

AB3 – Beschleunigte Elektronen in technischer Anwendung – Braunsche Röhre

Allgemeines

Die Braunsche Röhre wurde von dem Physiker Ferdinand Braun im Jahr 1897 erfunden und wird auch Kathodenstrahlröhre genannt. Sie ist ein wesentlicher Bestandteil von alten Röhren-Fernsehern und Oszilloskopen.

Aufbau

Die Braunsche Röhre ist ein evakuiertes Glasrohr, in dem ein Elektronenstrahl im Vakuum erzeugt werden kann. Sie lässt sich in das Strahlerzeugungssystem, das Ablenksystem und den Leuchtschirm unterteilen.

Das Strahlerzeugungssystem (siehe Abbildung 1) besteht aus einer Glühkathode (1), einem Wehnelt-Zylinder (2) und einer Anode (3), die für die Erzeugung des Elektronenstrahls verantwortlich sind.

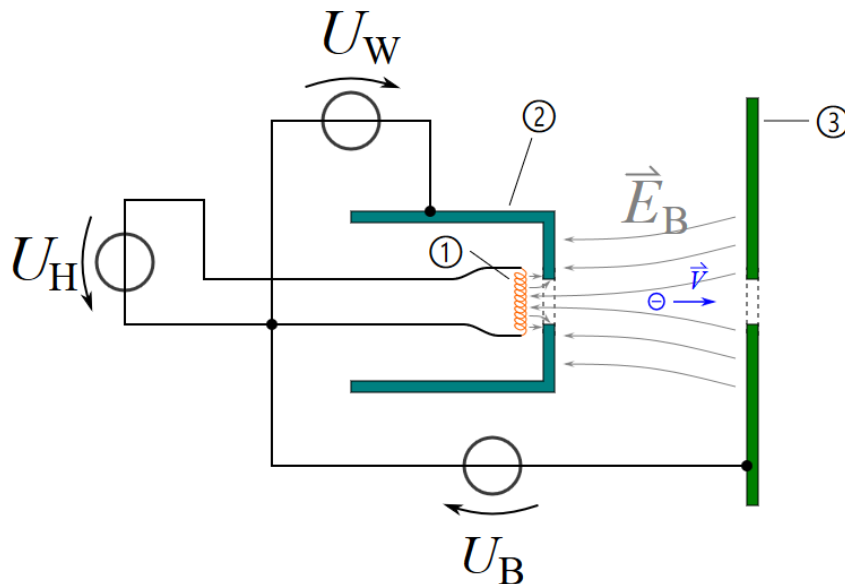


Abbildung 1: Strahlerzeugungssystem mit Wehnelt-Zylinder. Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Elektronenkanone_mit_Wehneltzylinder.svg; Stand 24.09.2018

Das Ablenksystem setzt sich aus Metallplatten zusammen, die den Elektronenstrahl ablenken (siehe dazu Abbildung 2).

Funktionsweise

Im Strahlerzeugungssystem wird an die negativ geladene Kathode eine Heizspannung U_H angelegt. Dadurch wird der Glühdraht der Kathode erhitzt und Elektronen werden aus ihm herausgelöst.

Die freigesetzten Elektronen werden dann von der positiv geladenen Anode angezogen. Die Elektronen werden also von der zwischen der Kathode und der Anode angelegten Beschleunigungsspannung U_B beschleunigt. Der sich zwischen Kathode und Anode befindende Wehnelt-Zylinder dient der besseren Bündelung der Elektronen. Da die Anode ein Loch besitzt, können die Elektronen dieses passieren und zu den Ablenkplatten gelangen.

