

CZ18 - Das Experiment von DAVISSON und GERMER - Aufgabe

Im Jahre 1924 stellte *Louis de Broglie* die kühne Hypothese auf, daß jedes sich frei bewegende Teilchen mit einer ebenen Welle verknüpft ist. Das entscheidende Experiment, das die exakte quantitative Bestätigung der von de Broglie aufgestellten Beziehung

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{h}{m_0 \cdot v} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

brachte, ist die Beugung von Materiewellen an Kristallgittern, die erstmals von *Davisson* und *Germer* (in Amerika) und *G.P. Thomson* (in Schottland) im Jahre 1927 beobachtet wurde. Die Versuchsanordnung von *Davisson* und *Germer* ist im Bild 18a dargestellt.

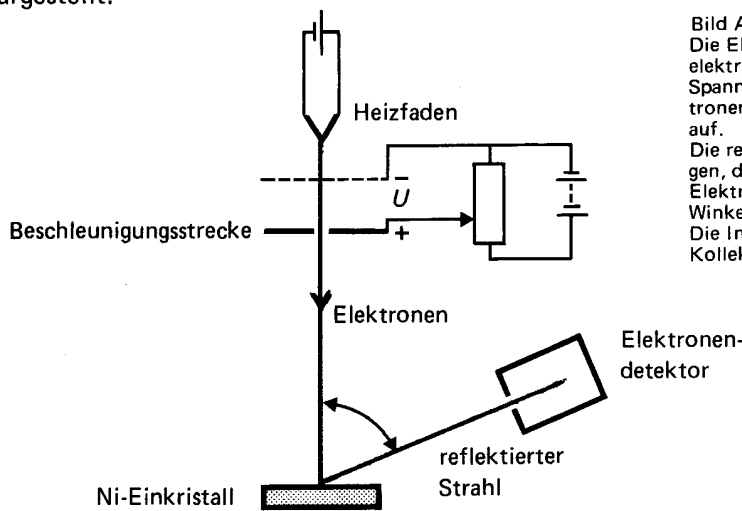
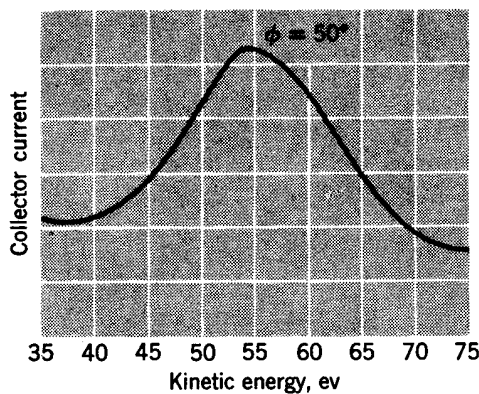


Bild Aufgabe 18a: Die Elektronen werden von einem Glühfaden emittiert und durch ein elektrisches Feld beschleunigt. Das elektrische Feld wird durch eine Spannung U hervorgerufen. Die Elektronen treffen als scharfer Elektronenstrahl senkrecht auf die Oberfläche eines Nickel-Einkristalls auf. Die reflektierten Elektronen werden von einem Kollektor aufgefangen, der mit einem Galvanometer gekoppelt ist. (Im Bild kurz mit Elektronendetektor bezeichnet) Der Kollektor ist in einem festen Winkel zum einfallenden Bündel angeordnet. Die Intensität der gestreuten Elektronen, d.h. die Stromstärke im Kollektor, wird als Funktion der Beschleunigungsspannung gemessen.

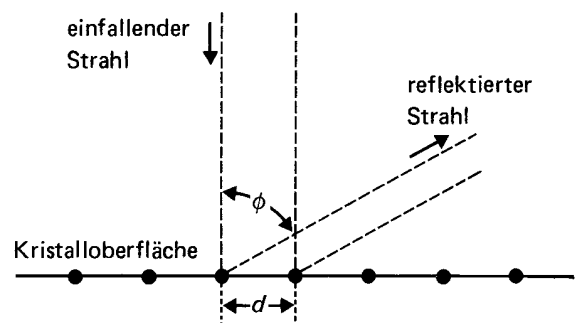
Im Bild 18b ist ein Versuchsergebnis von *Davisson* und *Germer* graphisch wiedergegeben.



◀ **Bild Aufgabe 18b:** Kollektorstrom im Detektor (Bild 18a) in Abhängigkeit der kinetischen Energie der gestreuten Elektronen bei festem Streuwinkel $\phi = 50^\circ$. Das scharf ausgeprägte Maximum kann nur als konstruktive Interferenz von Wellen gedeutet werden, die am periodischen Gitter der Kristalloberfläche gestreut werden

a) Es kann angenommen werden, daß die niederenergetischen Elektronen fast ausschließlich an den Atomen der Kristalloberfläche gestreut werden (Bild 18c). Geben Sie unter dieser Annahme eine allgemeine Beziehung für die Winkel an, unter denen Beugungsmaxima beobachtet werden können. Die Gitterkonstante sei d .

▼ **Bild Aufgabe 18c:** Zur Illustration von a).



b) Aus Beugungsversuchen mit Röntgenstrahlen war *Davisson* und *Germer* bekannt, daß $d = 2,15 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ ist. Welchen theoretischen Wert für die Wellenlänge der Elektronen konnten *Davisson* und *Germer* errechnen, wenn man annimmt, daß es sich bei dem Beugungsmaximum im Bild 18b um eine Beugung in erster Ordnung handelt?

c) Stellen Sie dem unter **b)** erhaltenen theoretischen Wert für die Wellenlänge der Elektronen die *de Broglie*-Wellenlänge der Elektronen gegenüber.

d) Warum konnten *Davisson* und *Germer* sicher sein, daß es eine Beugung in erster Ordnung sein mußte?

Lösung:

a) Ihre Rechnung:

(L1)

c) Es kann nichtrelativistisch gerechnet werden, womit

$$\lambda = \frac{1,23 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{U}} \text{ V}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{m.}$$

Werten Sie den Graph im Bild 18b aus und berechnen Sie λ !

(L2)

b) Ihre Rechnung:

Ergebnis: $\lambda = 1,65 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

d) Ihre Begründung:

Lösung L1

Aufgabe 18: Das Experiment von Davisson und Germer

$$d \cdot \sin \phi = n \cdot \lambda, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Lösung L2

Aufgabe 18: Das Experiment von Davisson und Germer

Mit $U = 54 \text{ V}$ wird $\lambda = 1,67 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

Ergebnis:

Innerhalb der experimentellen Fehlergrenzen stimmt der theoretische Wert hervorragend mit der $U = 54 \text{ V}$ entsprechenden de Broglie-Wellenlänge überein.