



## Versuche P1-72, 74, 75: Bestimmung von $e/m$ des Elektrons

Raum F1-14

Sie bestimmen bei diesem Versuch die spezifische Ladung des Elektrons nach zwei verschiedenen Methoden, von denen jede ihre besonderen Vor- und Nachteile hat. Der Versuch bietet Gelegenheit zur Beschäftigung mit der Bewegung geladener Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern, mit dem Magnetfeld stromdurchflossener Leiter und mit der Hallsonde als Meßgerät für Magnetfelder.

**Hinweis:** Es werden gefährliche elektrische Spannungen verwendet. Während des Aufbaus und während aller Veränderungen an den Schaltungen dürfen daher keine Geräte eingeschaltet sein. Bei jeder neuen Schaltung ist das erste Einschalten nur nach Kontrolle durch den Betreuer erlaubt.

### Aufgaben:

#### 1. $e/m$ -Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr

**1.1 Untersuchung des Feldes eines Helmholtzspulenpaars.** Bauen Sie vor dem Plexiglaskasten mit Helmholtzspulen und Fadenstrahlrohr die zusätzliche Helmholtzspule mit Meßplatte so auf, dass sich die Meßplatte in der Mittelebene zwischen zwei Spulen befindet. Die Anordnung gleicht der Spulenordnung, in der sich das Fadenstrahlrohr befindet. Die Spulen beiderseits der Meßplatte sind in Reihe zu schalten. Die Anschlüsse der betreffenden Spule im Plexiglaskasten sind an extra Buchsen herausgeführt. Die Meßplatte kann an etlichen vorgesehenen Stellen die Hallsonde aufnehmen.

**Messen Sie die Hallspannungen an den vorgesehenen Stellen** für die Spulenströme 1,0; 1,5; und 2,0A.

**Hinweis:** Lassen Sie die Hallsonde nicht allzu lange eingeschaltet, damit sie nicht überhitzt. Dadurch vermeiden Sie eine temperaturabhängige Drift der Hallspannung.

**1.2 Kalibrieren Sie die Hallsonde** mit Hilfe des berechenbaren Feldes der langen Eichspule. Messen Sie etwa 10 Wertepaare (Hallspannung/Spulenstrom) und berechnen Sie daraus die Eichgerade  $B(U_{\text{Hall}})$ . Der Bereich der hier gemessenen Hallspannungen sollte zu den bei Aufgabe 1.1 gemessenen Werten passen.

**1.3 Vergleichen Sie den gemessenen Wert des Mittenfeldes zwischen den Helmholtzspulen mit dem berechneten Wert. Überprüfen Sie die Feldhomogenität bei der vorliegenden Spulenordnung.** Unter der Voraussetzung Spulenradius = Spulenabstand =  $R$  gilt für das Mittenfeld

$$B = 0,7155 \cdot \mu_0 \cdot n \cdot \frac{I}{R}$$

Dabei ist  $n$  die Windungszahl der Spule und  $I$  der Strom in der Spule.

#### 1.4 Messen Sie den Durchmesser der Elektronenkreisbahnen im Fadenstrahlrohr

a) in Abhängigkeit der Anodenspannung (z.B. 100; 125; ... 250V) bei zwei Spulenströmen (z.B. 1A und 2A),  
b) in Abhängigkeit vom Spulenstrom (z.B. 1,0; 1,2; ... 2,0A) bei zwei Anodenspannungen (125V und 250V).  
Dabei ist die Zusatzspule wieder abgebaut. Fadenstrahlrohr und Spulen sind entsprechend Schaltung-1 angeschlossen. An den vorgesehenen Stellen sind die Sicherheitskabel zu benutzen. Die Durchmesserbestimmung erfolgt parallaxenfrei mittels verschieblicher Marken vor und eines Spiegels hinter dem Fadenstrahlrohr. Die Röhre muß in der Halterung so orientiert werden, daß sich Kreisbahnen und nicht Spiralen ergeben. Tragen Sie die Ergebnisse zur Kontrolle der theoretischen Abhängigkeiten zunächst in geeignete nach 1.4a und 1.4b getrennte Koordinatensysteme ein. Fassen Sie dann alle Ergebnisse in einem geeigneten Koordinatensystem zusammen und entnehmen Sie diesem den Wert von  $e/m$ .

#### 2. $e/m$ -Bestimmung nach der Methode von Busch

**2.1 zur Vorbereitung:** Die Oszillographenröhre innerhalb des Plexiglaszylinders und der beweglichen Magnetspule wird über das zugehörige Steuerpult mit allen notwendigen Spannungen versorgt. Die Deflektorspannung kann wahlweise mit einem der beiden Ablenkplattenpaare verbunden werden wobei beide Platten des unbenutzten Paares mit den Kurzschlussbrücken auf Massepotential gelegt werden müssen. Stellen Sie eine niedrige Beschleunigungsspannung (ca. 300V) ein. Wählen Sie bei abgeregeltem Magnetfeld die Deflektorspannung so, dass ein maximal langer Strich auf dem Schirm erscheint. Stellen Sie die Strahlintensität (Spannung an  $g_1$ ) und den Fokus (Spannung an  $g_3$ ) sinnvoll ein. Steigern Sie dann langsam

den Magnetspulenstrom und beobachten Sie die resultierende Bildveränderung. Diskutieren Sie deren Zustandekommen. Stellen Sie schließlich den Spulenstrom so ein, daß alle Elektronen den Schirm auf einem möglichst kleinen Fleck treffen. Versuchen Sie, einen höheren Spulenstrom einzustellen, bei dem abermals der Strich zu einem kleinen Fleck wird.

