

In den freien Experimentierraum der Elektronenröhre (siehe Kap. 3.1) wird nun ein Plattenkondensator eingebaut, den die Elektronen quer zur Feldrichtung durchfliegen. Das System zur Strahlerzeugung ist identisch zur Abbildung im vorherigen Kapitel, zur übersichtlichen Darstellung sind dessen Komponenten hier nicht mehr mit ihren Namen bezeichnet.

Zeichne den weiteren Strahlenverlauf ein!

Welche Größen kann man in diesem Experiment variieren, wie beeinflussen sie den Strahlverlauf?

Eine Simulation dazu gibt's auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Bewegte Ladungen und Felder – Elektronenstrahlableitkröhre Grundwissen**. Damit kann man das Experiment virtuell durchführen.

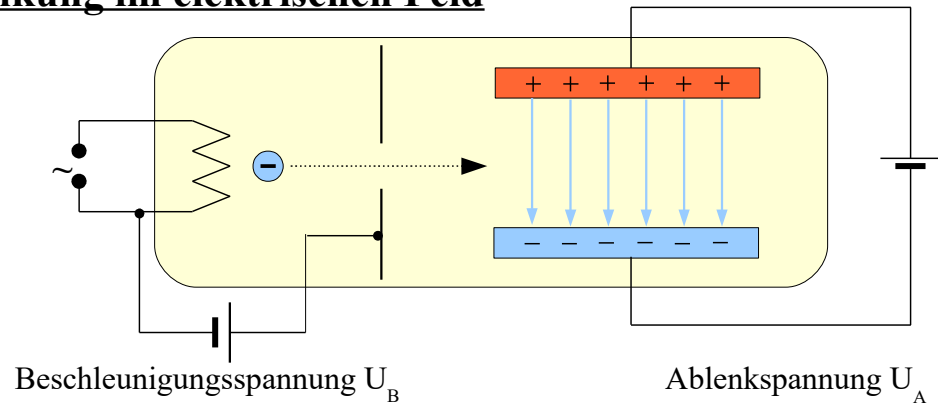
In diesem Versuch durchfliegen Teilchen ein Feld, das senkrecht zu ihrer ursprünglichen Bewegungsrichtung verläuft. **Bei welchem Thema (10. Jahrgangsstufe) haben wir uns mit einer vergleichbaren Situation schon einmal beschäftigt?** →

In der verwendeten Röhre wird der Strahl parallel zu den Kondensatorplatten (Abstand d) genau in der Mitte des Kondensators mit v_0 eingeschossen. Die Berechnung der Flugbahn erfolgt zunächst getrennt nach x - und y -Koordinate (Unabhängigkeit der Bewegungen).

1. **Beschreibe die Bewegungen in x - und y -Richtung jeweils mit Bewegungsgleichungen $x(t)$ und $y(t)$.**
2. **Berechne die Beschleunigung a , die in y -Richtung auf das Elektron im Kondensator aufgrund der Ablenkspannung U_A wirkt.**
3. **Leite aus den ersten beiden Schritten die Bahnkurve $y(x) = \dots$ her.**
4. **Ermittle die Ablenkung y_1 am Kondensatorende.**

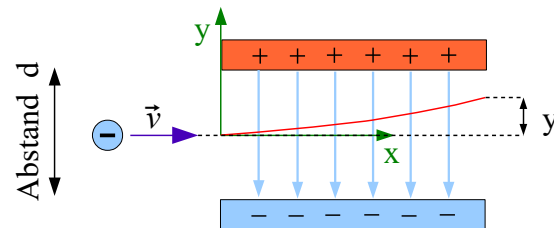
3.2 Ablenkung im elektrischen Feld

Aufbau:



-
-

Berechnung der Bahnkurve:



Nun vermessen wir eine Punkt P auf der Bahnkurve im Experiment (am Ende des Kondensators) und vergleichen seine Koordinaten mit der Berechnung gemäß der von uns hergeleiteten Formel.

Berechne die Ablenkung y_1 am Kondensatorende auf Basis der von uns verwendeten experimentellen Daten und vergleiche mit dem von uns beobachteten Wert.

Anwendung auf die experimentellen Daten:

Beschleunigungsspannung $U_B = 3,0 \text{ kV}$, Ablenkspannung $U_A = \dots\dots\dots \text{ kV}$,

Plattenabstand $d = 5,4 \text{ cm}$, Plattenlänge $l = 10 \text{ cm}$ \rightarrow Ablenkung $y_1 = \dots\dots\dots \text{ cm}$

Berechnung der Einschussgeschwindigkeit v_0 :

Berechnung der Ablenkung y_1 :

Wir ersetzen nun den Term v_0^2 in der Formel für die Bahnkurve (vorherige Seite) mit Hilfe der Formel für die erreichte Endgeschwindigkeit (Kap. 3.1).

