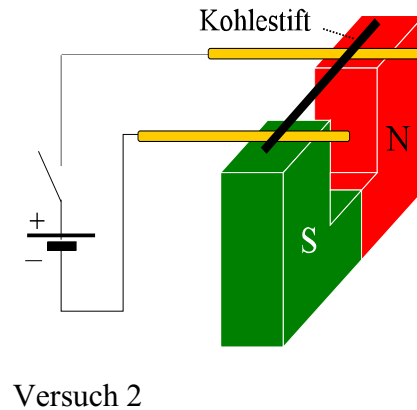
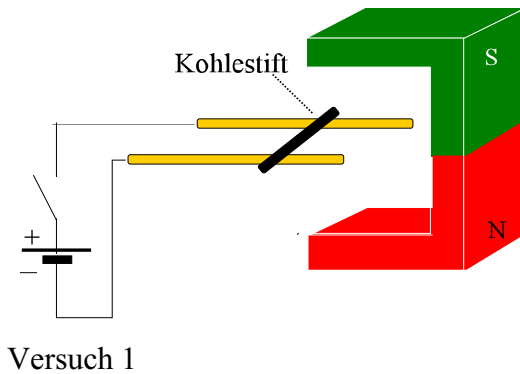


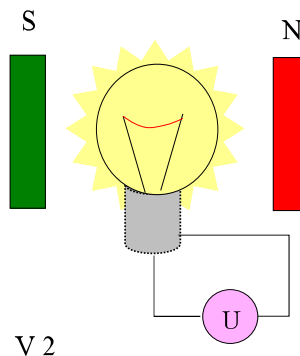
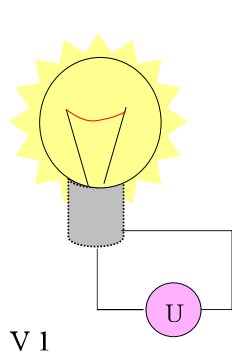
## Übungen: Kraftwirkung in magnetischen Feldern

Aufgabe 1: Zwei metallische Leiter werden durch einen runden, beweglichen Kohlestift verbunden. Welche Beobachtung macht ein(e) Schüler(in), wenn der Stromkreis geschlossen wird?

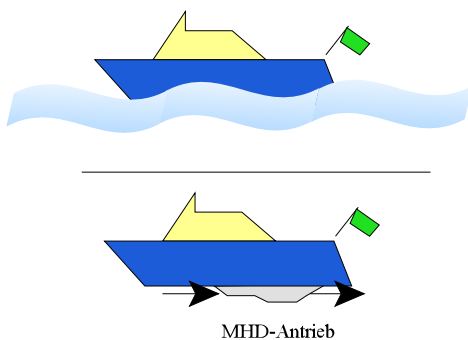


Aufgabe 2: Eine (Klarsicht)-Glühlampe von z.B. 60 W wird an einer Wechselspannung von  $U = 200\text{ V}$ , 50 Hz betrieben.

Welche Beobachtung macht ein(e) Schüler(in), wenn die Lampe im Versuch 2 zwischen die Pole eines Magneten gehalten wird?

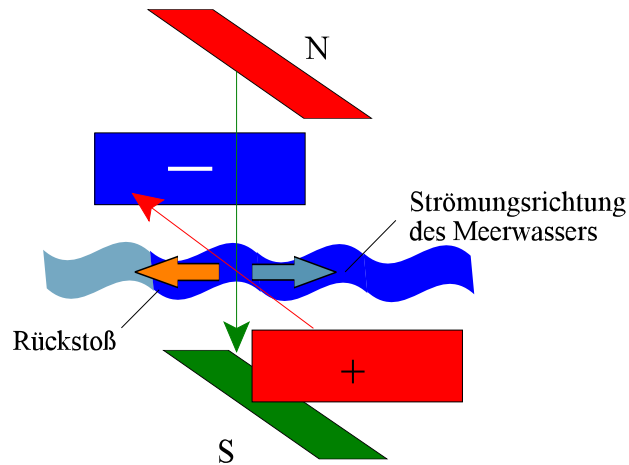


Aufgabe 3: Jemand legt Ihnen ein Konzept für den Antrieb eines Bootes unter Verzicht eines Benzin- bzw. Dieselmotors vor. Er bezeichnet ihn als magnetohydrodynamischen Antrieb. Die Funktionsweise wird dabei wie folgt beschrieben.