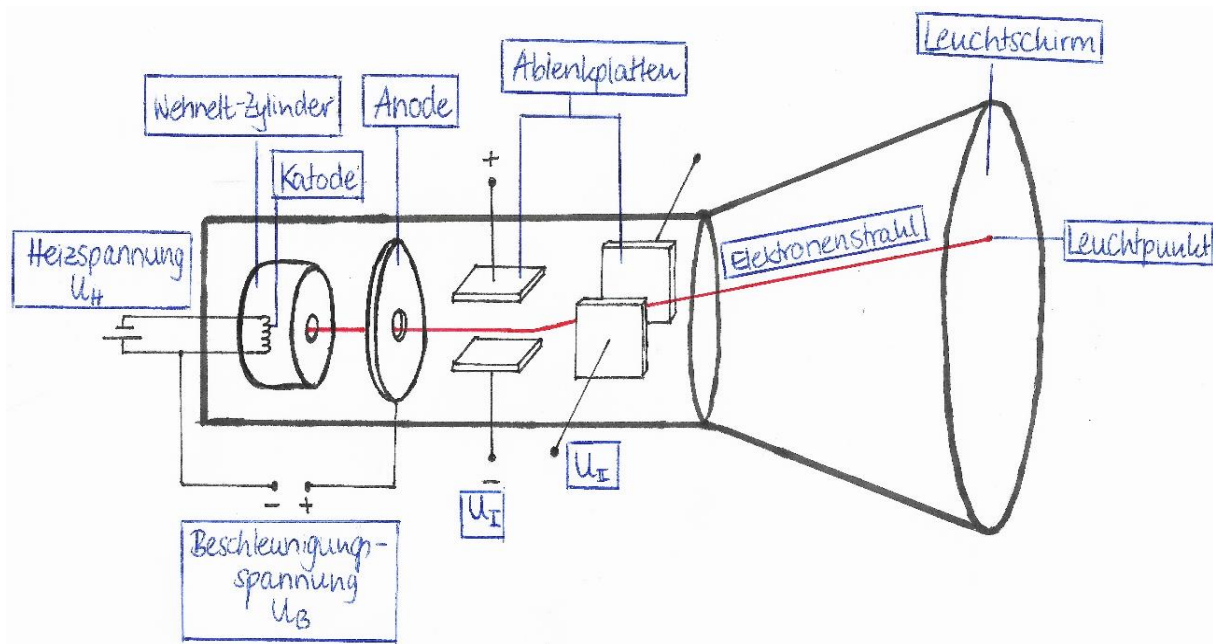


Abbildung 2: Aufbau einer Braunschen Röhre.

Diese horizontal (U_1) und vertikal (U_2) ausgerichteten Kondensatorplatten lenken den Elektronenstrahl aufgrund ihrer elektrischen Felder nach oben oder unten und rechts oder links auf den Leuchtschirm. Dieser besteht aus fluoreszierendem Material, welches beim Auftreffen der Elektronen einen Leuchtpunkt entstehen lässt.¹

Beispielaufgaben

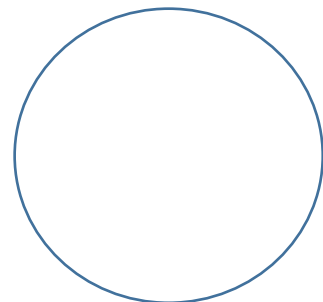
1. Welche Auswirkungen sind am Leuchtschirm zu erkennen, wenn man:

- die Heizspannung U_H umpolt?
- die Beschleunigungsspannung U_B umpolt?
- die Spannungen U_I des Kondensators umpolt? (siehe Bild zum Aufbau)

Dabei werden jeweils die anderen Spannungen gleichgelassen. **Begründen** Sie Ihre Entscheidung!

2. Erläutern Sie, was man beobachtet, sobald man die Beschleunigungsspannung U_B erhöht.

3. Wo landen die Elektronen auf dem Schirm, wenn die ersten Ablenkplatten wie angezeigt geladen sind (U_1) und bei den zweiten die vordere Platte positiv und die hintere negativ geladen ist (U_2)? **Zeichnen** Sie den Punkt **ein** und **begründen** Sie Ihre Antwort!



