

1.5 Freie Ladungen im Magnetfeld - Lorentzkraft

Im Kapitel 1.3 haben wir die Kräfte auf Ströme im Magnetfeld untersucht. Auch ein Strahl von frei fliegenden Elektronen stellt einen Strom dar, es liegt deshalb nahe, das auch hier Kräfte zu beobachten sind. Der Aufbau hierzu ist aber erheblich aufwändiger. Zunächst werden Elektronen aus einer glühenden Heizwendel in eine gasgefüllte Kugel hinein freigesetzt (Edison-Effekt). Eine positiv geladene Platte zieht sie an und beschleunigt sie. Ein Helmholtz-Spulenpaar außerhalb der Kugel sorgt für ein Magnetfeld im Experimentierraum. **Zeichne den Strahlverlauf, den Du beobachtet hast. Warum zeigt diese Flugbahn die Existenz einer Kraft an? Zeichne diese Kraft an mehreren Punkten der Bahn ein. Welchen Einfluss hat die Veränderung des Magnetfeldes auf die Flugbahn?**

Aufbau:

(Fadenstrahlrohr)

elektrisches Feld
(beschleunigt
Elektronen)

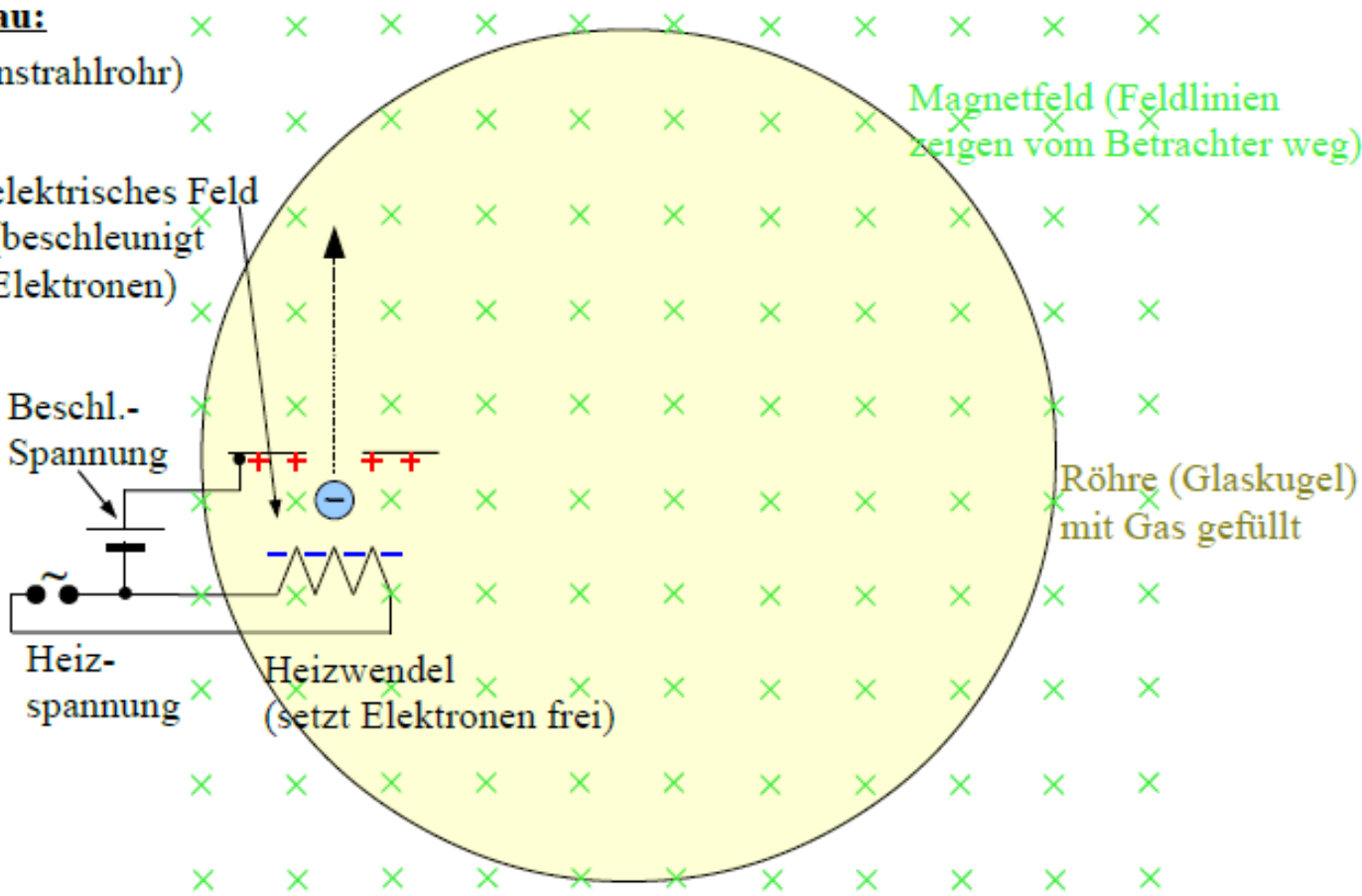
Beschl.-
Spannung

Heiz-
spannung

Heizwendel
(setzt Elektronen frei)