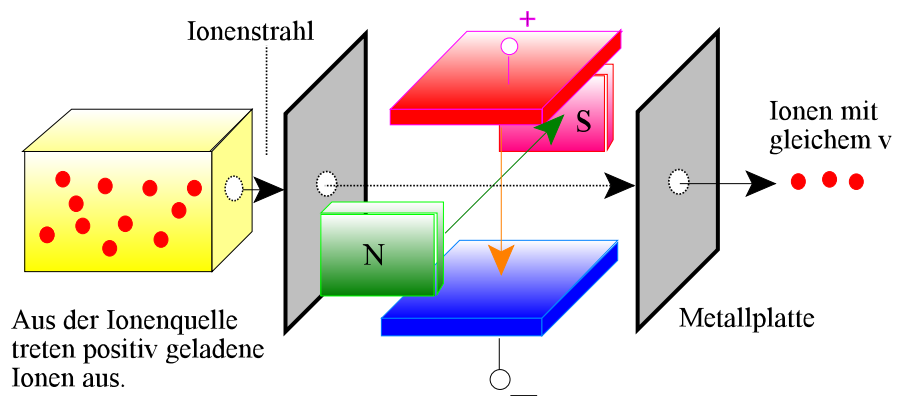


Zwischen zwei Elektroden (+ und -) strömt Meerwasser. Lässt man dann einen elektrischen Strom durch das Meerwasser fließen bei gleichzeitig vorhandenem magnetischen Feld, so wird das Meerwasser mit einer Kraft  $F$  aus dem Antriebsraum "gestoßen". Nach dem III. Newtonschen Axiom sollte dann das Boot aufgrund der Gegenkraft (Rückstoß) sich fortbewegen können.

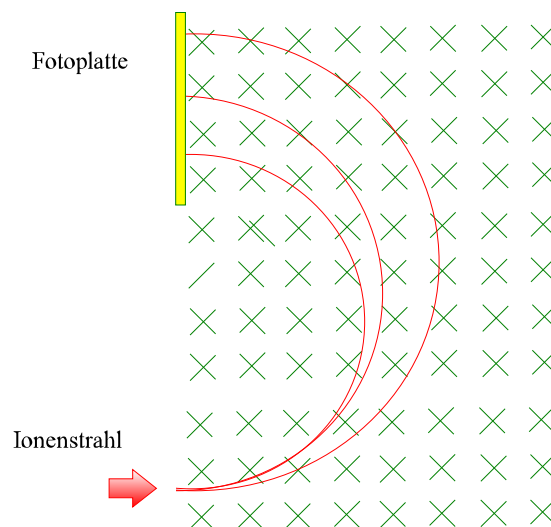
Kann dieser Antrieb funktionieren?



Aufgabe 4: Aus einer Ionenquelle treten Ionen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten aus. Erläutern Sie die Behauptung: "Durch ein gekreuztes E-M-Feld können Ionen mit gleicher Geschwindigkeit aus dem Ionenstrahl herausgefiltert werden!"



Aufgabe 5: Erklären Sie, warum Ionen in den Massenspektrographen mit gleicher Geschwindigkeit eintreten müssen!