¹ Urtext-Quelle: http://schueler.wiki/Braunsche_R%C3%B6hre; Stand 24.09.2018

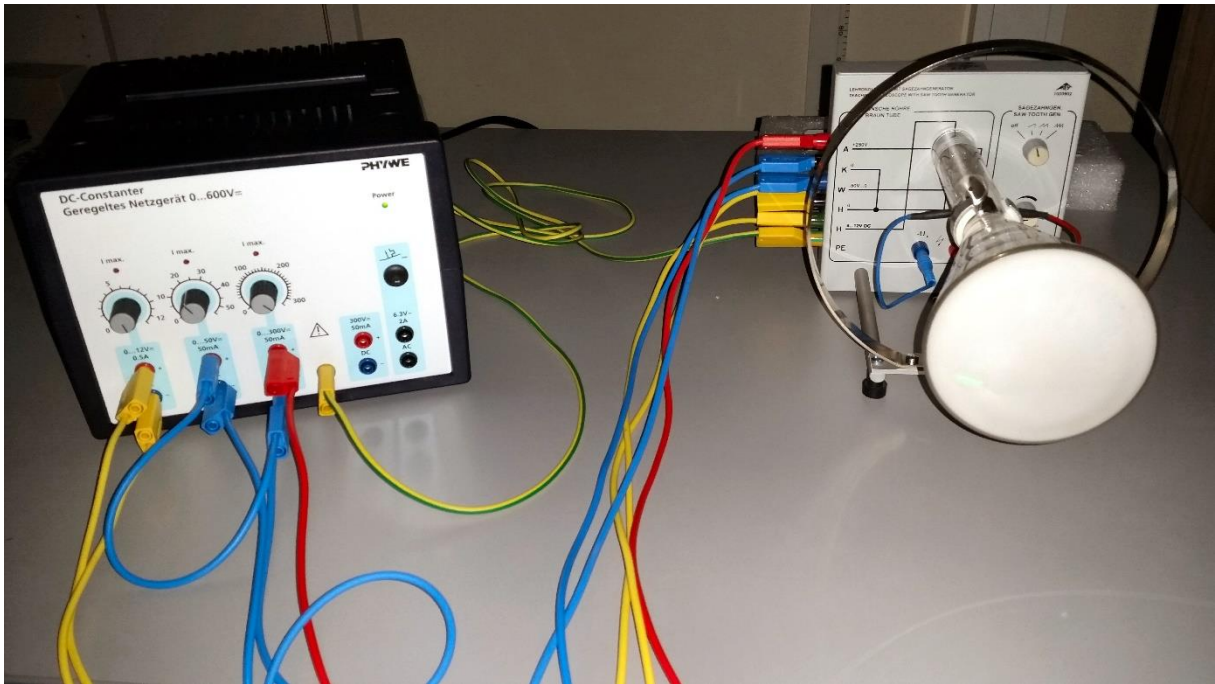


Abbildung 3: Versuchsaufbau mit Spannungsquelle(n) und einfacher Kathodenstrahlröhre.

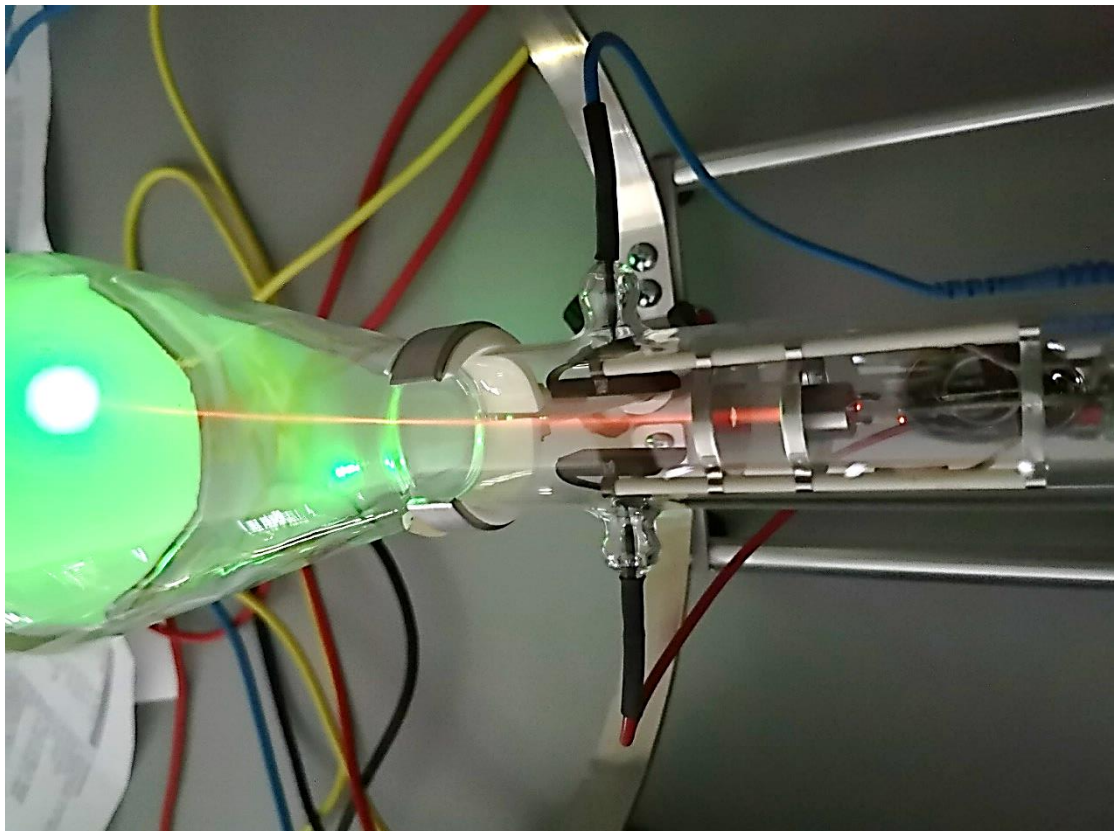


Abbildung 4: Kathodenstrahlröhre im Betrieb mit 10 V Heizspannung, 40 V Wehnelt-Spannung und 300 V Beschleunigungsspannung.

