

V501/2 - Ablenkung eines Elektronenstrahls im elektrischen Feld und im transversalen Magnetfeld

Jan Herdieckerhoff
jan.herdieckerhoff@tu-dortmund.de

Karina Overhoff
karina.overhoff@tu-dortmund.de

Durchführung: 16.04.2019, Abgabe: 23.04.2019

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel	4
2	Theorie	4
2.1	Theoretische Grundlage im elektrischen Feld	4
2.1.1	Aufbau einer Kathodenstrahlröhre	4
2.1.2	Berechnung der Ablenkung eines Elektronenstrahls im elektrischen Feld	5
2.1.3	Der Kathodenstrahl-Oszillograph	6
2.2	Theoretische Grundlage im magnetischen Feld	6
2.2.1	Berechnung der Elektronenbahn im homogenen Magnetfeld	6
2.2.2	Bestimmung der spezifischen Elektronenladung	7
2.2.3	Das Helmholtz-Spulenpaar	7
2.2.4	Erdmagnetfeld	7
3	Fehlerrechnung	7
4	Durchführung	8
4.1	Messung im elektrischen Feld	8
4.1.1	Proportionalität zwischen Leuchtfleckverschiebung und Ablenk- spannung	8
4.1.2	Kathodenstrahl-Oszillograph	8
4.2	Messung im Magnetfeld	9
4.2.1	Messung der spezifischen Elektronenladung	9
4.2.2	Messung der Intensität des lokalen Erdmagnetfeldes	9
5	Auswertung	9
5.1	Elektrisches Feld	10
5.1.1	Proportionalität zwischen Leuchtfleckverschiebung und Ablenk- spannung	10
5.1.2	Bestimmung der Frequenz der Sinusspannung	14
5.2	Magnetfeld	15
5.2.1	Bestimmung der spezifischen Elektronenladung	15
5.2.2	Bestimmung der Intensität des lokal Erdmagnetfeldes	17
6	Diskussion	18
6.1	Elektrisches Feld	18
6.1.1	Proportionalität zwischen Leuchtfleckverschiebung und Ablenk- spannung	18
6.1.2	Bestimmung der Frequenz der Sinusspannung	18
6.2	Magnetfeld	18
6.2.1	Bestimmung der spezifischen Elektronenladung	18
6.2.2	Bestimmung der Intensität des lokal Erdmagnetfeldes	18
6.3	Fazit	19

1 Ziel

Das Ziel dieses Versuches ist es, mithilfe der Ablenkung eines Elektronenstrahls im elektrischen sowie im transversalen Magnetfeld bestimmte Eigenschaften zu untersuchen. Dazu zählen die spezifische Elektronenladung, die Intensität des Erdmagnetfeldes und die Proportionalität zwischen der Verschiebung des Leuchtflecks des Elektronenstrahls und der angelegten Ablenkspannung. Außerdem soll ein Kathodenstrahl- Oszillograph untersucht werden.

2 Theorie

Für beide Versuchsteile wird eine Röhre verwendet, in der ein Vakuum erzeugt wurde. Dafür wird die so genannte Kathodenstrahlröhre bis auf einen Restdruck von ca. $1 \cdot 10^{-6}$ mbar evakuiert.

2.1 Theoretische Grundlage im elektrischen Feld

2.1.1 Aufbau einer Kathodenstrahlröhre

Die Kathodenstrahlröhre besteht aus drei Teilen (siehe Abb. 1). Ein Teil ist die Elektronenkanone. Diese erzeugt freie Elektronen und beschleunigt sie. Die Elektronen werden dort zu einem Strahl fokussiert. Außerdem gibt es ein aus Platten bestehendes Ablensystem sowie eine Vorrichtung, um die Elektronen nachzuweisen.

