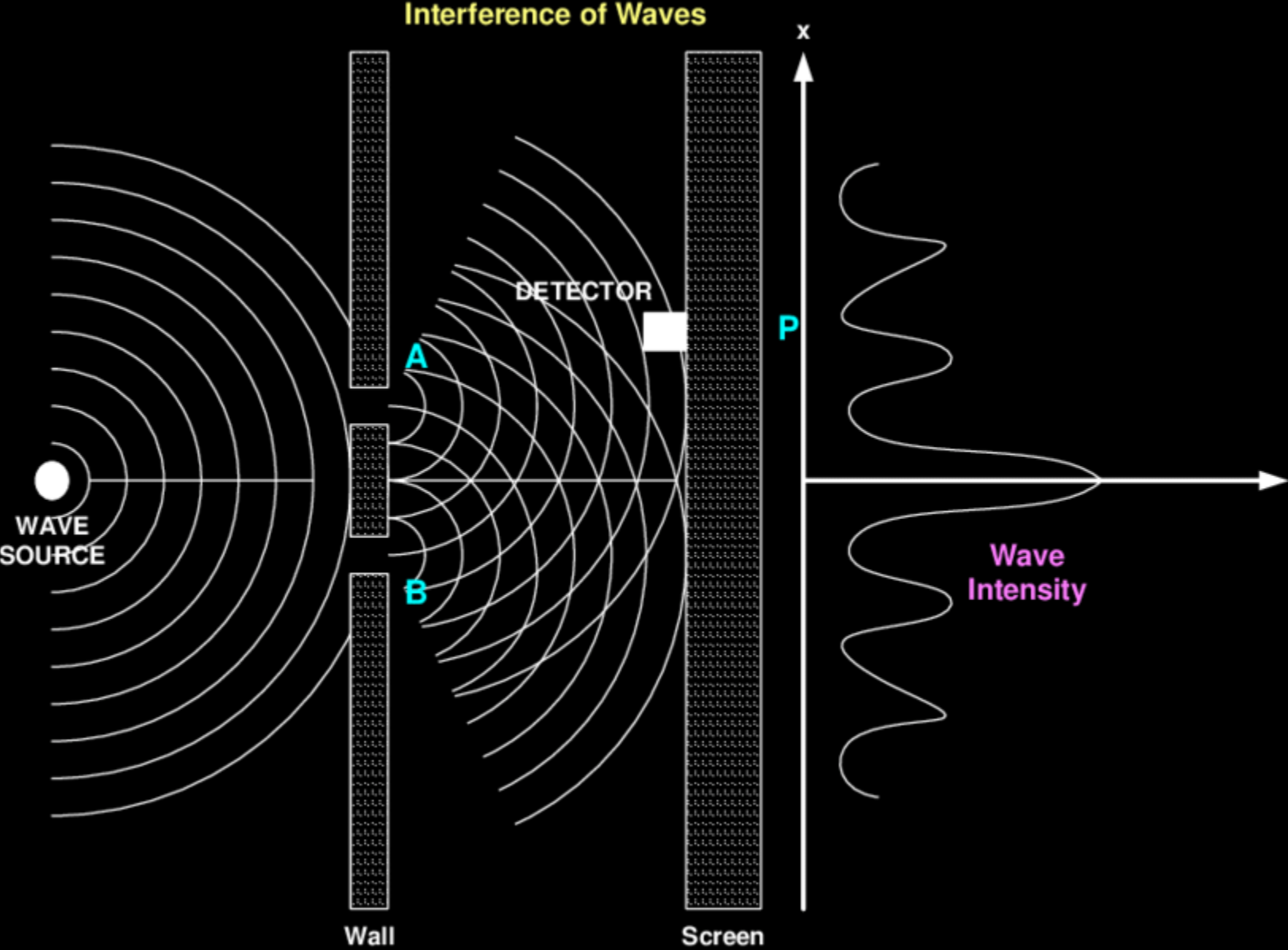


Materiewellen



Doppelspaltexperiment



Beobachtungen:

- Monochromatisches Licht erzeugt hinter dem Doppelspalt ein Interferenzmuster, welches mit der Wellentheorie des Lichtes leicht zu erklären ist. Dieser Befund ist mit der „Photonentheorie“ nicht vereinbar.
- Verringert man die Intensität der Lichtquelle soweit, dass immer nur einzelne Photonen den Doppelspalt passieren, so entsteht auf dem Schirm im Laufe der Zeit das gleiche Interferenzmuster wie bei hohen Lichtintensitäten. Dieser Befund bedeutet „Selbstinterferenz“ der Photonen, was mit dem „Teilchenbild“ nicht vereinbar ist. Der Diracsche Spiegelversuch zeigt, dass „Selbstinterferenz“ der Photonen nicht auftritt.
- Der Durchgang des Lichts durch einen Einzelspalt lässt sich mit dem „Teilchenbild“ leicht erklären.
- Sobald man versucht, durch eine Messung / Beobachtung herauszubekommen, durch welchen Spalt ein einzelnes Photon geht, verschwindet das Interferenzmuster

Ob Licht als „Welle“ oder als „Teilchen“ (-Strom) erscheint, hängt von der Art des Experiments /Beobachtung ab

WELLE-TEILCHEN-DUALISMUS

Frage: Ist der Wellen-Teilchen-Dualismus nur eine Eigenschaft des Lichts oder eine Eigenschaft der Materie allgemein?

EINSTEIN Gleichung

$$E = m \cdot c^2$$

PLANCKsche Beziehung

$$E = h \cdot \nu$$

$$m \cdot c^2 = h \cdot \nu$$

$$m \cdot c^2 = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot c}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$m \cdot c$ Impuls des Photons



Louis de Broglie (1892-1987)
Nobelpreis 1929

Man kann jeder „Masse“ eine „Wellenlänge“ zuordnen. Diese „Wellenlänge“ wird als de Broglie-Wellenlänge bezeichnet. Im Bereich dieser „Wellenlänge“ sollten Interferenzerscheinungen auftreten.

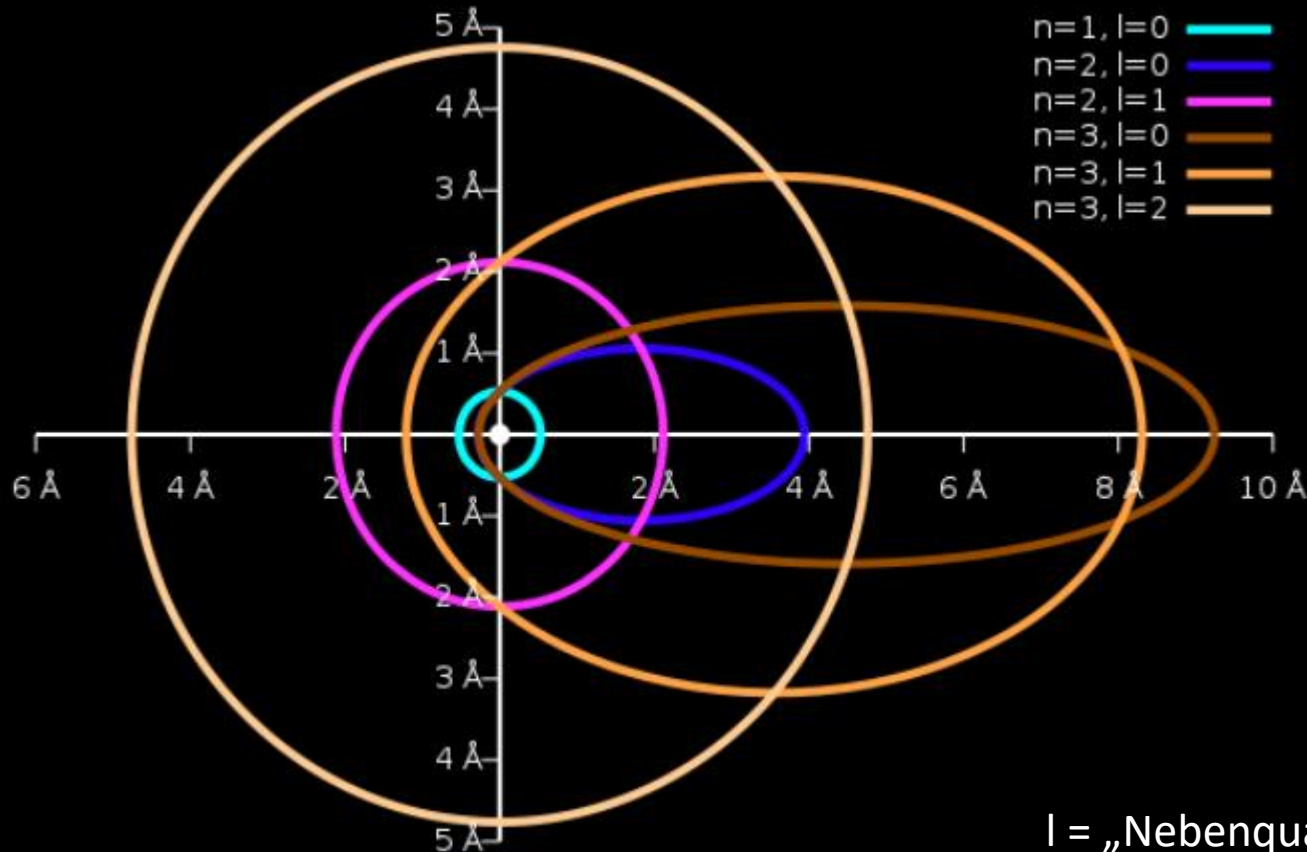
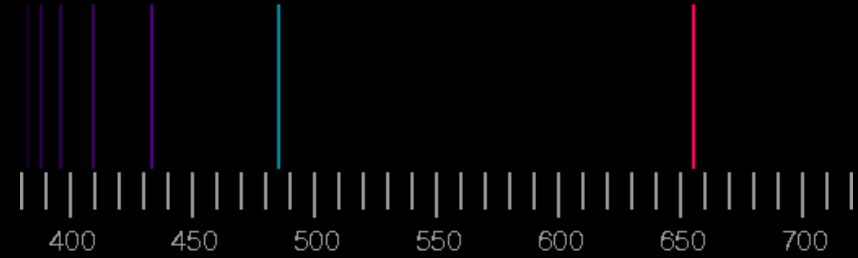
Vorhersage:

