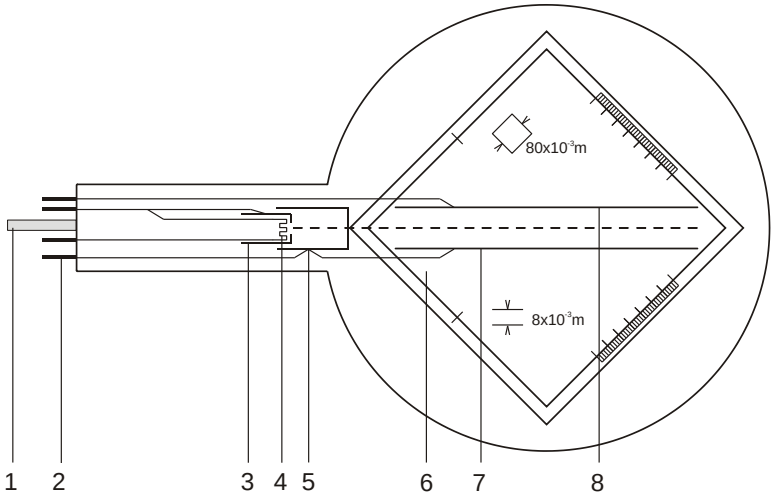
Thomson-Röhre S 1000617

Bedienungsanleitung

09/22 HJB, DA



1 Führungsstift
2 Stiftkontakte
3 Kathode
4 Heizwendel
5 Anode
6 Leuchtschirm
7 Untere Ablenkplatte
8 Obere Ablenkplatte

1. Sicherheitshinweise

Glühkathodenröhren sind dünnwandige, evakuierte Glaskolben. Vorsichtig behandeln: Implosionsgefahr!

- Röhre keinen mechanischen Belastungen aussetzen.
- Verbindungskabeln keinen Zugbelastungen aussetzen.
- Röhre nur in den Röhrenhalter S (1014525) einsetzen.

Zu hohe Spannungen, Ströme sowie falsche Kathodenheiztemperatur können zur Zerstörung der Röhre führen.

- Die angegebenen Betriebsparameter einhalten.

Beim Betrieb der Röhren können am Anschlussfeld berührungsgefährliche Spannungen und Hochspannungen anliegen.

- Für Anschlüsse nur Sicherheits-Experimentierkabel verwenden.
- Schaltungen nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten vornehmen.
- Röhren nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten ein- und ausbauen.

Im Betrieb wird der Röhrenhals erwärmt.

- Röhre vor dem Ausbau abkühlen lassen.

Die Einhaltung der EC Richtlinie zur elektro-magnetischen Verträglichkeit ist nur mit den empfohlenen Netzgeräten garantiert.

2. Beschreibung

Die Thomson-Röhre dient zur Untersuchung der Ablenkung von Elektronenstrahlen in elektrischen und magnetischen Feldern. Sie ermöglicht sowohl die Bestimmung der Geschwindigkeit der Elektronen v als auch eine Abschätzung der spezifischen Ladung *e*/*m*.

Die Thomson-Röhre besitzt eine Elektronenkanone in einem evakuierten Glaskolben mit fokussierendem Elektrodensystem, direkt geheizter Wolfram-Glühkathode und einer zylinderförmigen Anode. Über einen eingebauten Plattenkondensator kann der Elektronenstrahl elektrostatisch und durch Verwendung der Helmholtzspulen S (1000611) magnetisch abgelenkt werden. Die Ablenkplatten halten einen Fluoreszenzschirm mit mm-Raster, 10° gegen die Strahlachse gedreht, auf dem der Elektronenstrahlverlauf sichtbar gemacht wird.

3. Technische Daten

Heizung:	max. 7,5 V AC/DC
Anodenspannung:	2000 V – 5000 V DC
Anodenstrom:	ca. 0,1 mA bei 4000 V
Kondensatorspannung:	max. 350 V
Abstand Kondensatorplatten:	ca. 8 mm
Fluoreszenzschirm:	80 mm x 80 mm
Glaskolben:	ca. 130 mm Ø
Gesamtlänge:	ca. 260 mm

4. Bedienung

Zur Durchführung der Experimente mit der Thomson-Röhre sind folgende Geräte zusätzlich erforderlich:

1 Röhrenhalter S	1014525
1 Hochspannungsnetzgerät 5 kV	
(115 V, 50/60 Hz)	1003309
oder	
(230 V, 50/60 Hz)	1003310
1 Helmholtz-Spulenpaar S	1000611
1 DC Netzgerät 500 V	
(115 V, 50/60 Hz)	1003307
oder	
(230 V, 50/60 Hz)	1003308

4.1 Einsetzen der Thomson-Röhre in den Röhrenhalter

- Röhre nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten ein- und ausbauen.
- Röhre mit leichtem Druck in die Fassung des Röhrenhalters schieben bis die Stiftkontakte vollständig in der Fassung sitzen, dabei auf eindeutige Position des Führungsstiftes achten.