**2.2 Messen Sie den für Einstellungen wie bei 2.1 nötigen Spulenstrom I für Beschleunigungsspannungen U von 200V bis 700V in 50V-Schritten. Tragen Sie U über I<sup>2</sup> auf und ermitteln Sie e/m aus der Geradensteigung.** Bedenken Sie, daß die Spule nicht 'lang' und folglich  $B \neq B_0 = \mu_0 \cdot I \cdot n/L$  ist. Sie müssen längs der Strecke vom Deflektorzentrum bis zum Leuchtschirm über folgende empirische Formel mitteln:

$$B = B_0 \cdot K = \left\{ \mu_0 I \frac{n}{L} \right\} \times \left\{ 0,567 \times \left( \frac{a}{\sqrt{R^2 + a^2}} + \frac{L-a}{\sqrt{R^2 + (L-a)^2}} \right) \right\}$$

Dabei ist a der Abstand des Feldortes von einem Spulenende, L=0.2m die Länge der Spule und R=0.045m der mittlere Radius der Spulenwicklung (siehe Graphik-1). Der Korrekturfaktor K ist ein reiner Geometriefaktor und hängt vom gewählten Deflektorpaar ab.

### Hinweise:

Vermeiden Sie eine hohe Leuchtdichte an der Oszillographenröhre, **damit der Schirm nicht einbrennt!**

Der mechanische Aufbau im Innern einer Oszillographenröhre ist nicht so perfekt, daß der Strahl die Schirmmitte treffen muss. Das ist kein Fehler am Gerät.

Für **ausführliche Fehlerrechnung** soll die Messung nicht nur mit dem Ablenkplattenpaar d<sub>1</sub>, sondern auch mit dem Paar d<sub>2</sub> durchgeführt werden.

### Zubehör:

#### Für beide Aufgabenteile:

Gleichstromnetzgerät für die Magnetfelder: - die Helmholtzspulen, die Eichspule bzw. die Zylinderspule;  
Multimeter zur Strommessung;  
mm-Maßstab; Taschenlampe;

#### Für die Messungen mit Fadenstrahlrohr:

Fadenstrahlrohr (Glühkathode mit indirekter Heizung, Wehneltzylinder, kegelförmige Anode, gefüllt mit Wasserstoffgas, ca. 0,013mbar);

Betriebsgerät für das Fadenstrahlrohr (0-300V= als Anodenspannung und -20-0V= als Wehneltspannung, wobei der Frontplattenschalter nach oben zeigen muß; außerdem 6,3V~ als Heizspannung)

Helmholtzspulenpaar (**max. 2A**) Windungszahl je n=130; mittl. Radius R = mittl. Spulenabstand 2a = 15cm; Spiegel und Schiebemarken zum parallaxenfreien Messen des Elektronenstrahl-Kreisdurchmessers, eingebaut in einem Plexiglastasten zur Vermeidung der Implosionsgefahr;

Zusätzlich eine einzelne Helmholtzspule auf Brett und mit Meßplatte (Bohrungen für die Hallsonde in 3cm-Abständen) ;

Hallsonde mit Betriebsgerät;

Millivoltmeter (Knick) für die Hallspannung, (Genauigkeit ±1% **Achtung:** Gebrauchslage beachten!);

Eichspule für die Hallsonde (**max. 0.8A**) (L=300mm; Ø=20mm; n=750 Windungen ±1%);

#### Für die Messungen nach Busch:

Oszillographenröhre (Typ DG7-32; Abstände der beiden Deflektorzentren d<sub>1</sub> und d<sub>2</sub> vom Leuchtschirm S:

$$d_1-S = (88 \pm 1) \text{ mm}, d_2-S = (70 \pm 1) \text{ mm} );$$

Betriebsgerät für die Oszillographenröhre (0 - 700V Beschleunigungsspannung, mit Intensität und Fokus);

Netzgerät für die Deflektorspannung (zum Einspeisen ins Betriebsgerät);

Zylinderspule (**max. 2A**) L = (200±0,5) mm, R = (45±0,5) mm; n = 3000 Windungen;

Abstand Spulenende zum Leuchtschirm = 50 mm (Magnet am Anschlag);