Elektronen sollen unter gewissen Bedingungen wie Licht Wellenphänomene zeigen

Was spricht für Elektronenwellen?

Wasserstoffspektrum

Bohr-Sommerfeldsches Atommodell



$l = \text{„Nebenquantenzahl“} = 0, 1, 2, \dots, n-1$

Bedingung für eine stabile Elektronenbahn im Bohr-Sommerfeld-Atommodell



Elektronenwelle



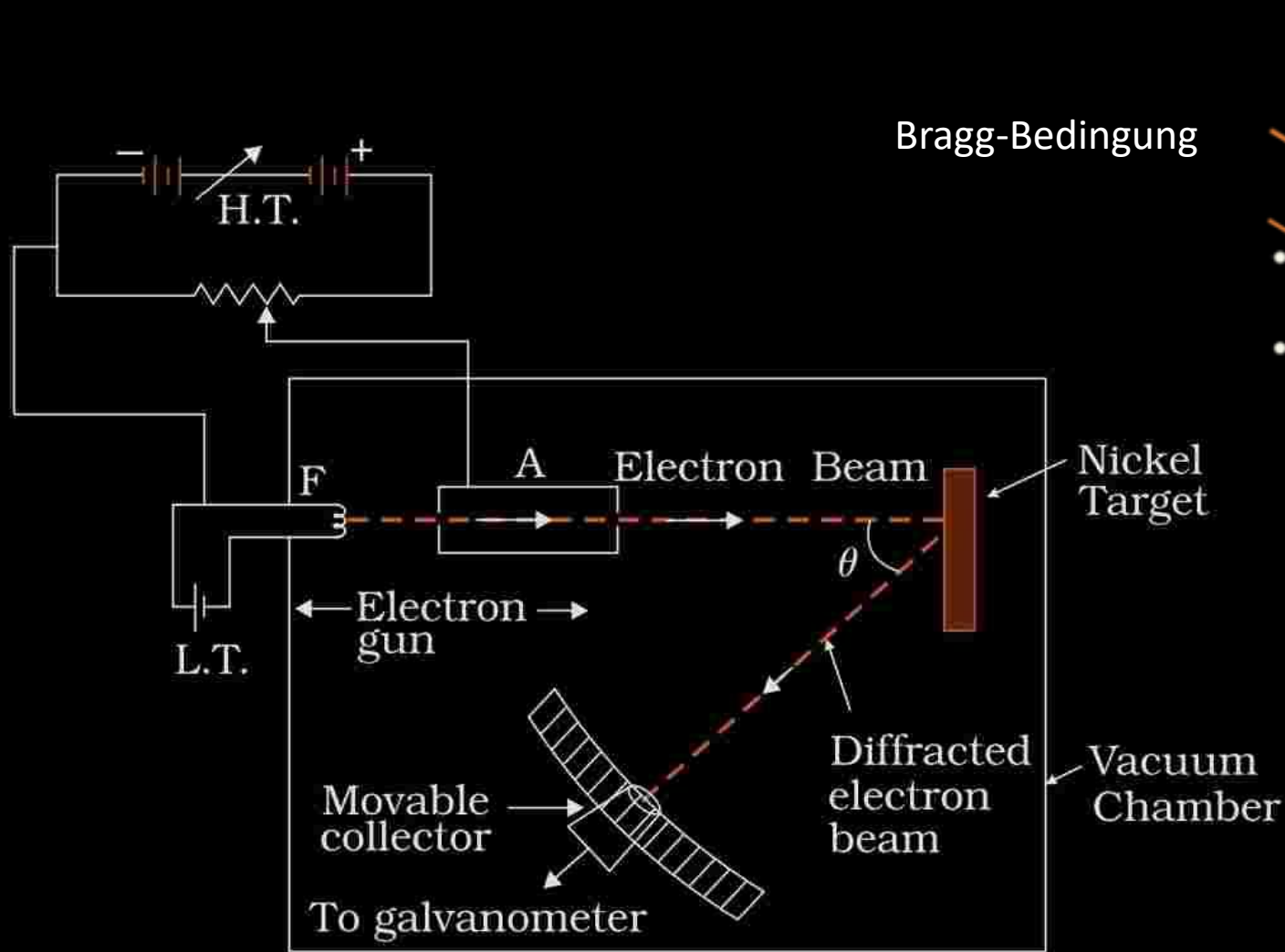
$$\lambda = \frac{h}{p}, \quad \nu = \frac{E}{h}$$