4.2 Entnahme der Thomson-Röhre aus dem Röhrenhalter

- Zum Entnehmen der Röhre mit dem Zeigefinger der rechten Hand von hinten auf den Führungsstift drücken bis sich die Kontaktstifte lösen. Dann die Röhre entnehmen.

4.3 Drehung der Thomson-Röhre in dem Röhrenhalter

- Die Röhre kann in dem Röhrenhalter vorsichtig um ca. ±4° um die eigene Achse gedreht werden. Mit dem Drehen der Röhre kann die Sichtbarkeit des Elektronenstrahls auf dem Schirm in Abhängigkeit der experimentellen Einstellungen verbessert werden.

5. Experimentierbeispiele

5.1 Magnetische Ablenkung

- Schaltung gemäß Fig. 2 herstellen.
- Spulen in Helmholtz-Geometrie aufbauen.
- Hochspannungs-Netzgerät einschalten.
- Spannung an die Spulen anlegen und Strahlverlauf beobachten.

Der Elektronenstrahlverlauf ist kreisförmig, die Ablenkung erfolgt in einer Ebene senkrecht zum elektromagnetischen Feld.

Bei konstanter Anodenspannung verringert sich der Radius der Ablenkung mit Erhöhung des Spulenstroms.

Bei konstantem Spulenstrom vergrößert sich der Radius mit Erhöhung der Anodenspannung, was auf eine höhere Geschwindigkeit hinweist.

Ein Elektron der Masse m und der Ladung e, das sich senkrecht zu einem magnetischen Feld B bewegt, wird durch die Lorentzkraft $B\ e\ v$ in eine Kreisbahn gezwungen:

$$B \cdot e \cdot v = \frac{m \cdot v^2}{r} \qquad (1)$$

mit v = Geschwindigkeit des Elektrons und r = Krümmungsradius.

5.2 Elektrische Ablenkung

- Beschaltung der Röhre gemäß Fig. 3 vornehmen.
- Hochspannungs-Netzgerät einschalten.
- Spannung an den Plattenkondensator anlegen und Strahlverlauf beobachten.

Ein Elektron, das mit der Geschwindigkeit v das elektrische Feld E eines Plattenkondensators mit der Kondensatorspannung U_P und dem Plattenabstand d durchfliegt, wird auf eine Parabelbahn abgelenkt:

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{e}{m} \cdot \frac{E}{v^2} \cdot x^2 \qquad (2)$$

wobei y die lineare Ablenkung über die lineare Distanz x ist.

5.3 Bestimmung von *e/m* und *v*

5.3.1 Mittels magnetischer Ablenkung

- Versuchsaufbau gemäß Fig. 2.

Für die von der Anodenspannung U_A abhängige Geschwindigkeit der Elektronen *v* gilt:

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U_A} \qquad (3)$$

Aus den Gleichungen 1 und 3 folgt für die spezifische Ladung *e/m*:

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U_A}{(B \cdot r)^2} \qquad (4)$$

U_A kann unmittelbar abgelesen werden, *B* und *r* lassen sich experimentell bestimmen.

5.3.1.1 Bestimmung von *r*

Der Krümmungsradius *r* des abgelenkten Elektronenstrahls lässt sich aus dem Austrittspunkt A bestimmen (siehe Fig. 1).

Nach Pythagoras gilt:

$r^2 = c^2 + b^2 = c^2 + (r - a)^2 = c^2 + r^2 - 2ra + a^2$

$$r = \frac{c^2 + a^2}{2a} \qquad (5)$$

Bei Austritt entlang $k = k' = 80$ mm gilt:

$c^2 + a^2 = d^2 = k'^2 + e^2$

$a^2 = f^2 = ½g^2 = ½(k - e)^2$

$$\Rightarrow r = \frac{\left(80^2\,\mathrm{mm}^2 + e^2\right)}{\sqrt{2}\left(80\,\mathrm{mm} - e\right)} \qquad (6)$$

wobei *e* sich direkt an der Skala ablesen lässt.

