

Versuch 4

Fadenstrahlrohr

Ziel des Versuches

Die spezifische Ladung e/m des Elektrons soll aus der Krümmung eines Elektronenstrahls im Magnetfeld ermittelt werden.

4.1 Theoretischer Hintergrund

Beim Fadenstrahlrohr handelt es sich um eine Vakuumröhre, die mit Wasserstoff mit einem Druck von 10^{-5} bar gefüllt ist. Darin treten Elektronen aus einer Glühkathode in das verdünnte Medium aus und werden durch eine Anode beschleunigt. Wirken keine äußeren Kräfte, so bewegen sich die Elektronen auf einer Geraden. Die Flugbahn wird mit Hilfe der in der Röhre vorliegenden Wasserstoffatmosphäre sichtbar gemacht, indem Wasserstoffmoleküle durch Stöße mit den freien Elektronen angeregt werden und unter Emission von Licht wieder in den elektronischen Grundzustand relaxieren. Auf diese Weise erscheint die Elektronenbahn als blauer Strahl. Die Geschwindigkeit v der Elektronen ist durch die Beschleunigungsspannung U des Fadenstrahlrohrs bestimmt:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU \quad (4.1)$$

Wird nun von außen ein Magnetfeld angelegt, das senkrecht zum Geschwindigkeitsvektor der Elektronen ausgerichtet ist, so zwingt die Lorentzkraft die Elektronen auf eine Kreisbahn. Der Radius r dieser Kreisbahn ist durch die Gleichgewichtsbedingung für Lorentz- und Zentrifugalkraft bestimmt, d.h. es gilt:

$$F_{\text{Lorentz}} = e \cdot v \cdot B = \frac{mv^2}{r} = F_{\text{rad}} \quad (4.2)$$

Aus den Gln.(4.1,4.2) folgt:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2} \quad (4.3)$$

Der Betrag der magnetischen Flußdichte B läßt sich aus der magnetischen Feldstärke H berechnen:

$$B = \mu_0 H \quad (4.4)$$

4.2 Versuchsaufbau und -durchführung

Der Versuchsaufbau besteht im Wesentlichen aus einem Fadenstrahlrohr (siehe Abb.4.1). Seine wichtigen Bestandteile sind die Glühkathode (K), der Wehnelt-Zylinder (W) sowie die kegelförmige Anode (A). Der Wehnelt-Zylinder umgibt dabei die Kathode zylinderförmig und hat ihr gegenüber eine schwach negative Vorspannung. Dadurch bewirkt er eine Bündelung der ungerichtet aus der Kathode austretenden Elektronen zum Elektronenstrahl.

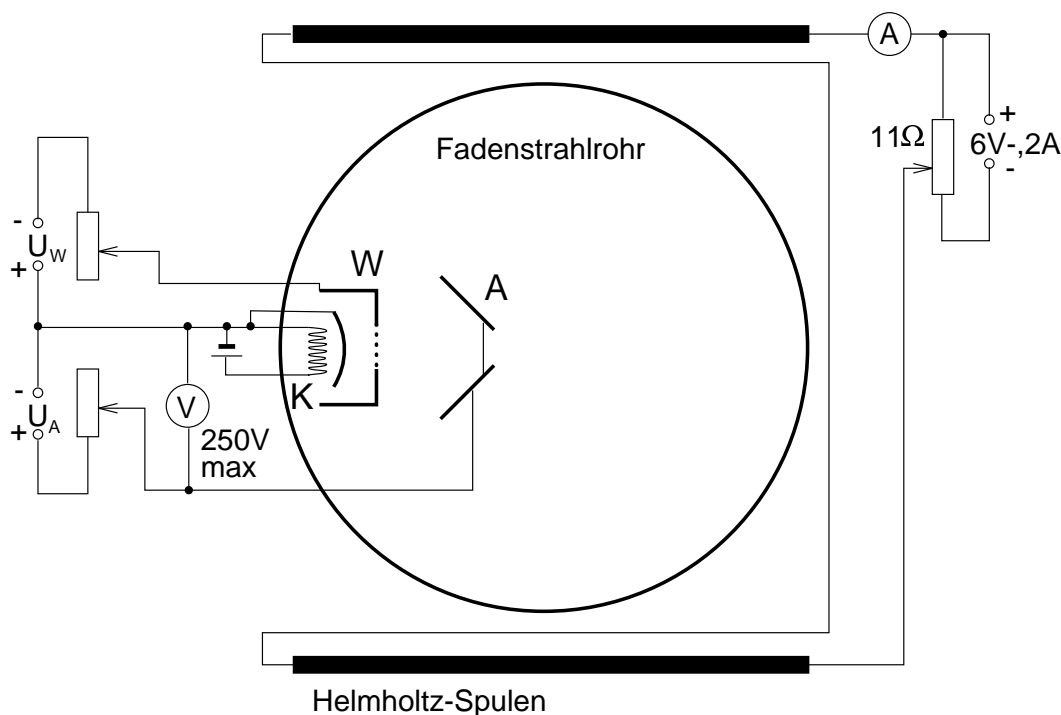


Abb. 4.1:

Schematischer Versuchsaufbau zur Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons.

Zur Erzeugung des Magnetfeldes werden in diesem Versuch Helmholtzspulen verwendet (das ist ein Paar baugleicher Spulen, deren Abstand genau ihrem Radius entspricht). Diese erzeugen in der Mitte des Spulenpaares ein nahezu homogenes Magnetfeld mit der Feldstärke:

$$H = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \cdot \frac{nI}{R} \quad (4.5)$$

Dabei ist n die Anzahl der Windungen einer Spule, R der Spulenradius und I der die Spulen durchfließende Strom. Der Spulenstrom soll 2 A nicht überschreiten.

Die Glühkathode wird mit einer festen Heizspannung betrieben. Die Elektronenemission beginnt nach einer Heizdauer von einigen Minuten. Die Kathodentemperatur ist dabei so bemessen, daß die Austrittsarbeit von den thermisch angeregten Elektronen gerade bewältigt werden kann, so daß freie Elektronen austreten können und sie dennoch keine nennenswerte Anfangsenergie besitzen. Die Geschwindigkeit der Elektronen wird deshalb praktisch nur durch die Beschleunigungsspannung U nach Gl.(4.1) bestimmt. Diese Spannung darf maximal auf 250 V eingestellt werden. Eine bessere Strahlbündelung kann eventuell durch Änderung der Spannung am Wehnelt-Zylinder (0-10 V) erreicht werden.

Die Messung des Kreisdurchmessers $2r$ der Elektronenbahn erfolgt mit einer an der Versuchsanordnung angebrachten Ablesevorrichtung. Dabei kann mit einem Spiegel kontrolliert werden, ob die Ablesung parallaxefrei erfolgt.

4.3 Aufgabenstellung

1. Messen Sie für vier verschiedene Anodenspannungen U den Elektronenbahnradius r . Berechnen Sie jeweils e/m und geben Sie außerdem den Mittelwert aller vier Werte an.
2. Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Elektronen für $U = 220 \text{ V}$.
3. Beschreiben Sie die Elektronenbahn für den Fall, daß \vec{v} nicht senkrecht zu \vec{H} steht?