

### 3.4 Ablenkung im Magnetfeld - Lorentzkraft

Im Kapitel 3.2 haben wir die Kräfte auf Ströme im Magnetfeld untersucht, auch frei fliegende Elektronen stellen einen Strom dar. Der Strahl wird so wie bei den Elektronenröhren in Kap. 2 erzeugt, 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?**

Die Messdaten aus dem Experiment verarbeiten wir später.

Messung:

Beschl.spannung  $U =$

Flussdichte  $B =$

Bahndurchmesser  $d =$

Aufbau:

(Fadenstrahlrohr)

elektrisches Feld  
(beschleunigt  
Elektronen)

Beschl.-  
Spannung

Heiz-  
spannung

Heizwendel  
(setzt Elektronen frei)

Magnetfeld (Feldlinien  
zeigen vom Betrachter weg)

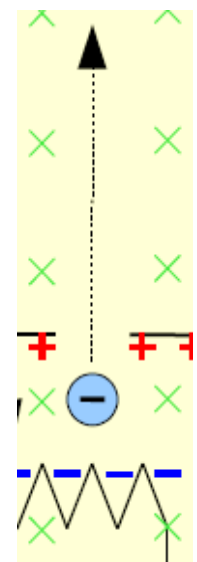
Röhre (Glaskugel)  
mit Gas gefüllt

*Die hier gefundene Kraft ist identisch mit der Kraft auf den stromführenden Leiter in Kap. 3.2, allerdings bewegen sich die Elektronen von - nach +, also genau entgegengesetzt zur technischen Stromrichtung. **Probiere die neue Regel für den gezeichneten Ausschnitt aus unserem Experiment aus.***

## UVW-Regel für freie Ladungen

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

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



## Lorentzkraft

*Für die Kraft auf einen Leiter haben wir in 3.2 die Formel  $F = B \cdot I \cdot l$  gefunden. Leite daraus eine Formel für ein einzelnes Elektron ab (Tipp: modelliere den Strom  $I$  als Bewegung von  $N$  Elektronen auf der Leiterlänge  $l$ ).*

Bewegt sich eine Ladung mit einer Geschwindigkeit  $v$  senkrecht zu den Feldlinien eines magnetischen Feldes  $B$ , so erfährt sie die Kraft

Sie steht senkrecht zur Feldrichtung und zur Bewegungsrichtung und lässt sich mit der UVW-Regel bestimmen.

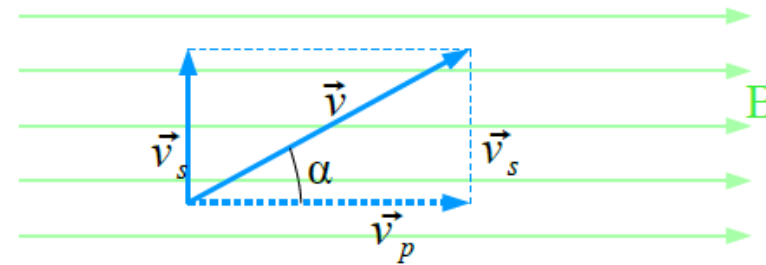
Knifflig wird es, wenn man die Elektronen schräg zum Magnetfeld einschießt. Für die Analyse muss man dann den Geschwindigkeitspfeil in zwei Komponenten zerlegen (das funktioniert genauso wie eine Kräftezerlegung).

**Welche Bahnkurve ergab sich im Experiment bei schrägem Einschuss?**

Hier gibt's vier (acht) Aufgaben zur Anwendung der UVW-Regel auf freie Ladungen im Magnetfeld. Die Ladungen sollen sich untereinander nicht beeinflussen, 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.)

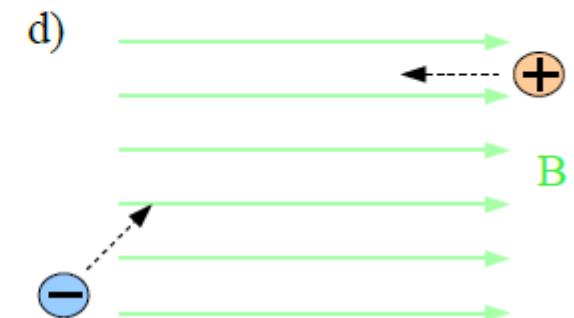
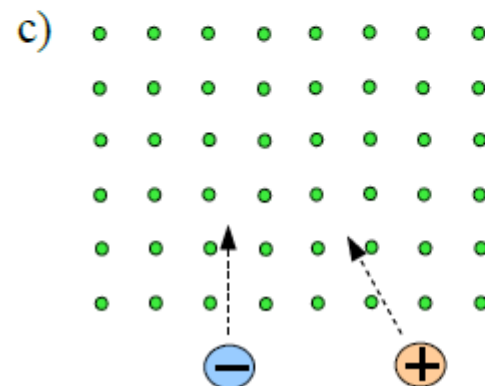
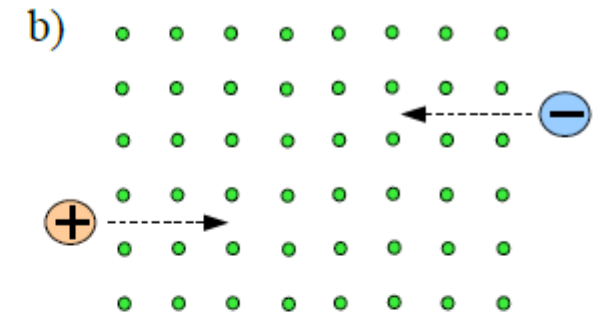
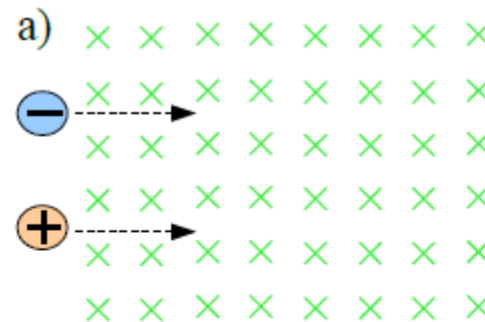
## Schräger Einschuss



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 .....

## Training (UVW-Regel):



## Experiment: Bestimmung der Masse eines Elektrons

*Jetzt werten wir noch unser Experiment vom Anfang quantitativ aus. Mit den Messwerten auf der ersten Folie gelingt es uns, die Masse eines Elektrons experimentell zu bestimmen. Die Lorentzkraft ist gerade die für die Kreisbahn erforderliche Zentripetalkraft. Leite aus dieser Kräftegleichheit zunächst eine Formel für die spezifische Ladung  $e/m$  des Elektrons her. Nachdem wir die Herleitung besprochen haben (die ist nämlich knifflig), kannst Du damit die Masse des Elektrons aus den Versuchsdaten berechnen.*  
(Literaturwert:  
 $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$ )

### **Selbst-Check:**

- Fadenstrahlrohr
- freie Ladungen im Magnetfeld
- UVW-Regel modifiziert
- Lorentzkraft
- Masse des Elektrons bestimmen

### Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik findest Du unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Bewegte Ladungen in Feldern - Fadenstrahlrohr Aufgaben** ein **Quiz** sowie eine **Versuchsauswertung**, mit der Du unser Vorgehen nochmal üben kannst. Unter **- Geladene Teilchen im magnetischen Quersfeld Aufgaben** gibt's noch ein Quiz zum Trainieren der UVW-Regel. Bei den **Versuchen** zu diesem Kapitel findest Du unter **Fadenstrahlrohr** eine Simulation zum Experiment.