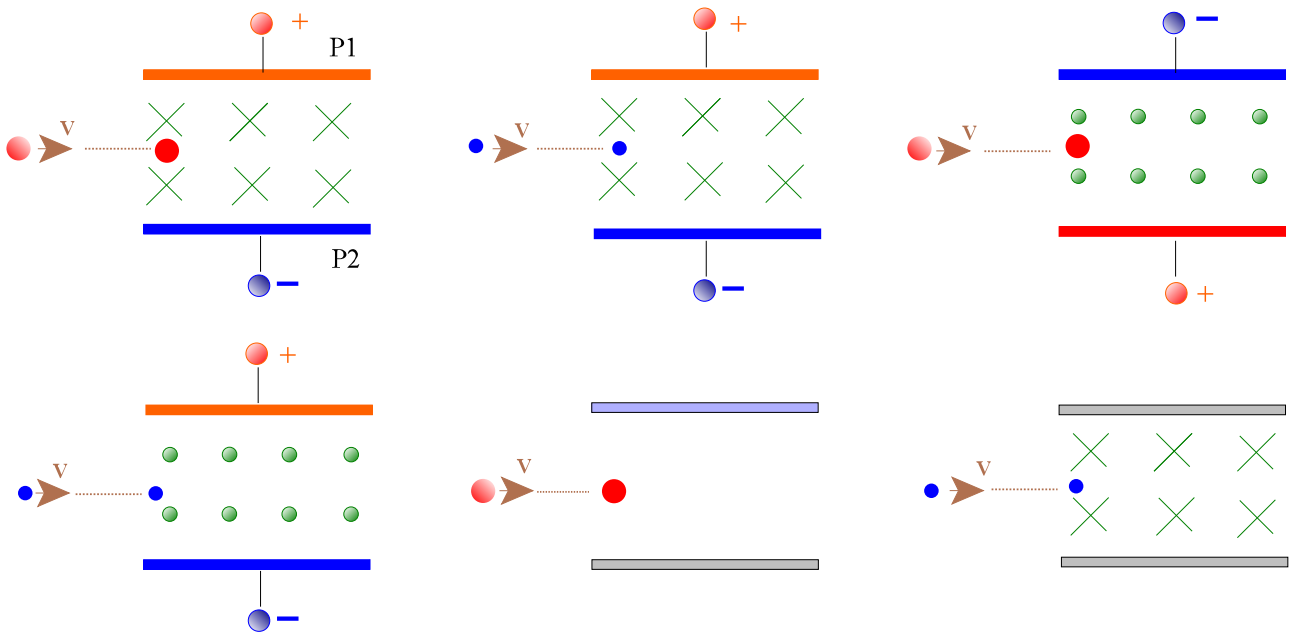


## Lösungen zu den vorangegangenen Aufgabe 1 - 5

- Aufgabe 1: Kohlestift**  
Der Kohlestift darf wie ein metallischer Leiter betrachtet werden.  
Im Versuch 1 beträgt der Winkel zwischen der Strom  $I$  und Magnetfeld  $B$   $90^\circ$ , d.h. es wirkt eine Lorentz Kraft - der Stift bewegt sich aus dem Magneten heraus  
Im Versuch 2 ist der Winkel zwischen  $I$  und  $B$   $0^\circ$ , d.h. es wirkt keine Lorentz Kraft und damit ist keine Bewegung möglich.
- Aufgabe 2: Glühfaden**  
Durch den Glühfaden fließt ein Wechselstrom.  
Ist die Lampe so aufgestellt, dass zwischen  $I$  und  $B$  ein Winkel ungleich Null besteht, dann tritt eine Lorentz Kraft auf, die je nach Halbwelle mal nach oben bzw. unten wirkt.  
Der Faden schwingt (und kann u.U. reißen)
- Aufgabe 3: Boot**  
Meerwasser leitet den elektrischen Strom, d.h. zwischen dem Plus- und Minuspol fließt ein elektrischer Strom (Ionen, die im Meerwasser gelöst sind).  
Senkrecht zu  $I$  (Strom) ist das magnetische Feld ( $B$ ) angeordnet, so dass eine Lorentz Kraft auftritt.  
Wegen des III. Newtonschen Axioms (Wechselwirkungsgesetz) tritt eine Rückstoßkraft auf, die das Boot vorantreibt.
- Aufgabe 4: Ionenquelle**  
Ionen treten mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten aus der Quelle aus. Im elektrischen Feld erfahren sie eine Kraftwirkung, die unabhängig von deren Geschwindigkeit ist.  
Im magnetischen Feld wirkt auf die Teilchen eine weitere Kraft, die Lorentz Kraft, die von der Geschwindigkeit der Teilchen abhängig ist.  
Beide Kräfte sind daher nur für eine bestimmte Geschwindigkeit eines Ions gleich. Nur in diesem Fall, bewegen sich die Teilchen waagrecht (Schwerkraft ist vernachlässigbar klein). Hinter dem Loch der Metallplatte befinden sich dann nur Ionen mit gleicher Geschwindigkeit.
- Aufgabe 5:** Treten nun geladenen Teilchen mit gleicher Geschwindigkeit in ein Magnetfeld, so werden sie durch die Lorentz-Kraft abgelenkt aus ihrer zunächst waagrecht verlaufenden Richtung abgelenkt. Die Größe der Ablenkung hängt dabei von der Masse der Ionen ab, d.h. leichte Teilchen werden stärker, schwere weniger stark abgelenkt.  
Mit entsprechenden Formeln kann man dann aufgrund des Radius der Ablenkung auf die Masse des Teilchens schließen.