Auf dem Umfang der „Elektronenbahn“ muss sich eine „stehende“ Elektronenwelle ausbilden können

Der Umfang der Bahn muss gleich einem ganzzahligen Vielfachen der de-Broglie-Wellenlänge des Elektrons sein, da ansonsten destruktive Interferenz auftritt.

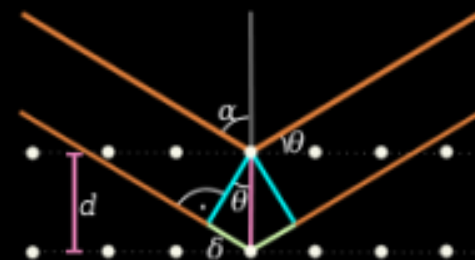
Der Begriff „Materiewelle“ ist nur sinnvoll bei bewegter Materie. „Ruhende“ Materie besitzt eine unendlich große Wellenlänge.

Nachweis der „Elektronenwellen“ – das Davisson-Germer-Experiment

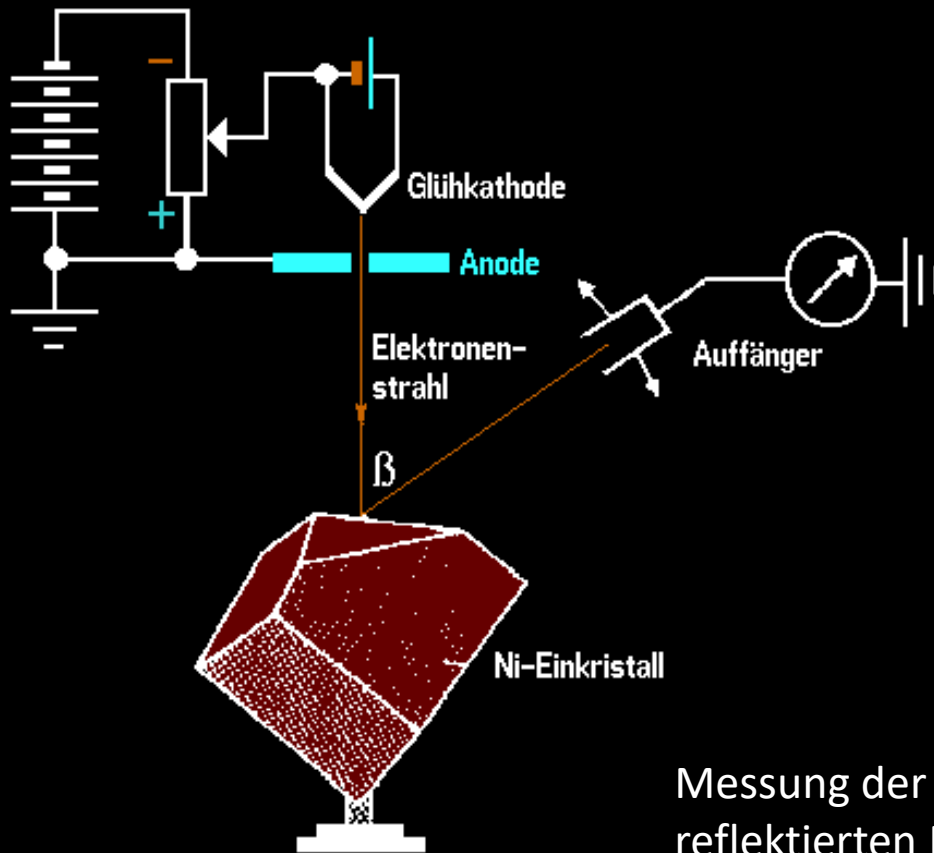


Bragg-Bedingung

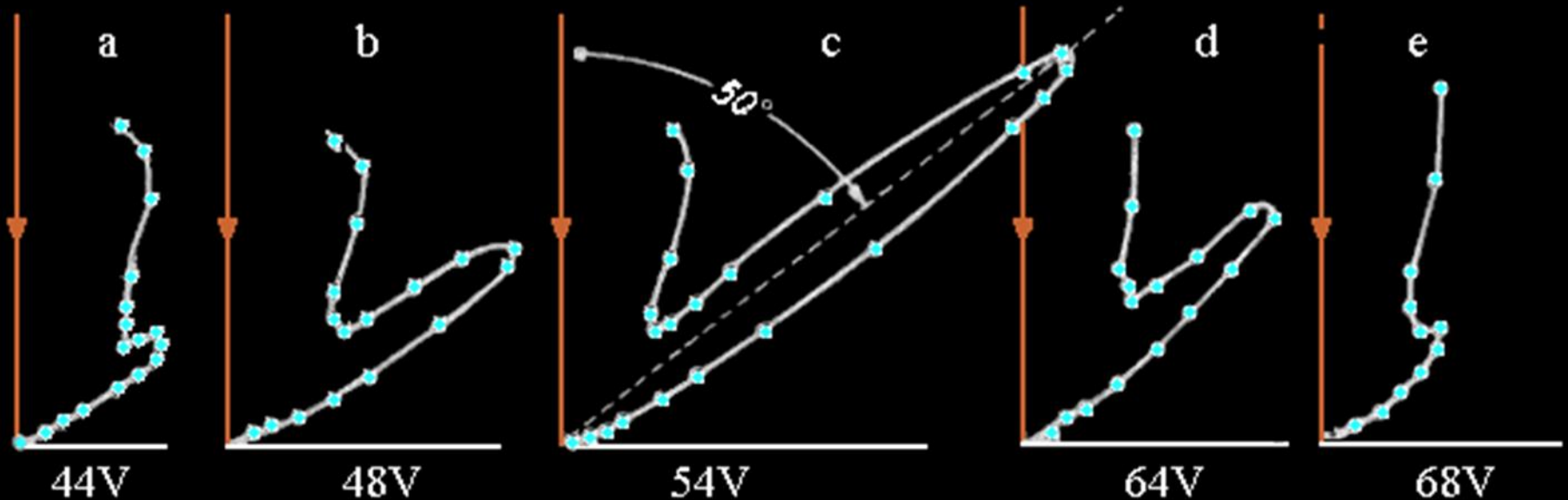
$$n\lambda = 2d \sin(\theta)$$



Clinton Joseph Davisson (1881-1958)
Lester Halbert Germer (1896-1971)



Messung der Intensität der reflektierten Elektronen als Funktion des Streuwinkels

