

Nr.701

## Reichweite von $\alpha$ -Strahlung

Sara Krieg  
sara.krieg@udo.edu

Marek Karzel  
marek.karzel@udo.edu

Durchführung: 14.05.2019

Abgabe: 21.05.2019

TU Dortmund – Fakultät Physik

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>5</b>

# 1 Theorie

Ziel dieses Versuchs ist die Bestimmung der Energie von  $\alpha$ -Strahlung über die Messung von deren Reichweite in Luft.

Ein  $\alpha$ -Teilchen verliert über zwei Aspekte seine Energie. Zunächst über elastische Stöße mit dem Medium, welches es durchläuft. Dieser Prozess, der als Rutherford-Streuung bekannt ist, spielt für den Energieverlust eine nebensächlichen Rolle, da die Größe der Atomkerndichte im Material sehr gering ist und somit ein Zusammenstoß relativ unwahrscheinlich ist.

Den zweiten, weitaus wichtigeren, Aspekt stellen Ionisationsprozesse, sowie Anregung und Dissoziation von Molekülen im Material dar. Dabei hängt auch hier der Energieverlust pro Wegstück von der Dichte des Materials und der Energie  $E_\alpha$  der  $\alpha$ -Strahlung ab. Bei einer hohen Geschwindigkeit und somit einer großen Energie der Strahlung, ist es jedoch wahrscheinlicher, dass es zu keiner Wechselwirkung kommt, da die Zeit, in der sich der Heliumkern in Wechselwirkungsnähe befindet, geringer ist.

Bei hinreichend großen Energien kann der Energieverlust pro Wegstück über die Bethe-Block Gleichung

$$-\frac{dE_\alpha}{dx} = \frac{z^2 e^4}{4\pi\epsilon_0 m_e} \frac{nZ}{v^2} \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I}\right) \quad (1)$$

bestimmt werden, wobei  $z$  die Ladung,  $v$  die Geschwindigkeit,  $Z$  die Ordnungszahl,  $n$  die Teilchendichte und  $I$  die Ionisationsenergie des Targetgases ist. Quantenmechanische Prozesse wie zum Beispiel der Kernspin werden ignoriert.

Die Reichweite der  $\alpha$ -Strahlung ergibt sich dann über das Integral

$$R = \int_0^{E_\alpha} -\frac{dE_\alpha}{dx} dE_\alpha. \quad (2)$$

Da bei geringeren Energien vermehrt Ladungsaustauschprozesse stattfinden, verliert die Bethe-Block-Gleichung ihre Gültigkeit und somit wird die mittlere Reichweite über empirisch gewonnene Kurven bestimmt. Für sie gilt für  $\alpha$ -Strahlung in Luft die Gleichung

$$R_m = 3,1 \cdot E_\alpha^{\frac{3}{2}}, \quad (3)$$

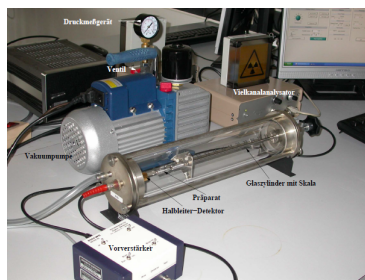
wobei die Energie in Megaelektronenvolt angegeben in einem Bereich unter 2,5 MeV liegen sollte und  $R_m$  in Millimeter angegeben wird. Unter konstanter Temperatur und konstantem Volumen ist die Reichweite proportional zum umgebenden Druck  $p$ . Folglich kann zur Ermittlung der Reichweite eine Absorptionsmessung gemacht werden, bei der der Druck variiert wird. Dadurch gilt für einen festen Abstand  $x_0$  zwischen Detektor und Strahler die effektive Weglänge

$$x_{\text{eff}} = x_0 \frac{p}{p_0}, \quad (4)$$

welche durch den Normaldruck  $p_0 = 1013 \text{ mbar}$  [1] beschrieben wird.

## 2 Durchführung

Im vorliegenden Experiment wird ein  $\alpha$ -Strahler verwendet, welcher sich, wie in Abbildung 1 dargestellt, auf einer Schiene in einem Glaszylinder befindet. Mithilfe einer Vakuumpumpe kann diese evakuiert werden. Der Druckunterschied zum Atmosphärendruck wird an einem Manometer abgelesen. Über die Schiene kann der Abstand der Strahlungsquelle zum Detektor fest gewählt werden. Dieser Halbleiterdetektor ist in der Lage, sowohl die Anzahl der Impulse als auch die relative Energie der  $\alpha$ -Teilchen zu messen. Die grundlegende Funktionsweise ist, dass durch die Strahlung Elektron-Loch-Paare entstehen, sodass freie Ladungen entstehen. Diese werden an Elektroden registriert und der vom Vorverstärker verstärkte Puls kann verarbeitet werden. Im vorliegenden Versuchsaufbau wird diese Auswertung über das Computerprogramm Multichannel Analyzer realisiert. Dieses bietet unter anderem die Möglichkeit, die Gesamtzählrate über einen festgelegten Zeitraum sowie eine Pulshöhenanalyse durchzuführen.



**Abbildung 1:** Versuchsaufbau zur Bestimmung der Reichweite von  $\alpha$ -Strahlung. [1]

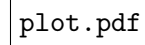
Vor Beginn der eigentlichen Messung wird die Strahlungsquelle zunächst möglichst weit vom Sperrschichtzähler entfernt und die Diskriminatorschwelle des Zählers auf den Grenzwert eingestellt, ab welchem bei Normaldruck keine Impulse mehr detektiert werden. Danach wird der Glaszylinder evakuiert und die radioaktive Probe so weit an den Detektor herangeschoben, bis dieser anfängt vereinzelte  $\alpha$ -Teilchen zu zählen.

Nun wird der Druck von 0 mbar bis ca. 1000 mbar Normaldruck in 50 mbar Schritten erhöht und für jeweils 120 s eine Messung durchgeführt. Es werden vom Computerbildschirm für jeden Messabschnitt die Gesamtzählrate und der Messkanal mit der maximalen Zählrate abgelesen und notiert.

Anschließend wird die Strahlungsquelle um 0,5 cm weg vom Sperrschichtzähler entfernt und die gleiche Messung erneut durchgeführt.

Im letzten Schritt wird bei unveränderten Abstand und einem evakuierten Glaszylinder 100 mal die Gesamtzählrate in einem Zeitraum von 10 s gemessen.

## 3 Auswertung



plot.pdf

Abbildung 2: Plot.

## 4 Diskussion