Magnetfeld (Feldlinien
zeigen vom Betrachter weg)

Röhre (Glaskugel)
mit Gas gefüllt

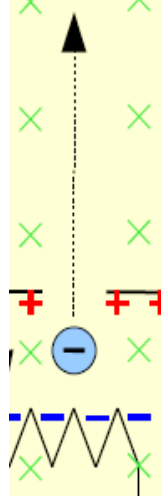


Die hier gefundene Kraft ist identisch mit der Kraft auf den stromführenden Leiter in Kap. 1.3. Dummerweise bewegen sich die Elektronen aber von - nach +, also genau entgegengesetzt zur technischen Stromrichtung, die wir in der UVW-Regel bisher verwendet haben. Für die Anpassung auf die Betrachtung der freien Elektronen gibt es zwei Möglichkeiten. **Probiere das gleich mal aus für den gezeichneten Ausschnitt aus unserem Experiment.**

UVW-Regel für freie Ladungen

Bei der Anwendung der UVW-Regel auf freie Elektronen im Magnetfeld musst Du

- entweder den Daumen der rechten Hand entgegengesetzt zur Richtung der Elektronenbewegung halten
- oder den Daumen der linken Hand in Richtung der Elektronenbewegung halten

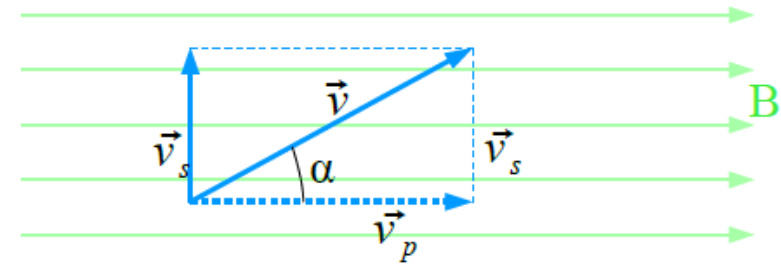


Lorentzkraft

Bewegt sich eine Ladung mit einer Geschwindigkeit v senkrecht zu den Feldlinien eines magnetischen Feldes, so erfährt sie eine Kraft. Die Richtung dieser Kraft lässt sich mit der UVW-Regel bestimmen. Sie steht senkrecht zur Feldrichtung und zur Bewegungsrichtung.

Schräger Einschuss

Knifflig wird es, wenn man die Elektronen schräg zum Magnetfeld einschießt. Für die Analyse muss man dann den Geschwindigkeitspfeil in zwei Komponenten zerlegen (das funktioniert genauso wie eine Kräftezerlegung). **Welche Bahnkurve ergab sich im Experiment bei schrägem Einschuss?**



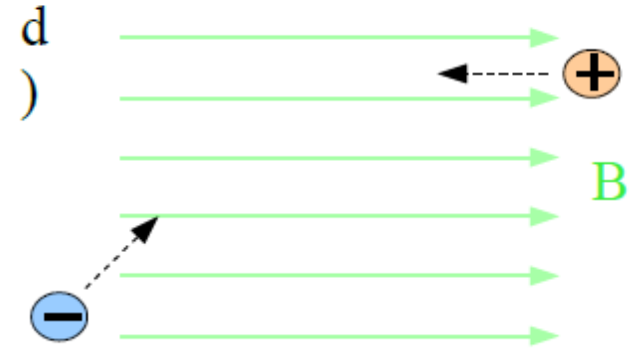
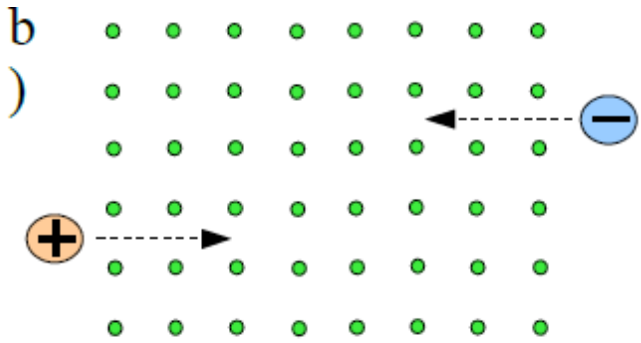
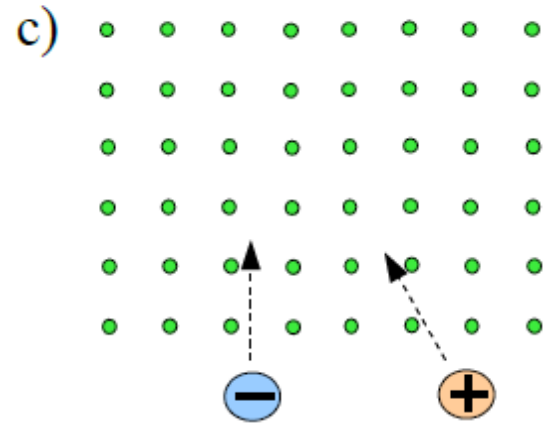
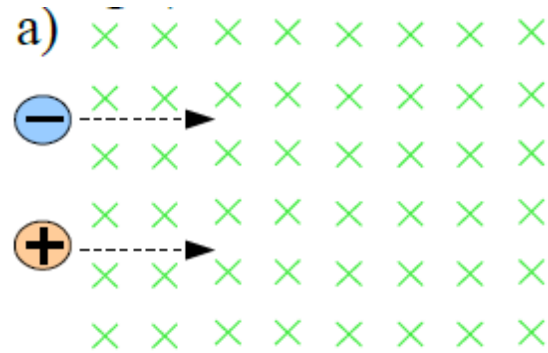
Entscheidend für die Lorentzkraft ist die Komponente der Geschwindigkeit, die senkrecht zur Feldrichtung steht.

