

1 Einleitung

In diesem Versuch soll das Energiespektrum und verschiedene Absorptionsspektren einer Kupferröntgenröhre untersucht werden.

2 Theorie

Innerhalb einer evakuierten Röhre kann Röntgenstrahlung erzeugt werden. Aus einer Glühkathode werden Elektronen emittiert und auf eine Anode beschleunigt. Durch das Auftreffen der beschleunigten Elektronen auf die Anode entsteht Röntgenstrahlung, die aus einem kontinuierlichen Bremspektrum und charakteristische Strahlung besteht.

Durch das Abbremsen eines Elektrons im Coulombfeld eines Atomkerns wird ein Photon ausgesendet. Dabei entspricht die Energie des Photons dem Energieverlust des abgebremsten Elektrons. Für den Fall, dass die gesamte kinetische Energie in Strahlungsenergie umgewandelt wird, ist die Energie maximal. Die minimale Wellenlänge des kontinuierlichen Bremspektrums wird durch

$$\lambda_{\min} = \frac{h \cdot c}{e_0 U} \quad (1)$$

beschrieben.

Durch die Ionisation des Anodenmaterials entsteht eine Leerstelle in einer inneren Schale, die unter Aussendung eines Röntgenquants von einem Elektron aus einer äußeren Schale aufgefüllt wird. Dabei entspricht die Energie des ausgesendeten Röntgenquants der Differenz des Energieniveaus $h\nu = E_m - E_n$. Die Energie ist dabei charakteristisch für das Anodenmaterial der Röntgenröhre, weshalb hier von einem charakteristischen Spektrum gesprochen wird. Durch Abschirmungseffekte der Hüllenelektronen und der Wechselwirkungen der Elektronen untereinander, verringert sich die Bindungsenergie eines äußeren Elektrons. Für diese Bindungsenergie gilt

$$E_n = -R_{\text{ryd}} z_{\text{eff}}^2 \frac{1}{n^2}. \quad (2)$$

Dabei gilt $z_{\text{eff}} = z - \sigma$, wobei σ die Abschirmkonstante ist und R_{ryd} die Rydbergenergie. Zu jedem Elektron können aufgrund unterschiedlicher Bindungsenergien charakteristische Linien zugeordnet werden. Diese werden als Feinstruktur bezeichnet.

Für diesen Versuch werden allerdings nur K_α - und K_β Kupferlinien betrachtet. Der Comptoneffekt und der Photoeffekt sind für die Absorption von Röntgenstrahlung unter 1 MeV mitverantwortlich. Die Absorption nimmt mit zunehmender Energie ab und steigt sprunghaft wieder an, wenn die Photonenenergie größer ist als die Bindungsenergie eines Elektrons aus der nächsten tieferen Schale. Die Abschirmkonstante lässt sich durch

$$\sigma_L = Z - \left(\frac{4}{\alpha} \sqrt{\frac{\Delta E_L}{R_{\text{ryd}}}} - \frac{5\Delta E_L}{R_{\text{ryd}}} \right)^{1/2} \left(1 + \frac{19}{32} \alpha^2 \frac{\Delta E_L}{R_{\text{ryd}}} \right)^{1/2}. \quad (3)$$

berechnen. Hierbei ist ΔE_L die Energieidifferenz zwischen $E_{L_{II}}$ - und $E_{L_{III}}$ -Kante, Z die Ordnungszahl und α die Feinstrukturkonstante.

Mithilfe von dreidimensionalen Gittern kann experimentell die Wellenlänge und somit auch die Energie der Röntgenstrahlen ermittelt werden. Unter der Bragg'schen Reflexion werden Photonen an jedem Atom der Gitters gebeugt. In dem Glanzwinkel θ kommt es zur konstruktiven Interferenz der Wellenlängen. Die Bragg-Bedingung formuliert die folgende Abhängigkeit zwischen der Gitterkonstante d , der gebeugten Wellenlänge λ und der Beugungsordnung n :

$$2d \sin(\theta) = n\lambda. \quad (4)$$

3 Durchführung

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung ?? zu sehen.

