

Absorption von Röntgenstrahlung in Abhängigkeit von der Energie (Härte) der Strahlung

Aufgabe:

Man nehme die Schwächungskurven für Aluminium bei zwei verschiedenen Anodenspannungen und zwei verschiedenen Anodenströmen auf.

Die Abb.9.24 zeigt das Prinzip der Versuchsanordnung. Die Röhre wird nicht wie üblich mit Gleichspannung sondern mit Wechselspannung betrieben. Dies ist für Röhren mit geringerer Leistung möglich.

Das Übersetzungsverhältnis des Hochspannungstrafo beträgt 133. Die Anodenspannung U

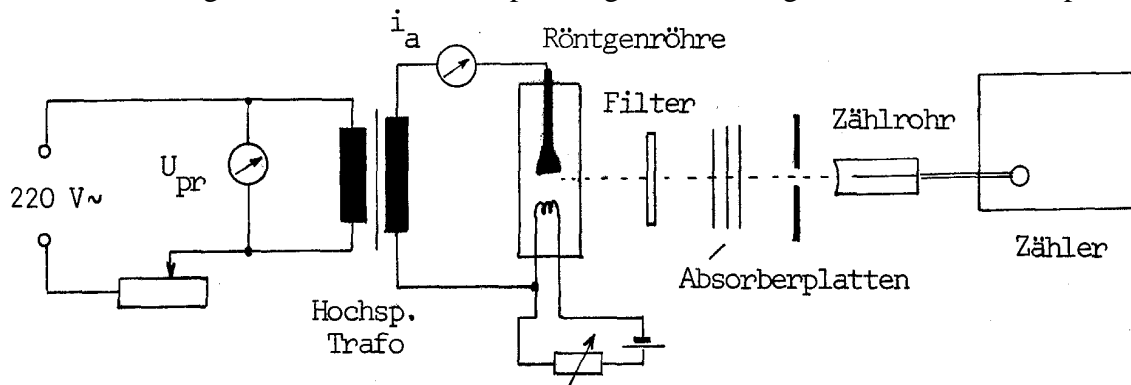


Abb 9.24: Versuchsaufbau

berechnet sich also aus der abgelesenen Primär Spannung U_{pr} nach: $U = 133 \cdot U_{pr}$.

Der Transformator (Trafo) ist ein Gerät, das es gestattet, Wechselspannung geringer Spannung (Volt-Zahl) in Wechselspannung höherer Spannung überzuführen und umgekehrt.

Ein Trafo besteht aus zwei Spulen (Primär- und Sekundärspule) mit den Windungszahlen n_1

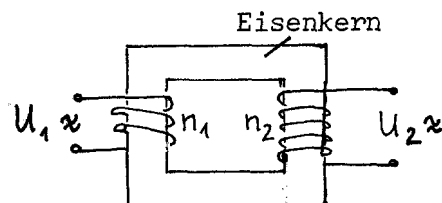


Abb. 9.25: Erzeugung einer Hochspannung U_2 aus einer Niederspannung U_1

und n_2 die sich auf einem geschlossenen Eisenkern befinden. Nach dem Induktionsgesetz (siehe hierzu Lehrbücher der Physik) läßt sich dann folgende Beziehung ableiten:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{oder} \quad U_2 = U_1 \times \frac{n_2}{n_1}$$

U_1 = Primärspannung; U_2 = Sekundärspannung; $\frac{n_2}{n_1}$ = Übersetzungs-Verhältnis.

Versuchsdurchführung:

Man bestimme zunächst die Intensität I_0 der Strahlung ohne Absorberplatten. Als Maß für die Intensität wähle man die mit dem Zählrohr gemessene Impulszahl für eine Meßzeit von 10 s (Imp./10 s). Anschließend ermittle man für Absorberplatten aus Aluminium der Stärken $x_1 = 1$ mm bis $x_6 = 6$ mm jeweils die Intensität nach Durchtritt der Strahlung durch die Alu-Platten. Es sind 3 Meßreihen durchzuführen. Nehmen Sie hierzu folgende Einstellungen am Röntengerät vor:

1.Meßreihe: Anodenstrom auf $i_a = 0,5$ mA einstellen. Regler für Anodenspannung auf Minimalwert stellen und den Effektivwert U_{pr1} der Primärspannung des Trafos notieren. Multiplikation mit dem Übersetzungsverhältnis des Trafos ergibt den Effektivwert der Anodenspannung. Daraus nun **Scheitelwert** U_{01} der Anodenspannung in kV berechnen und in die Wertetabelle eintragen (bezügl. "Scheitelwert" s. Versuch 8).

2.Meßreihe: Anodenstrom $i_{a2} = 0,5$ mA unverändert lassen!
Anodenspannung auf Maximalwert einstellen (Regler ganz nach rechts drehen), Spannung U_{pr2} ablesen und Scheitelwert U_{02} berechnen.

3 .Meßreihe: Anodenstrom auf $i_{a3} = 0,7$ mA erhöhen.
Anodenspannung unverändert lassen ($U_{03} = U_{02}$!).

Für jede dieser Einstellungen führe man eine Meßreihe durch und trage die Werte in die Wertetabelle ein. Die weitere Auswertung ist aus der Wertetabelle ersichtlich.