5.3.1.2 Bestimmung von *B*

Für die magnetische Flussdichte *B* des Magnetfeldes bei Helmholtzgeometrie des Spulenpaars und dem Spulenstrom *I* gilt:

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\mu_0 \cdot n}{R} \cdot I = k \cdot I \qquad (7)$$

wobei *k* = in guter Näherung 4,2 mT/A
mit *n* = 320 (Windungen) und *R* = 68 mm (Spulenradius).

5.3.2 Mittels Feldausgleich

- Versuchsaufbau gemäß Fig. 4 vornehmen.
- Hochspannungsnetzgeräte einschalten und den Elektronenstrahl elektrostatisch ablenken.
- Spulen-Netzgerät einschalten und die Spannung so einstellen, dass das magnetische Feld das elektrische Feld ausgleicht und der Strahl nicht mehr abgelenkt wird.

Das magnetische Feld gleicht die Ablenkung des Elektronenstrahls durch das elektrische Feld aus. Es gilt:

$$e \cdot E = e \cdot v \cdot B$$

Daraus folgt für v:

$$v = \frac{E}{B} \qquad (8)$$

mit $E = \frac{U_P}{d}$. Zur Bestimmung von *B* siehe Punkt 5.3.1.2.

Für e/m gilt:

$$\frac{e}{m} = \frac{1}{2 \cdot U_A} \cdot \left(\frac{E}{B}\right)^2 \qquad (9)$$

Hinweis: Das durch die Helmholtzspulen erzeugte Magnetfeld beeinflusst die Flugrichtung der Elektronen bevor diese das elektrische Feld des Plattenkondensators erreichen. Daher kann auch für optimal eingestellte Kompensationsbedingungen der Elektronenstrahl nicht exakt entlang der Nulllinie fliegen. Kleine Abweichungen von der Nulllinie sind daher zu erwarten.