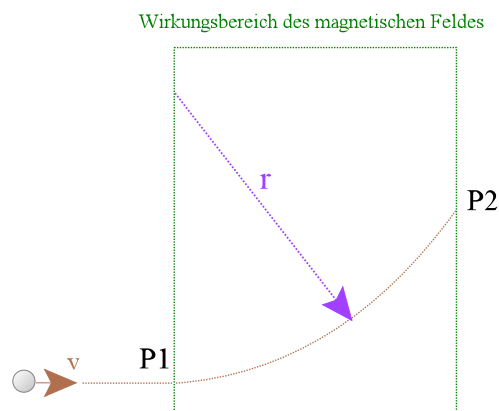
## Übungen: Kraftwirkung in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern

Aufgabe 1: Ein Elektron bzw. Proton bewegt sich mit einer Geschwindigkeit  $v$  in die angegebene Richtung in den Raum zwischen den Platten P1 und P2. Geben Sie in den folgenden Abbildungen die, auf das jeweilige Teilchen in den entsprechenden Feldern einwirkenden Kräfte an.



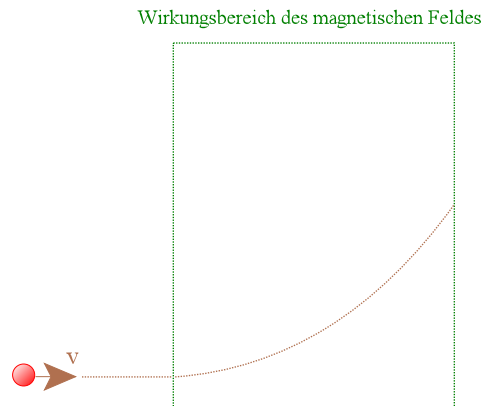
- Magnetfeld zeigt aus der Blattebene heraus
- ⊗ Magnetfeld zeigt in die Blattebene hinein
- ➔  $v$  Geschwindigkeit

Aufgabe 2: Ein geladenes Teilchen tritt in P1 in ein homogenes Magnetfeld ein. In P2 verlässt das Teilchen das Magnetfeld. Von der Bewegung im magnetischen Feld, das in der umrandeten Fläche wirkt, wurde die folgende Bahnkurve aufgezeichnet.