Bei schrägem Einschuss sorgt die
 senkrechte Geschwindigkeitskomponente für eine ,
 die parallele Geschwindigkeitskomponente für eine
 Zusammen ergibt sich eine

Auf dieser Folie gibt's vier (eigentlich acht) Aufgaben zur Anwendung der UVW-Regel auf freie Ladungen im Magnetfeld. Die Ladungen sollen sich untereinander nicht beeinflussen (durch elektrostatische Anziehung), stelle Dir vor, sie fliegen zu verschiedenen Zeiten durch das Magnetfeld.

Zeichne sinnvolle Bahnkurven (den Bahnradius können wir nicht berechnen) für die Teilchen.
(Beachte: Für positive Ladungen braucht man die UVW-Regel nicht "umdrehen", da sie sich ja von + nach - bewegen, genauso wie die technische Stromrichtung zeigt.)

Training (UVW-Regel):

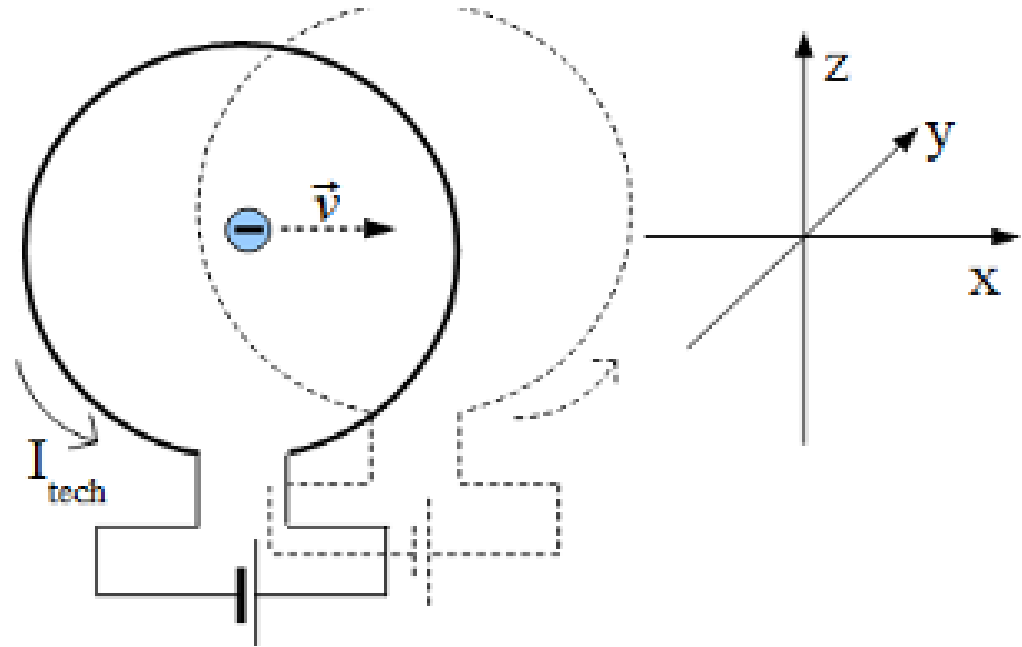


Training: Fadenstrahlrohr

Diese Aufgabe (inspiriert von Leifiphysik) bezieht sich auf das Experiment mit dem Fadenstrahlrohr. Die Röhre selbst ist hier gar nicht gezeichnet, sondern nur das Helmholtzspulenpaar, das sie umgibt (zur Orientierung dient das räumliche Koordinatensystem daneben).

Die Strahlerzeugung wird so ausgerichtet, dass die Elektronen in x - Richtung in den Experimentierraum geschossen werden. Zeichne die Kraft auf das Elektron ein und gib die Form der Bahnkurve an.

Tipp: Mit der Faustregel kannst Du zuerst die Richtung des Magnetfeldes bestimmen, das die Spulen erzeugen.



Selbst-Check:

- Experiment Fadenstrahlrohr
- freie Ladungen im Magnetfeld
- UVW-Regel modifiziert
- Lorentzkraft

Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik findest Du unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Bewegte Ladungen in Felder - Geladene Teilchen im magnetischen Quersfeld Aufgaben** ein Quiz und ein Training zum Üben. Bei den **Versuchen** zu diesem Kapitel findest Du unter **Fadenstrahlrohr** eine Simulation zum Experiment.