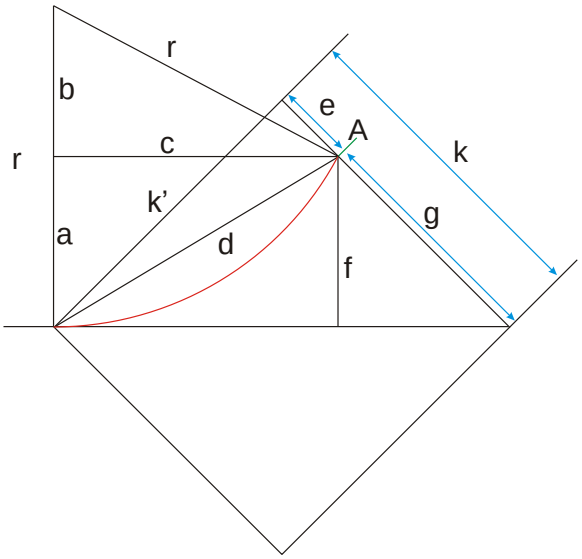


Fig. 1 Bestimmung von *r*

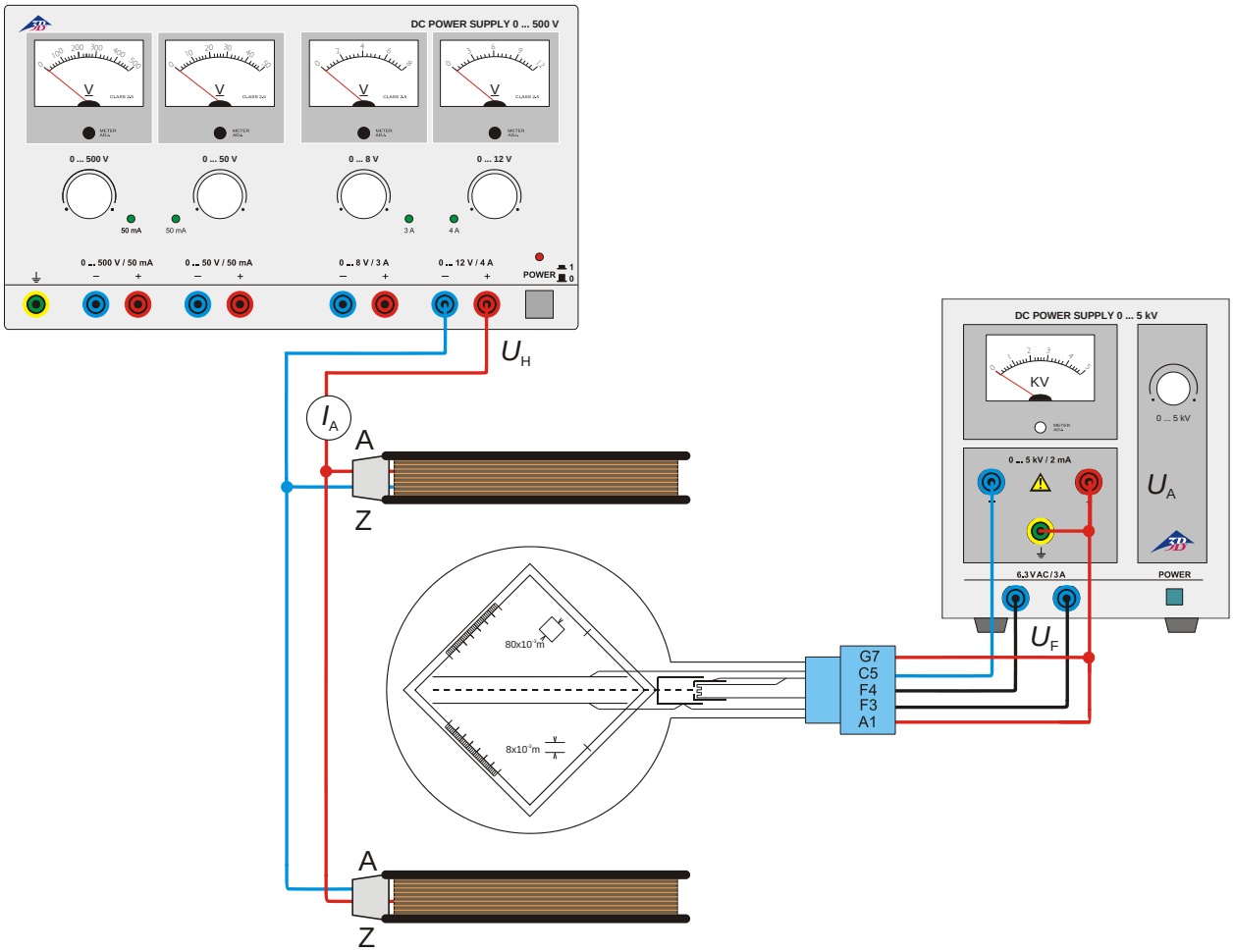


Fig. 2 Magnetische Ablenkung

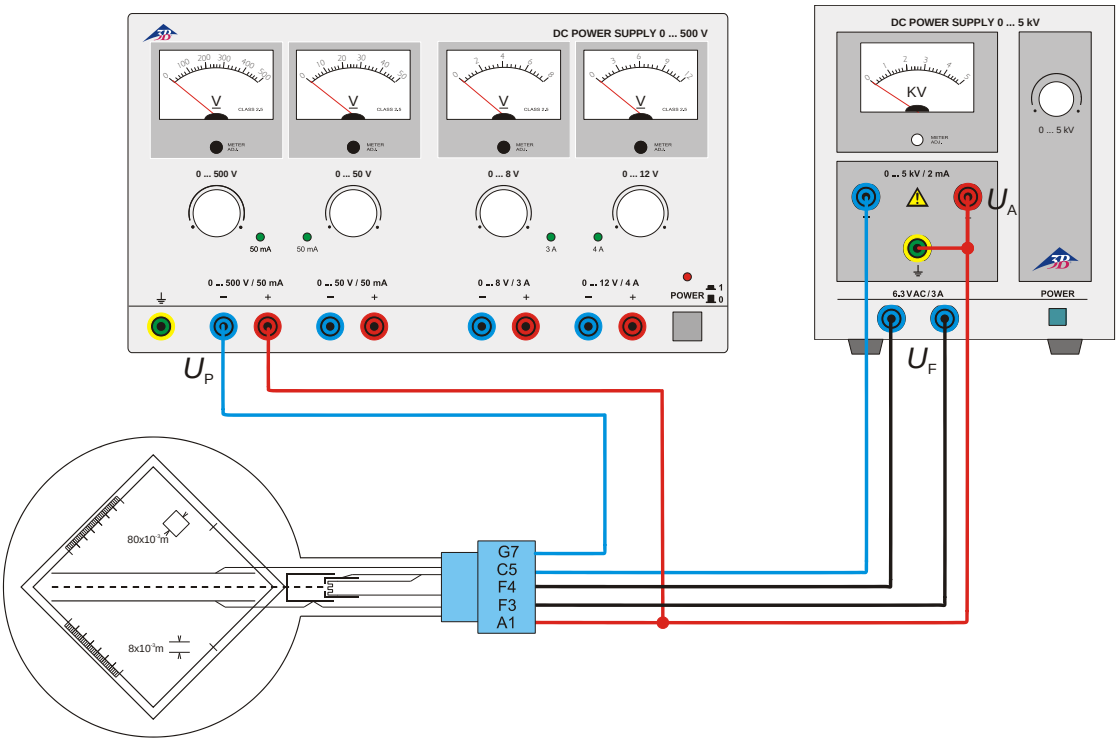