Was fällt Dir am Ergebnis auf?

Mit dieser Formel kannst Du wesentlich einfacher das Ergebnis unseres Experiments überprüfen.

Welche Rolle spielt in dieser Formel die Feldstärke E im Plattenkondensator?

Ein virtuelles Labor zum selber Experimentieren bietet die Didaktik-Physik an der Uni München unter
Multimedia – Experimentieren digital: Elektronen in Feldern.

Einfluss der spezifischen Ladung auf das Experiment - Zusammenfassung

$$\text{Bahn: } y = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_A}{d} \cdot \frac{q}{m} \cdot \frac{1}{v_0^2} \cdot x^2 \quad \text{mit: } v_0 = \sqrt{2 \cdot U_B \cdot \frac{q}{m}} \rightarrow v_0^2 = 2 \cdot U_B \cdot \frac{q}{m} \rightarrow \frac{1}{v_0^2} = \frac{m}{2 \cdot U_B \cdot q}$$

zusammen: $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_A}{d} \cdot \frac{q}{m} \cdot \frac{m}{2 \cdot U_B \cdot q} \cdot x^2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{U_A}{U_B} \cdot \frac{1}{d} \cdot x^2$

Ein Elektronenstrahl, der ein homogenes Querfeld (Kondensator) durchläuft, beschreibt eine Parabelbahn, die nur von der Ablenkspannung und der Beschleunigungsspannung sowie dem Plattenabstand abhängt, nicht aber von der spezifischen Ladung des Elektrons.

$$y(x) = \frac{1}{4} \cdot \frac{U_A}{U_B} \cdot \frac{1}{d} \cdot x^2$$

Selbst-Check:

- *Versuchsaufbau und Versuchsparameter*
- *Bahnkurve*
- *Flugrichtung*

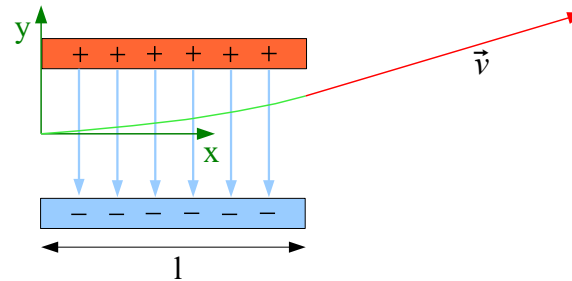
Im Buch bietet sich S. 88/6 an, ebenso die Musteraufgabe S.71. Auf Leifiphysik wird man fündig (auch Test und Abituraufgaben) unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Bewegte Ladungen in Feldern – Geladene Teilchen im elektrischen Querfeld Aufgaben.**

Zur Bestimmung der Flugrichtung beim Verlassen des Kondensators berechnen wir jeweils einzeln die x- und y-Komponente des Geschwindigkeitsvektors und zeichnen dann ein Vektorparallelogramm (auch hier greift also das Prinzip der Unabhängigkeit der Bewegungen).

Bestimme den Winkel, um den der Strahl am Ende des Kondensators von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt ist. Anleitung hierzu:

1. Zerlege den Geschwindigkeitsvektor in x- und y-Komponente!
2. Gib die Gleichungen für $v_x(t)$ und $v_y(t)$ an!
3. Bestimme einen Term für die Flugdauer t im Kondensator und eliminiere damit t !
4. Ermittle einen Term zur Berechnung des Ablenkungswinkels α (Trigonometrie)!
5. Berechne den Ablenkungswinkel für die Daten aus dem Versuch der letzten Stunde!

Bestimmung der Flugrichtung am Ende des Kondensators:



Eine wichtige technische Anwendung des dargestellten Prinzips, Elektronenstrahlen mit Hilfe von elektrischen Querfeldern abzulenken, stellt das Oszilloskop dar, mit dem wir elektrische Spannungen in ihrem zeitlichen Verlauf darstellen können.

Arbeite die Erklärung im Buch S.72 durch, bezeichne die wichtigsten Bauteile in der Skizze und erkläre die prinzipielle Arbeitsweise des Gerätes. → Lösung
Eine Animation zum Aufbau gibt's auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Bewegte Ladungen in Feldern – Ausblick – Braunsche Röhre.**

Anwendung: Oszilloskop

Abb. aus leifiphysik.de