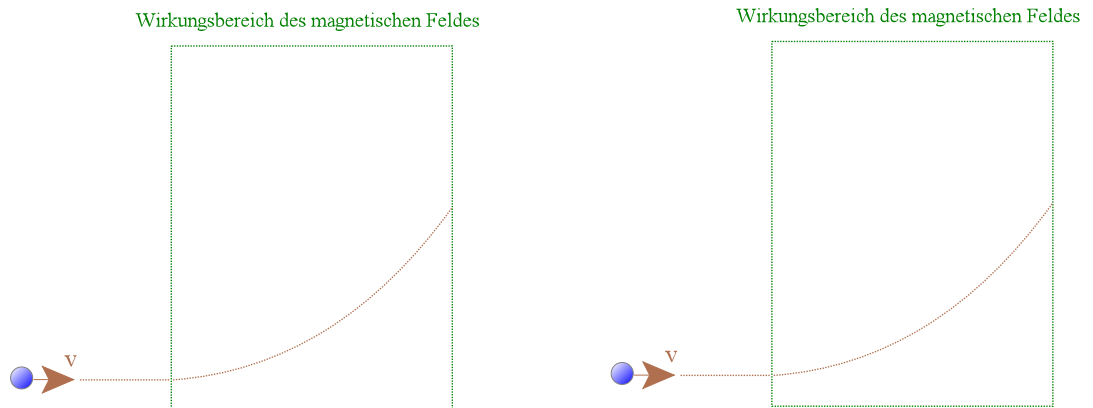


- a.) Geben Sie die Richtung des Magnetfeldes für ein positiv bzw. ein negativ geladenes Teilchen an.

- b.) Geben Sie den Weg an, den ein positiv geladenes Teilchen zurücklegt, nach dem es in P2 das Magnetfeld verlassen hat. (Der Einfluss der Gravitation darf dabei vernachlässigt werden!)



- c.) Die Bahnkurve, die das negative Teilchen (Teil a) im Magnetfeld zurücklegt habe den Radius  $r$ .  
Wie ändert sich der Radius der Bahnkurve das negative Teilchen, wenn die Stärke des Magnetfeldes verdoppelt wird? Zeichnen Sie die Bahnkurve in die Abbildung ein.



- d.) Ein negatives Teilchen tritt mit der Geschwindigkeit  $v$  in ein homogenes Magnetfeld ein. Wie ändert sich die Bahnkurve für weiteres negatives Teilchen, wenn dieses Teilchen mit doppelter Geschwindigkeit in das Magnetfeld eintritt? Zeichnen Sie die Bahnkurve in die Abbildung ein.

Hilfestellung:

Für die Bewegung eines geladenen Teilchens im homogenen magnetischen Feld gilt:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = q \cdot v \cdot B$$

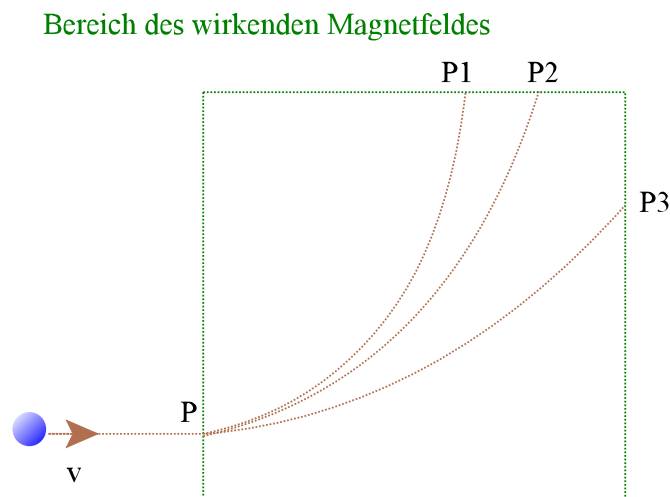
$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

Aufgabe 3: Ein Elektron bewegt sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit  $v$  in ein homogenes Magnetfeld hinein.