Frage: Wie sollten die I_{k+1}/I_k -Werte (nur erforderlich für die 2. Meßreihe) relativ zueinander beschaffen sein?

Zeichnen Sie dann in **ein** Diagramm (Muster liegt am Arbeitsplatz) die Schwächungskurven für die 1. und 2. Meßreihe in **halb logarithmischer Darstellung**, indem Sie die Werte von $\log(I_k/I_0)$ gegen x (=Absorberdicke) auftragen und jeweils eine Ausgleichsgerade durch die Meßpunkte legen. Bestimmen Sie **aus dem Diagramm** für jede der beiden Meßreihen die Halbwertsdicke x_{h1} und x_{h2} .

Wertetabelle

		k	0	1	2	3	4	5	6
		$x_k(\text{mm})$	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$i_{a1}=0,5 \text{ mA}$	$I_k(\text{Imp}/10\text{s})$								
	I_k/I_0								
	$\log(I_k/I_0)$								
$U_{01} =$	kV								

k= Plattenzahl

$i_{a2}=0,5 \text{ mA}$	$I_k(\text{Imp}/10\text{s})$								
	I_k/I_0								
$U_{02} =$	kV								
	$\log(I_k/I_0)$								
	I_{k+1}/I_k								

$U_{03}=U_{02}$	$I_k(\text{Imp}/10\text{s})$								
$i_{a3}=0,7 \text{ mA}$	I_k/I_0								

Anmerkung:

Bei Wiederholung einer Messung unter gleichen Bedingungen treten immer Schwankungen auf. Bei Zählprozessen ist die Standard-Abweichung σ gleich der Wurzel aus der gemessenen Impulszahl N :

$$\sigma = \sqrt{N}$$

Absorption von Röntgenstrahlung in Abhängigkeit von der Ordnungszahl des Absorbers

Aufgabe:

Bei konstant gehaltener Wellenlänge der Röntgenstrahlung (d.h. bei konstanter Anodenspannung) ermittle man die Schwächungskoeffizienten $\frac{\mu}{\rho}$ für die in der Wertetabelle aufgeführten Metalle und untersuche die Abhängigkeit dieser Koeffizienten von der Ordnungszahl Z des Absorbers.

Die μ -Werte lassen sich aus den gemessenen Intensitätswerten I_0 (ohne Absorber) und I (mit Absorber) berechnen. Man löse hierzu Gl.9.8 nach μ auf:

$$\mu = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0}{I} \quad (9.15)$$

Nach Gl. 9.13 ist der Massenschwächungskoeffizient eine Potenzfunktion der Ordnungszahl des Absorbermaterials. Die Potenz m von Z - sie ist ungefähr 3 - soll aus den Meßwerten ermittelt werden. Für konstantes ρ gilt somit:

$$\frac{\mu}{\rho} = k \times Z^m \quad (9.16)$$

Die beste Methode der m -Bestimmung besteht darin, $\frac{\mu}{\rho}$ gegen Z doppelt logarithmisch aufzutragen. Es ergibt sich dann eine Gerade, deren Steigung gleich m ist. Dies wird klar, wenn man Gl. 9.16 logarithmiert:

$$\log \frac{\mu}{\rho} = \log k + m \times \log Z \quad (9.17)$$

Gl. 9.17 stellt eine Gerade dar, wenn man $\log \frac{\mu}{\rho}$ gegen $\log Z$ aufträgt. $\log k$ ist dabei der sog. Achsenabschnitt (hier nicht von Interesse) und m die Steigung. Tragen Sie also die Werte von $\log \frac{\mu}{\rho}$ gegen $\log Z$ in einem Diagramm auf (Muster liegt am Arbeitsplatz) und zeichnen Sie eine Ausgleichsgerade durch die Meßpunkte. Bestimmen Sie anschließend aus einem Steigungsdreieck den Wert m für die Steigung der Geraden:

$$m = \frac{\Delta \log \frac{\mu}{\rho}}{\Delta \log Z} \quad (9.18)$$

Hinweis: Wählen Sie aus Gründen der Genauigkeit für $\Delta \log Z$ **mindestens den Wert 0,3!**

Versuchsdurchführung:

Anodenstrom auf $i_a = 0,7$ mA einstellen und maximale Anodenspannung wählen. Meßzeit 10 s.

Zu jeder Absorberplatte messe man gesondert den I_0 -Wert!

Die Ordnungszahlen entnehme man dem Periodensystem der Elemente (Abschnitt 0).

Die x -Werte (Plattendicken) betragen für Al 6 mm, für Ti, Fe, Ni und Cu jeweils 0,5 mm.

Wertetabelle

	Z	I_0 (Imp/10s)	I	$\ln I_0/I$	x (cm)	μ (cm^{-1})	ρ (g/cm^3)	$\frac{\mu}{\rho}$ (cm^2/g)	$\log \frac{\mu}{\rho}$	$\log Z$
Al							2,70			
Ti							4,52			
Fe							7,86			
Ni							8,90			
Cu							8,93			

Hinweise zur Auswertung:

- 1) Berechnen Sie die Werte für **log Z** in der Wertetabelle auf 3 Dezimalstellen, die Werte für **log $\frac{\mu}{\rho}$** auf 2 Dezimalstellen (Dies entspricht der Zeichengenauigkeit)
- 2) Wertetabelle **zeilenweise** auswerten!