

Versuch E3

Elektronen im elektrischen und magnetischen Feld

Frederik Strothmann, Henrik Jürgens

24. August 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Versuchsaufbau	2
3	Versuchsdurchführung	2
3.1	Praktische Durchführung	2
3.2	Theoretische Durchführung	6
4	Messergebnisse	6
5	Auswertung	6
6	Diskussion	6

1 Einleitung

Mit Hilfe einer Oszillographenröhre soll die Bewegung von Elektronen unter dem Einfluß äußerer Felder untersucht werden. Dazu beschäftigen wir uns zunächst mit dem Grundprinzip eines Oszillographen, der Ablenkung von Elektronenstrahlen durch elektrische Felder. Ebenso können Elektronenstrahlen durch magnetische Felder abgelenkt werden, hierzu verwenden wir das Magnetfeld eines Helmholtz-Spulenpaares. Zum Schluß versuchen wir, mit diesem Effekt Richtung und Größe des Erdmagnetfeldes zu bestimmen.

2 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau besteht aus einer Oszillographenröhre, einem Steuerkasten, einer Helmholtz-Spule und einem Auffangschirm. Der Steuerkasten wird an die Oszillographenröhre angeschlossen, um die verschiedenen Spannungen zu kontrollieren. Dahinter befindet sich die Helmholtz-Spule im Zweiten Aufbau um ein Magnetfeld zu erzeugen, am Ende des Aufbaus befindet sich der Auffangschirm, an welchem die Elektronen detektiert werden.



Abbildung 1: Foto der Hauptbestandteile des Versuchs¹

3 Versuchsdurchführung

3.1 Praktische Durchführung

- l_{12} : Länge der ersten Ablenkplatten
- L_{12} : Abstand zwischen dem Ende der Ablenkplatten bis zum Auffangschirm
- d_{12} : Abstand zwischen den ersten Ablenkplatten
- l_{34} : Länge der zweiten Ablenkplatten
- L_{34} : Abstand zwischen dem Ende der Ablenkplatten bis zum Auffangschirm

¹Graphik wurde am 22.08.2014 von der Seite: <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/apjpg/ap1e3a.JPG> entnommen

- d_{34} : Abstand zwischen den zweiten Ablenkplatten

(a) Ablenkung im transversalen elektrischen Feld

1. Messen Sie mit einem Lineal an einer Musterröhre die Abstände L_{12} , l_{12} und d_{12} sowie L_{34} , l_{34} und d_{34} für die beiden Ablenkplattenpaare. Als Richtwerte können Sie annehmen: $l_{12} = l_{34} = 35 \pm 2 \text{ mm}$. Es steht eine geöffnete Röhre zur Verfügung, an der Sie L_{12} und L_{34} abschätzen können. Da die Ablenkplatten teilweise gebogen sind (siehe Abbildung der Röhre im Anhang), müssen Sie für den Meßwert des Plattenabstands d_{12} und d_{34} eine vernünftige Abschätzung machen. Ein Wert zwischen 2 und 5 mm sollte sinnvoll sein.