Bestimmen Sie die Winkel zwischen  $v$  und  $B$  und machen sie eine qualitative Aussage über die Lorentz-Kraft für die folgenden Fälle:

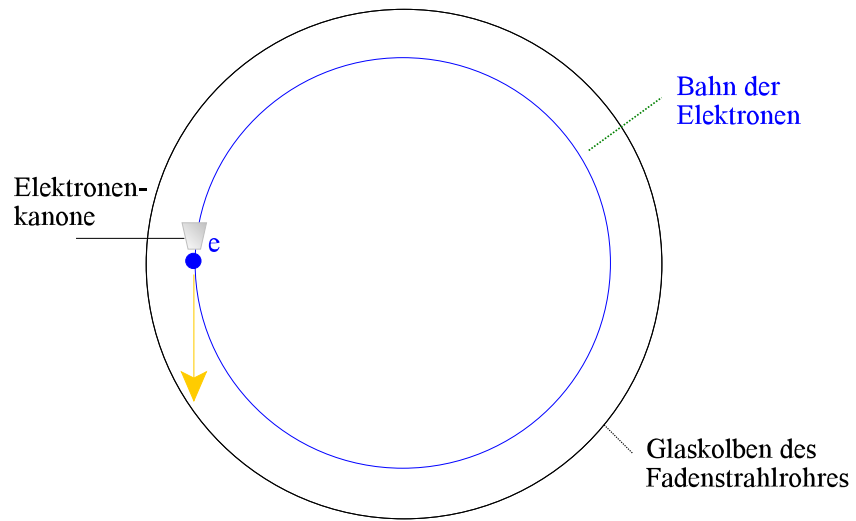
- Das Elektron bewegt sich geradlinig durch das magnetische Feld.
- Das Elektron bewegt sich auf einer Kreisbahn im magnetischen Feld
- Das Elektron bewegt sich auf einer Schraubenbahn, deren Achse parallel zu den magnetischen Feldlinien verläuft.

Aufgabe 4: Aus einer Glühkathode treten Elektronen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten aus der Metalloberfläche. Nach dem die Elektronen in einem elektrischen Feld beschleunigt wurden, treten sie in P mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in ein homogenes Magnetfeld ein. Dabei zeigt die Aufnahme der Bahnkurven folgendes Bild:



- Bestimmen Sie die Richtung des Magnetfeldes.
- Welche Aussage liefern die Punkte P1, P2 und P3 über die Geschwindigkeit der Elektronen?

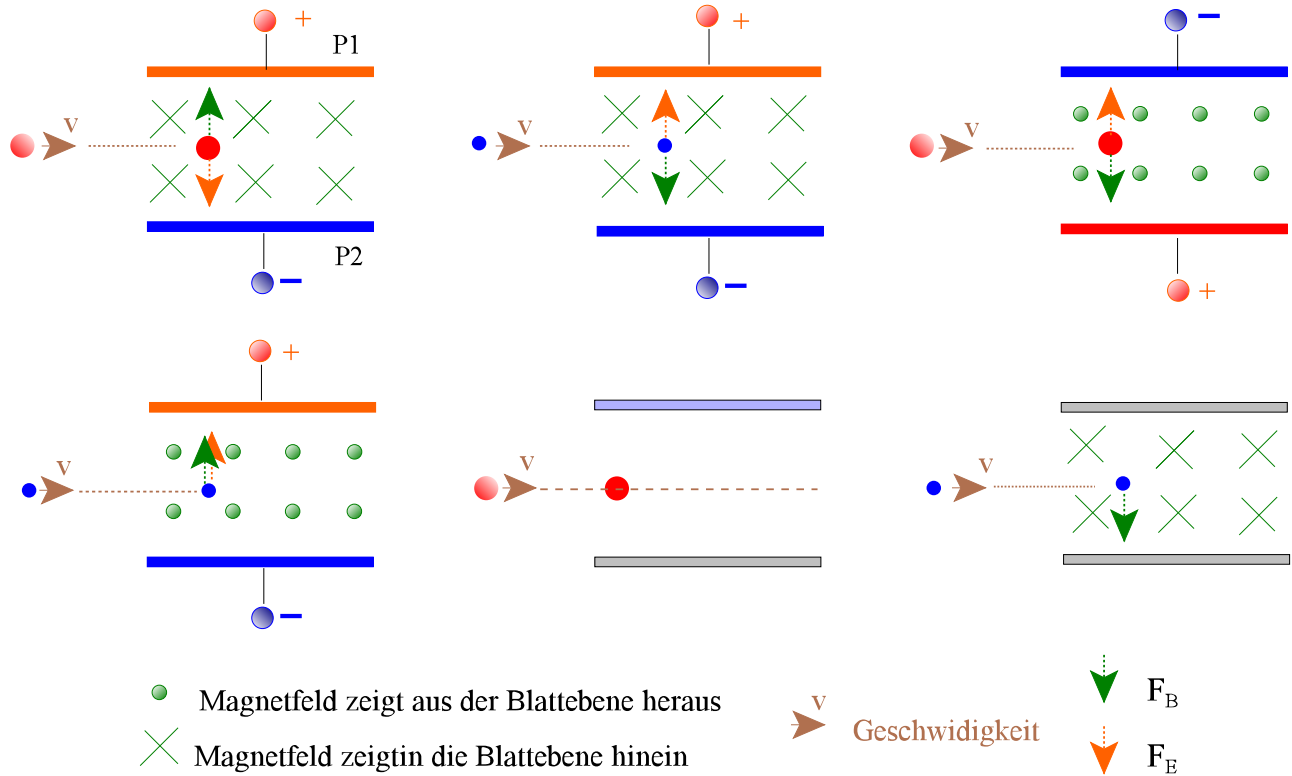
Aufgabe 5: In einem Fadenstrahlrohr wird ein Elektronenstrahl erzeugt, der unabgelenkt senkrecht nach unten aus der Glühkathode austritt.  
Bestimmen Sie die Richtung des Magnetfeldes, damit die Elektronen eine Kreisbahn beschreiben können.