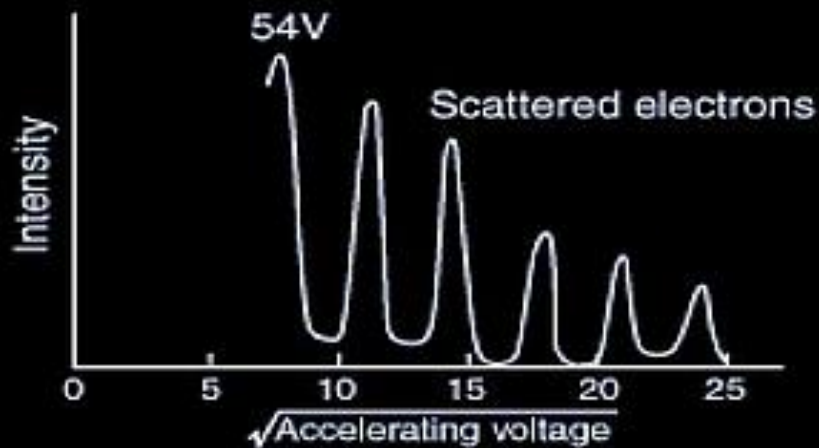
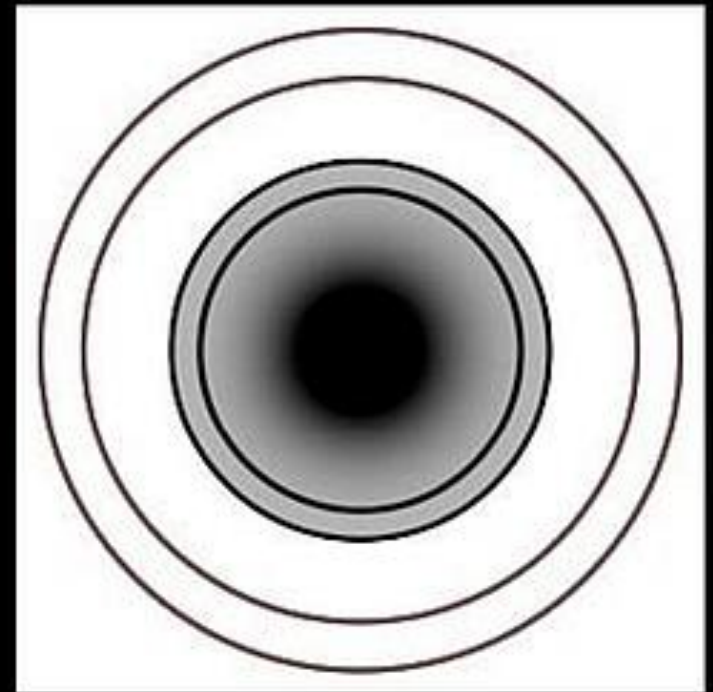
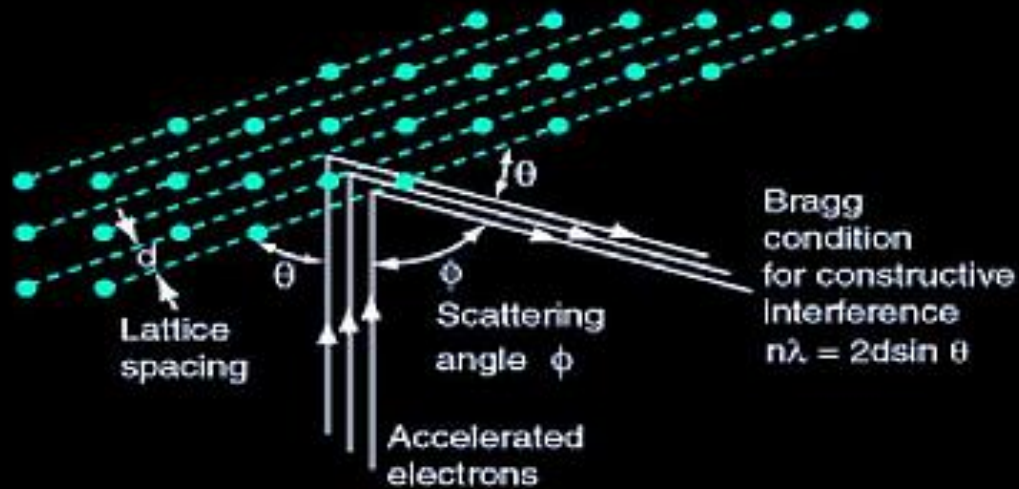