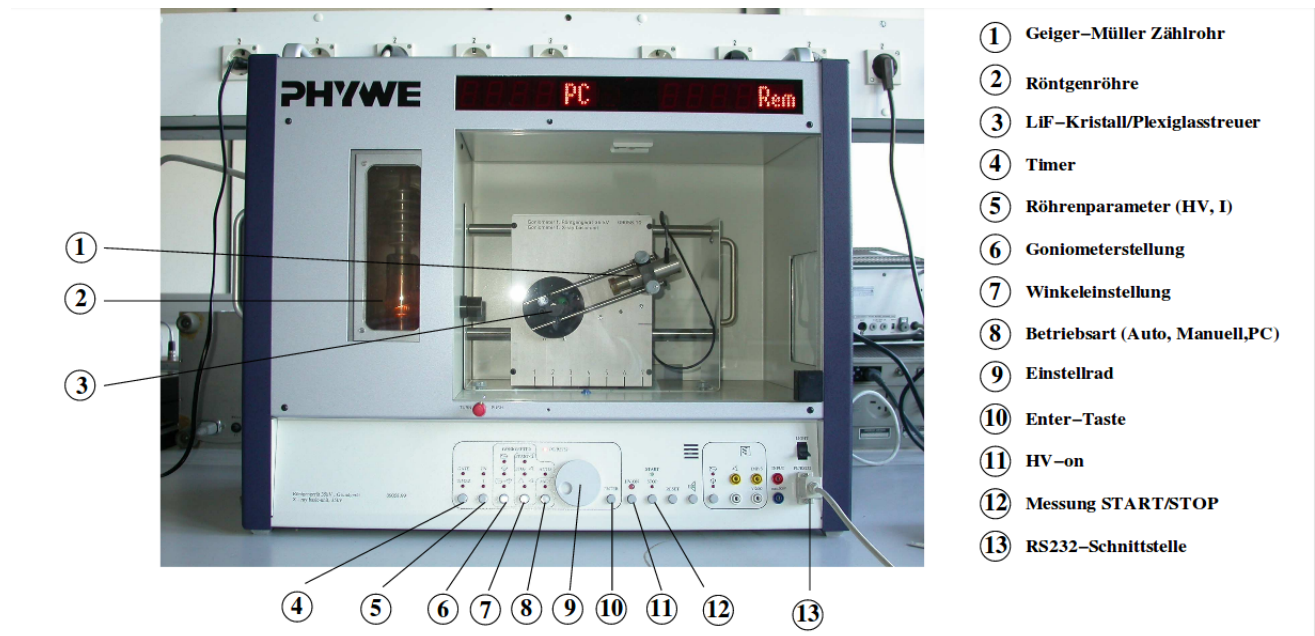


Abbildung 1: Aufbau zur Untersuchung der Emission und Absorption einer Röntgenröhre.[anleitung]

Für diesen Versuch wird eine Kupfer-Röntgenröhre, ein LiF-Kristall und ein Geiger-Müller- Zählrohr verwendet. Bei allen Messungen wird eine Beschleunigerspannung von 35 kV und ein Strom von 1 mA verwendet.

Zu erst wird die Bragg-Bedingung überprüft. Dafür wird ein Glanzwinkel von $\Theta = 14^\circ$ eingestellt. Bei einer Winkeländerung von $\Delta\alpha_{GM} = 0,1^\circ$ wird in einem Winkelbereich des Geiger-Müller-Zählrohrs von $\alpha_{GM} = 26^\circ$ bis 30° die Intensität der Röntgenstrahlung gemessen.

Als nächstes wird das Emissionsspektrum einer Kupfer-Röntgenröhre bestimmt. Dabei wird wieder das Messgerät in den 2:1 Koppelmodus gestellt und in $\Theta = 0.2^\circ$ -Schritten die Winkel zwischen $\Theta = 4^\circ$ bis 26° gemessen. Die Integrationszeit jedes Winkels beträgt dabei $\Delta t = 5$ s.

Zum Schluss wird das Absorptionsspektrum von mehreren Absorbern bestimmt. Dabei werden die Proben Brom, Strontium und Zirkonium für die Elemente mit einer Ordnungszahl zwischen $30 \leq Z \leq 50$ und Quecksilber für das Element mit einer Ordnungszahl $Z \geq 70$ ausgewählt.