Lösungen:

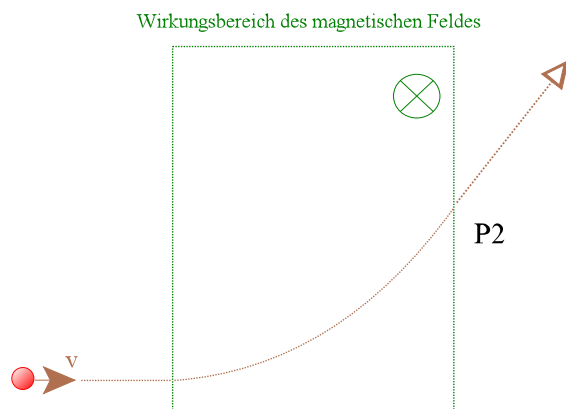
Aufgabe 1: Die Lösungen findet man unter Beachtung der Drei-Finger-Regel und der Anziehung bzw. Abstoßung zwischen Ladungen.

Lösung:  $F_E$  : Kraft des elektrischen Feldes ,  $F_L$  : Lorentz-Kraft



Aufgabe 2: a.) positive Ladung: in die Blattebene hinein  
negative Ladung: aus der Blattebene heraus

b.) Nach dem Trägheitsgesetz bewegt es sich mit der Richtung, die das Teilchen in P2 besitzt, geradlinig fort.



c.) Aus der Gleichung  $r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$  folgt bei unveränderten Werten für m, q und v, dass mit



bei Verdoppelung der Stärke des magnetischen Feldes (B) der Bahnradius halbiert wird.

- d.) Aus der Gleichung  $r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$  folgt bei unveränderten Werten für m, q und B, dass mit bei doppelter Geschwindigkeit der Bahnradius doppelt so groß wird.

- Aufgabe 3: a.) Es wirkt keine Lorentz-Kraft da die Geschwindigkeitsrichtung und Richtung des Magnetfeldes parallel verlaufen.  
b.) Es gilt  $v \perp B$ . Auf die negative Ladung wirkt eine konstante Lorentz-Kraft, die in jedem Punkt stets senkrecht zur Geschwindigkeit gerichtet ist.  
c.) Dies ist der Fall, wenn für Winkel zwischen v und B gilt:  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$

- Aufgabe 4: a.) Das Magnetfeld aus der Blattebene heraus gerichtet.  
b.)  $v_3 > v_2 > v_1$

Aufgabe 5: M-Feld ist aus der Papierebene heraus gerichtet.