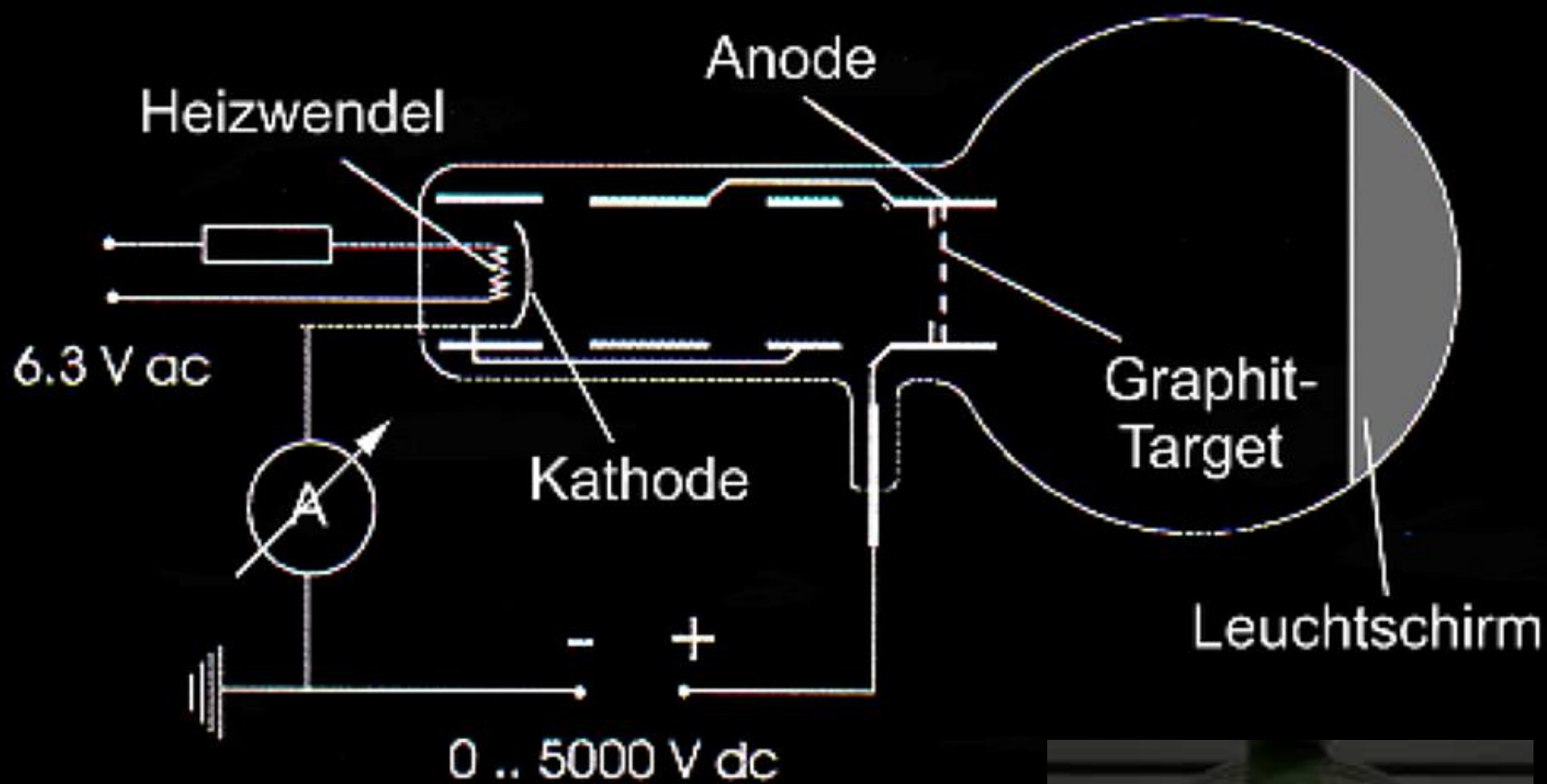
Zur Überraschung der Experimentatoren ergaben sich keine "glatten" Kurven, sondern - abhängig vom Streuwinkel und der Beschleunigungsspannung ausgeprägte Maxima.

Das Ergebnis lässt sich vollständig mit dem Konzept der Interferenz von Materiewellen am Kristallgitter des Ni-Einkristalls von de Broglie erklären...

Elektronen verhalten sich – wenn sie sich bewegen – wie Wellen.

Entstehung von Interferenzen bei Elektronenbeugung





Doppelspaltversuch mit Elektronen:



Makroskopisch spielen Materiewellen aufgrund der Kleinheit ihrer Wellenlänge keine Rolle.

→ mathematische Idealisierung: Teilchen als Wellenpakete



Claus Jönsson, 1959