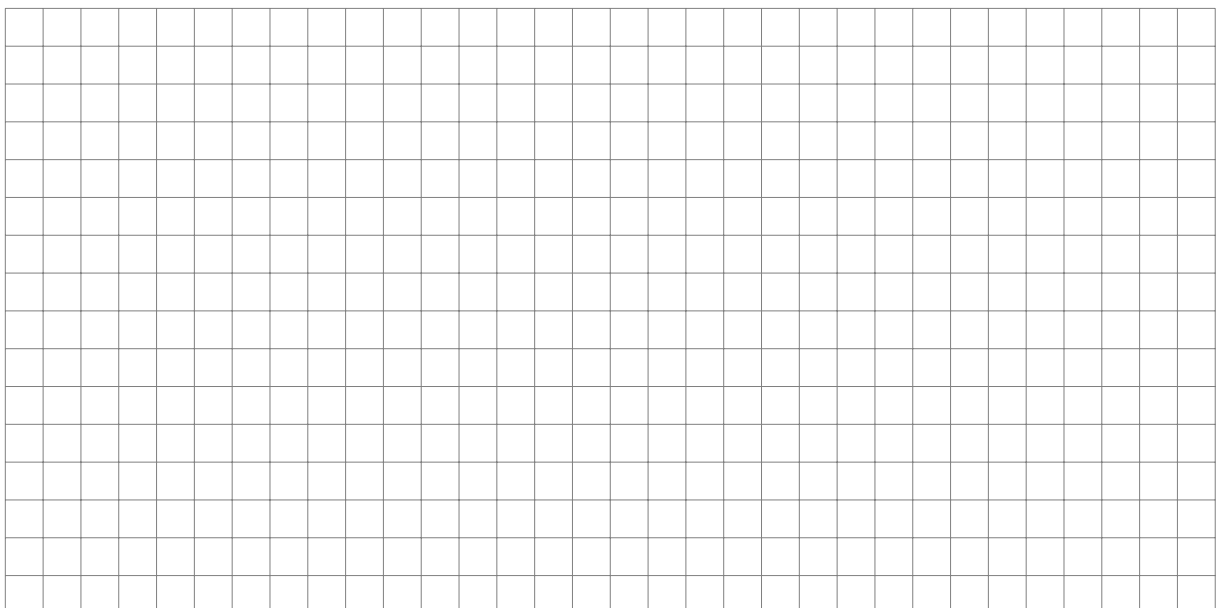


Mit der Simulation (über QR-Code erreichbar) können Sie mit der oben hergeleiteten Formel die Hypothese von de Broglie bestätigen.



Simulation zur Elektronenbeugung, Quelle: Thomas Kippenberg, abrufbar unter <https://kippenbergs.de/mint-electron-diffraction>, Zugriff am 28.05.2024

- b) Vergleichen Sie nun die nach de Broglie erwartete Wellenlänge mit der aus dem Experiment berechneten Wellenlänge für die Beschleunigungsspannungen 2 kV, 3 kV und 4 kV und den Abstand zwischen Graphitfolie von 20 cm. Wählen Sie dazu die idealisierte Darstellung der Simulation. Der Netzebenenabstand von Graphit beträgt $2,13 \cdot 10^{-10}$ m. Berechnen Sie jeweils den relativen Fehler. Nennen Sie Stellung zur Hypothese von de Broglie.



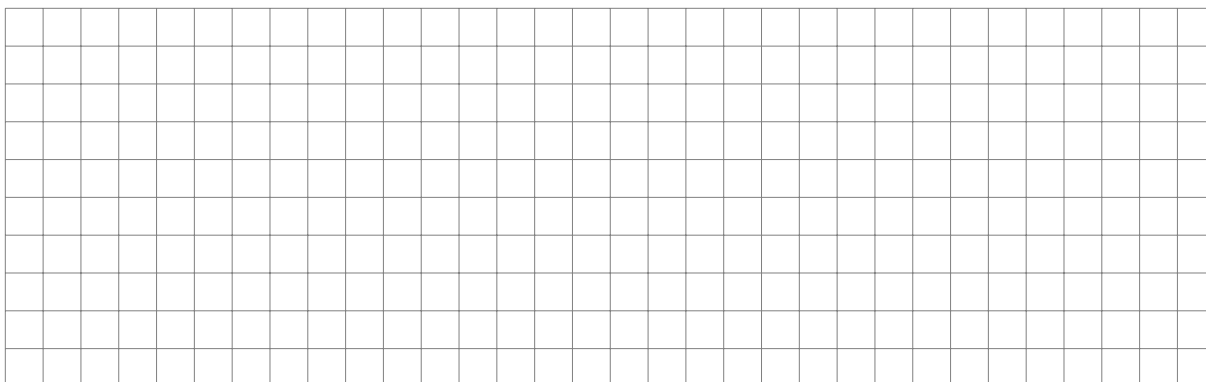
Aufgabe 3

Wir sehen auf dem Schirm einen zweiten Interferenzring. Dazu können zwei Hypothesen aufgestellt werden.

Hypothese 1: Es handelt sich um ein Maximum 2. Ordnung des gleichen Netzebenenabstands.

Hypothese 2.: Es handelt sich um ein Maximum 1. Ordnung eines weiteren Netzebenenabstands.

- a) Überprüfen Sie Hypothese 1. Vergleichen Sie dazu die nach de Broglie erwartete Wellenlänge für $k = 2$ mit der Wellenlänge, die für den zweiten Interferenzring aus dem Experiment berechnet werden kann. Bestimmen Sie die Wellenlängen für die Beschleunigungsspannungen 2 kV, 3 kV und 4 kV und einen Abstand zwischen Graphitfolie und Fluoreszenzschirm von $L = 20$ cm mithilfe der Simulation aus Aufgabe 2. Berechnen Sie auch die relative Abweichung und begründen Sie, ob die aufgestellte Hypothese bestätigt werden kann. Der Netzebenenabstand beträgt $2,13 \cdot 10^{-10}$ m.



- b) Überprüfen Sie Hypothese 2. Bestimmen Sie aus der in a) berechneten Wellenlänge und dem gemessenen Radius den Netzebenenabstand, wenn es sich um ein Maximum 1. Ordnung handelt. Vergleichen Sie mit dem Literaturwert $d_2 = 1,23 \cdot 10^{-10}$ m.