### Literatur:

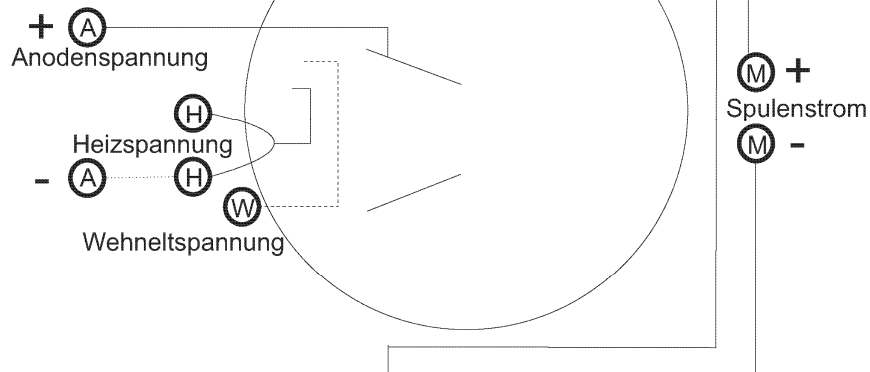
Schpolski: *Atomphysik*, Bd. 1

Bergmann, Schaefer: *Experimentalphysik*; Bd. 2

Gerthsen, Kneser, Vogel: *Physik*

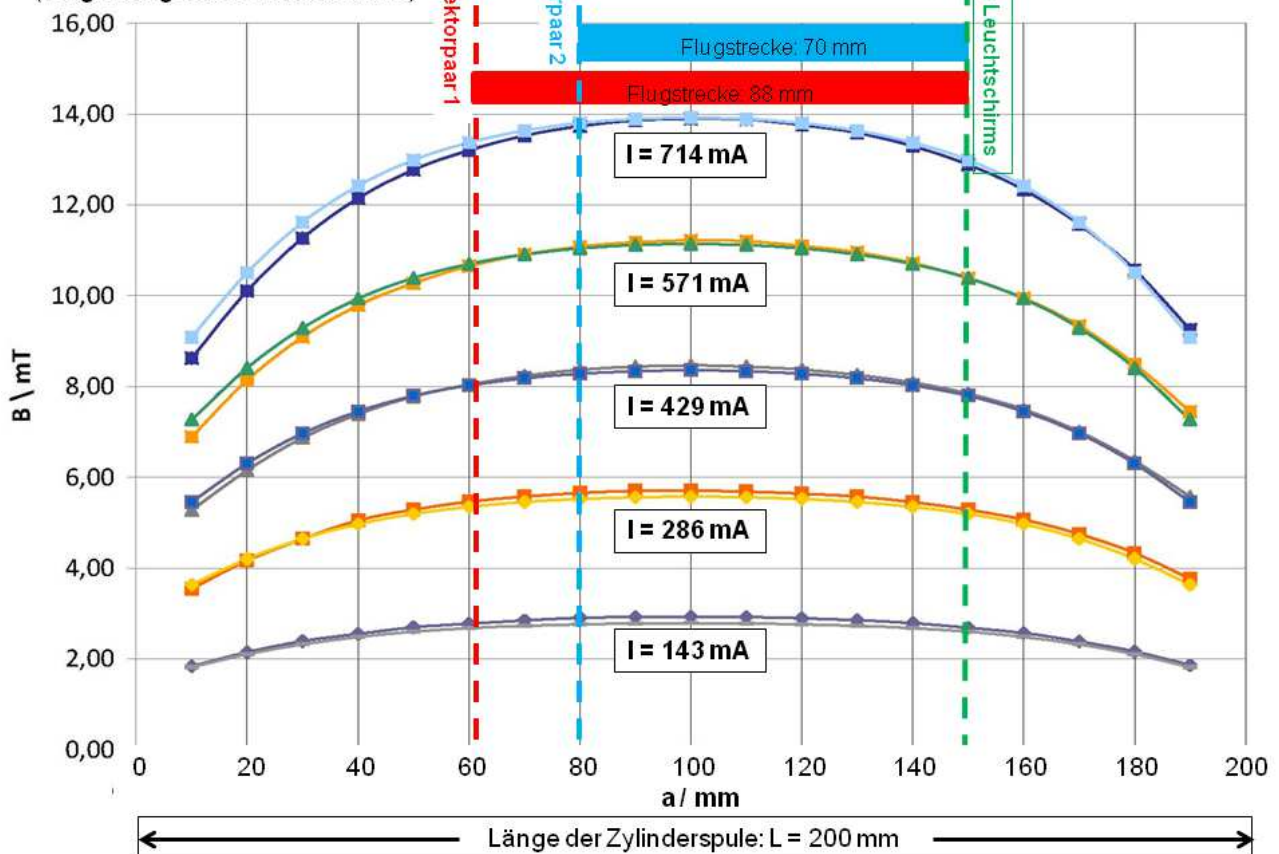
Walcher: *Praktikum der Physik*

Anodenspannung: 0 - 300 V  
 Heizspannung: ~6.3 V  
 Wehneltspannung: 0 - 20 V



----- Schaltung 1: Anschlüsse des Fadenstrahlrohrs (schematisch) -----

**Magnetfeld der Zylinderspule**  
 bei verschiedenen Strömen  
 (Vergleich: gemessen / berechnet)



**Graphik-1:** Lage der Flugstrecke im Feld der Zylinderspule beim Verfahren nach Busch