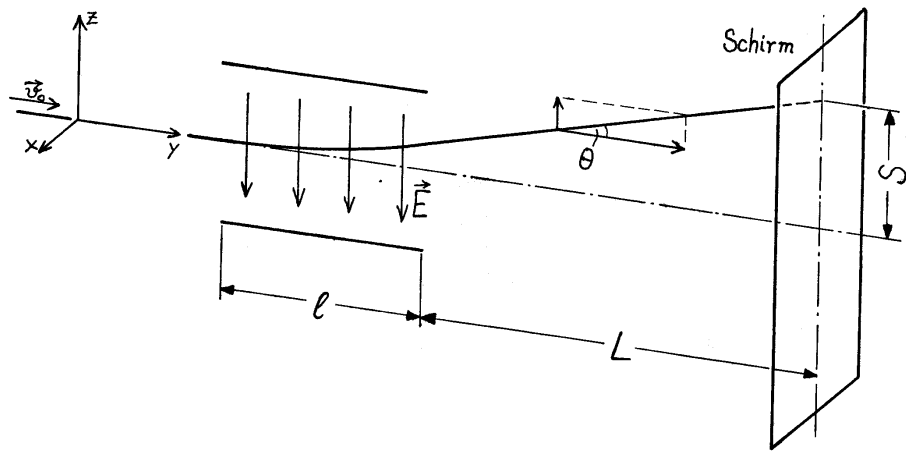


Abbildung 2: Skizze für die Ablenkung der Elektronen durch das E-Feld²

2. Setzen Sie die Oszillographenröhre mit Hilfe des Schaltplans in Betrieb und stellen Sie einen scharfen Leuchtfleck ein ($U_{D12} = U_{D34} = 0$, d.h. verbinden Sie die Anschlüsse D12 und D34 mit G245).
3. Messen Sie für eine feste Beschleunigungsspannung U_B die Ablenkung S_{12} als Funktion der Ablenkspannung U_{D12} . Tragen Sie S_{12} als Funktion von U_{D12} in einem Diagramm auf.
4. Wiederholen Sie diese Messung und die graphische Darstellung mit den Ablenkplatten D34.
5. Ändern Sie die Beschleunigungsspannung U_B , optimieren Sie die Fokussierung und wiederholen Sie die Messungen 3 und 4 für zwei weitere Werte von U_B . Stellen Sie auch diese vier Messungen graphisch dar.

²Abbildung entnommen von <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/E3.pdf> Seite 3 am 22.08.2014

³Abbildung entnommen von <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/E3.pdf> Seite 10 am 22.08.2014

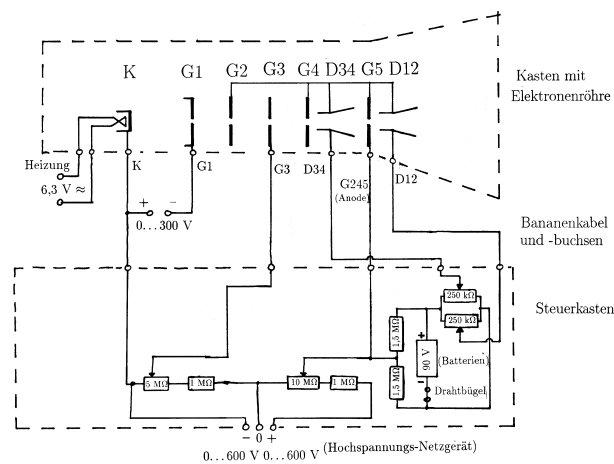


Abbildung 3: Schaltskizze der Oszillographenröhre und den Schaltkasten³

6. Als graphische Darstellung dieser 6 Messungen aus 3, 4 und 5 erwarten Sie Ursprungsgeraden, z.B. $S_{12} = k_{12} \cdot U_{D12}$ (warum? Welche Ursache könnte es haben, wenn sich keine exakte Ursprungsgerade ergibt?) Bestimmen Sie die drei Steigungen k_{12} und die drei Steigungen k_{34} . Berechnen Sie für alle 6 Steigungen das Produkt $U_B \cdot k$ mit der entsprechenden Beschleunigungsspannung. Die drei Produkte $U_B \cdot k_{12}$ sollten etwa gleich sein (warum?), ebenso die drei Produkte $U_B \cdot k_{34}$.
7. Berechnen Sie den Mittelwert der drei Produkte $U_B \cdot k_{12}$. Aus diesem Mittelwert können Sie mit den gemessenen L_{12} und l_{12} den Plattenabstand d_{12} bestimmen (nach welcher Formel?). Vergleichen Sie den so erhaltenen Wert mit dem der direkten Messung von d_{12} an der Röhre.
8. Bestimmen Sie ebenso aus dem Mittelwert der drei Produkte $U_B \cdot k_{34}$ und den gemessenen L_{34} und l_{34} den Plattenabstand d_{34} . Vergleichen Sie auch diesen Wert mit dem der direkten Messung von d_{34} .
9. Diskutieren Sie die Fehler, mit denen Ihre Messungen behaftet sind.