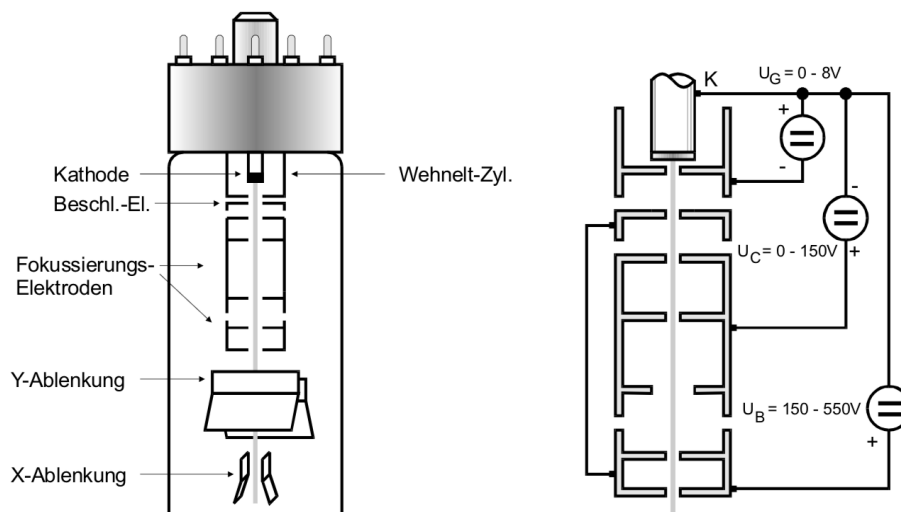


Abbildung 1: Der Aufbau einer Kathodenstrahlröhre. [1]

Die Elektronen werden hierfür durch Erhitzen der Kathode, welche durch einen Draht erhitzt wird, erzeugt. Die Kathode befindet sich in einem sogenannten Wehnelt-Zylinder. Vor dem Zylinder befindet sich eine positiv geladene Elektrode, die dafür sorgt, dass sich

die freien Elektronen, die die Barriere des Zylinders überwinden, auf eine Geschwindigkeit v_z beschleunigen. Mit dem Energiesatz ergibt sich dann

$$\frac{m_0 v_z^2}{2} = e_0 U_B. \quad (1)$$

Hinter der Elektrode befinden sich weitere Elektroden, die dafür da sind, den Strahl zu fokussieren. Der gebündelte Strahl fällt am Ende der Apparatur auf einen Leuchtschirm, auf dem die auftreffenden Elektronen die Aktivatorzentren zur Emission von Lichtquanten anregen. Der Leuchtschirm ist mit der Beschleunigungselektrode verbunden, sodass er sich nicht negativ laden kann. Das Ablensystem besteht aus zwei Plattenpaaren, deren Normalen senkrecht aufeinander stehen. Legt man eine Spannung an diese Platten an, übt das davon erzeugte E -Feld eine Kraft auf den Elektronenstrahl aus.

2.1.2 Berechnung der Ablenkung eines Elektronenstrahls im elektrischen Feld

Die folgenden Gleichungen können in Abb. 2 grafisch nachvollzogen werden.

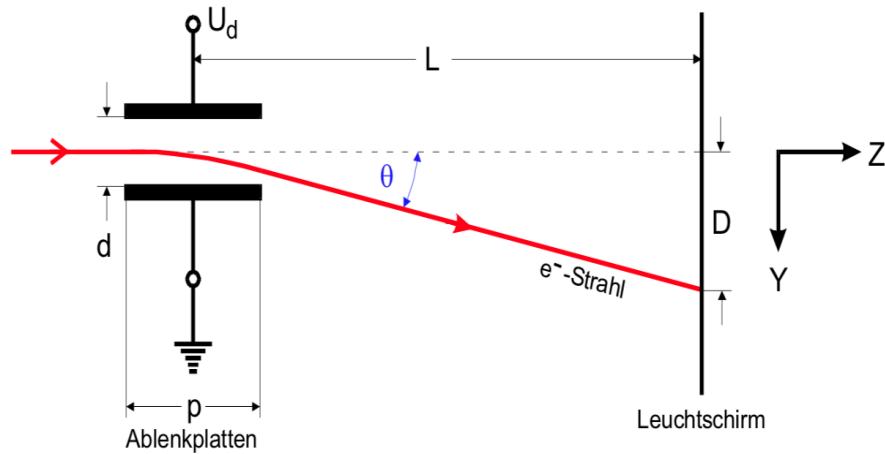


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Ablenkung des Elektronenstrahls in der Kathodenstrahlröhre. [1]

Das elektrische Feld kann als homogen angenommen werden, wenn der Abstand d der Platten kleiner als die Länge p der Platten ist. Die Feldstärke ist dann

$$E = \frac{U_d}{d}.$$

Auf ein Elektron wirkt die entsprechende Coulombkraft, die außerhalb der Platten null wird. Diese Kraft ist konstant, wodurch sich eine Beschleunigung in y -Richtung ergibt. Die erreichte Geschwindigkeit ist

$$v_y = \frac{e_0}{m_0} \frac{U_d}{d} \Delta t.$$