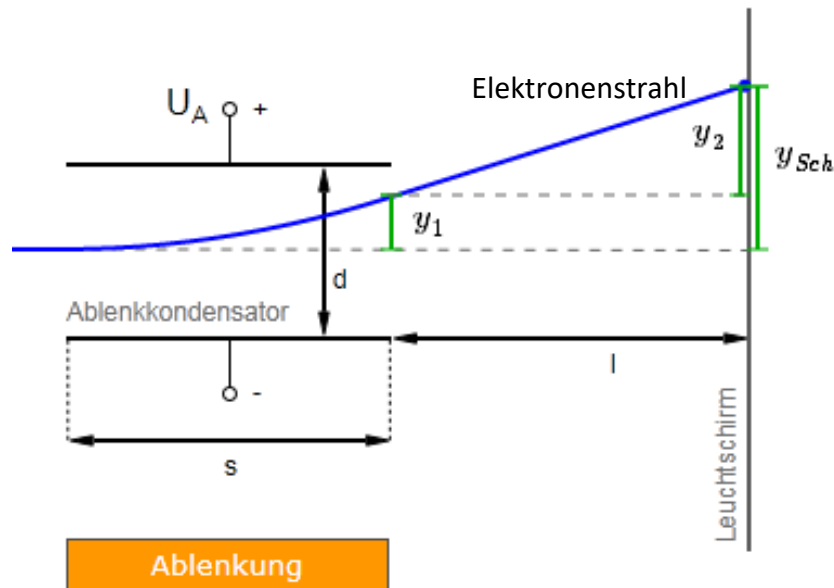


Abbildung 5: Ablenkung der Elektronen im horizontalen Plattenkondensator. Quelle: <http://www.abi-physik.de/images/devpages/braun-bg-3.png>; Stand 24.09.2018

Zusatz-Aufgabe:

In Abbildung 5 ist der hintere Bereich des Ablenkungssystems zu sehen.

- 1) **Nennen** und **Beschreiben** Sie, welche relevanten Größen dort abgebildet sind. Welche weiteren relevanten Größen der *Beschleunigungsphase* werden im Bild nicht dargestellt?
- 2) **Erläutern** Sie, was im hinteren Bereich der Röhre mit einem Elektron auf seinem Weg zum Leuchtschirm geschieht und wie man die Ablenkungsstrecke y_1 mit dem Wissen über die Mechanik der E-Phase bestimmen kann. **Geben** Sie dazu eine Analogie und eine Formel **an**. (Tipp: Superposition von Geschwindigkeiten)
- 3) **Leiten** Sie aus der Formel aus 2) eine Formel **her**, die von der Spannung U_A abhängig ist. (Tipp: Kraft F_{el} im homogenen E-Feld, Feldstärke E im Plattenkondensator, Ladung und Masse des Elektrons, Grundgleichung der Mechanik)

Endergebnis:
$$y_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_A \cdot e}{d \cdot m_e} \cdot \left(\frac{s}{v_0} \right)^2$$

- 4) **Erläutern** Sie, wie man die Ablenkungsstrecke y_2 ermitteln kann. **Geben** Sie auch hier eine Formel **an**.

Endergebnis:
$$y_2 = v_y \cdot t_2 = \frac{U_A \cdot e}{d \cdot m_e} \cdot \frac{s}{v_0} \cdot \frac{l}{v_0}$$

- 5) **Geben** sie eine Formel für die Gesamtablenkung in y-Richtung **an**. (Tipp: Summe der Ablenkungen bilden)

Endergebnis:
$$y_{Sch} = \frac{U_A \cdot e}{d \cdot m_e} \cdot \frac{s}{(v_0)^2} \cdot \left(\frac{s}{2} + l \right)$$

- 6) **Leiten** sie die Ablenkung in Abhängigkeit von U_B **her**. (Tipp: v_0 aus Energieerhaltung herleiten und einsetzen)

Endergebnis:
$$y_{Sch} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_A}{d} \cdot \frac{s}{U_B} \cdot \left(\frac{s}{2} + l \right)$$