(b) Ablenkung im transversalen Magnetfeld

10. Die Röhre wird betrieben wie in (a). Die Ablenkplatten werden nicht benutzt, werden aber an die Anode (G245) angeschlossen. So wird eine statische Aufladung der Platten verhindert, die eine ungewollte Ablenkung zur Folge haben kann. Da Sie im weiteren Verlauf des Versuchs keine Ablenkspannungen U_{12} und U_{34} mehr benötigen, schalten Sie bitte den 90-V-Batterieblock ab (entfernen sie den Drahtbügel an der Seite des Steuerkastens.) Die beiden Spulen

³Abbildung entnommen von <http://www.atlas.uni-wuppertal.de/kind/E3.pdf> Seite 5 am 22.08.2014

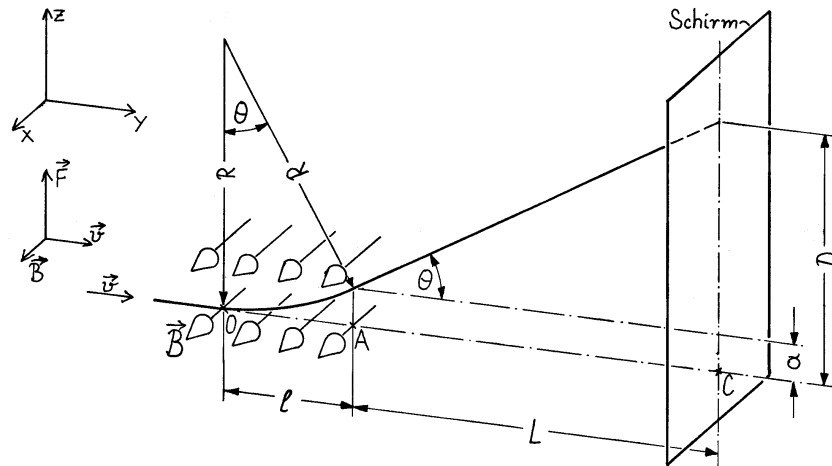


Abbildung 4: Skizze für die Ablenkung der Elektronen durch das B-Feld⁴

sind in Serie geschaltet, so daß sich die beiden Magnetfelder addieren. Gemessen wird die an den Spulen angelegte Spannung U_S . Sie ist proportional zum Strom, der durch die Spulen fließt, und damit proportional zum Magnetfeld.

11. Messen Sie die Strahlablenkung S_S als Funktion der Spulenspannung U_S für feste Beschleunigungsspannung U_B und stellen Sie die Messung graphisch dar.
12. Wiederholen Sie die Messung und graphische Darstellung für zwei andere Beschleunigungsspannungen.
13. Sie erwarten Ursprungsgeraden $S_S = k_S \cdot U_S$ (wieso?). Bestimmen Sie die drei Steigungen k_S . Berechnen Sie für jedes k_S das entsprechende Produkt $k_S \cdot \sqrt{U_B}$. Vergleichen Sie diese drei Produkte miteinander. Was erwarten Sie (warum?) .

(c) Erdmagnetfeld

14. In (a) und (b) haben Sie beobachtet, daß bei Abwesenheit von ablenkenden Feldern die Lage des Punktes sich ändert, wenn die Beschleunigungsspannung geändert wird. Ein Grund für diesen Effekt ist das Erdmagnetfeld. Versuchen Sie, durch Markierung mit einem Fettstift auf dem Schirm eine Orientierung der Röhre zu finden, für die keine Ablenkung auftritt. Wie ist in dieser Lage die Beziehung zwischen Achsenrichtung (Elektronenstrahl) und Richtung des Magnetfeldes der Erde?
15. Versuchen Sie jetzt, eine Orientierung zu finden, für die die Ablenkung ein Maximum hat. Bestimmen Sie die Richtung und Stärke des Magnetfeldes. Beachten Sie, daß in diesem Fall l die gesamte Länge zwischen Anode und dem Schirm ist und $L = 0$. Die Elektroden der jetzt verwendeten Röhren sind teilweise aus unmagnetischem Material. Für l sollten Sie daher die Strecke

mindestens von G4 zum Schirm ansetzen (bei ferromagnetischen Ablenkplatten würde der Strahl magnetisch abgeschirmt und für l wäre der Abstand von G5 zum Schirm anzusetzen). Vergleichen Sie Ihre Bestimmung von Größe und Richtung des Erdmagnetfeldes mit Literaturwerten.

3.2 Theoretische Durchführung

4 Messergebnisse

5 Auswertung

6 Diskussion