Fig. 3 Elektrische Ablenkung

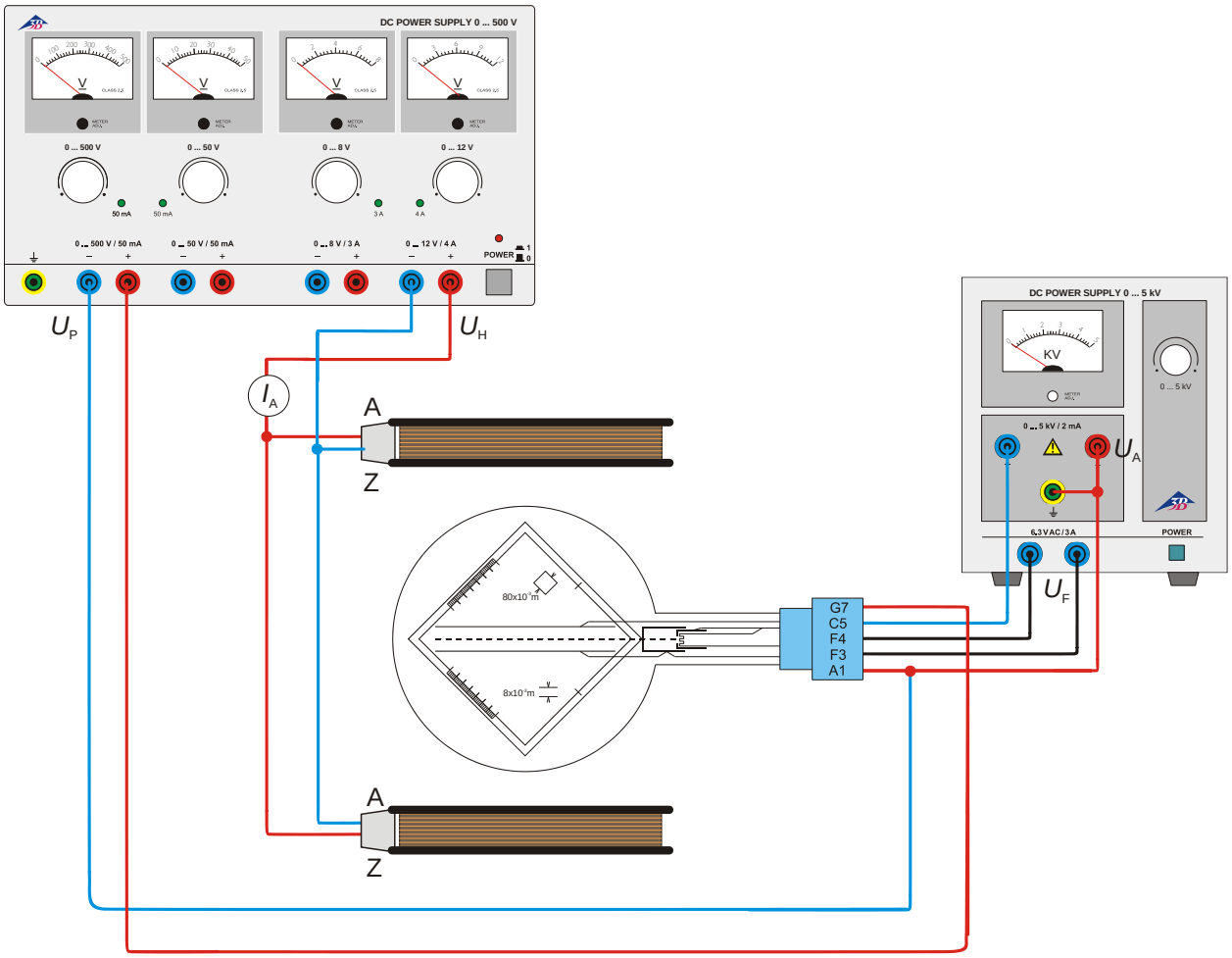


Fig. 4 Bestimmung von *e*/*m* mittels Feldausgleich

© Copyright 2022 3B Scientific Gmb