

Magnete kennst Du von Spielsachen oder Geräten, manchmal werden sie auch zum Aufhängen von Zetteln verwendet. "Permanent" bedeutet, dass die Wirkung anhält.

Wir spielen mit zwei Magneten sowie verschiedenen Sachen, die wir im Mäppchen haben oder die uns der Lehrer bereitstellt. Finde Eigenschaften der Magnete.

Auch eine Kompassnadel ist ein Magnet.

Welche Konsequenz hat diese Vereinbarung für das geologische Magnetfeld? Kennzeichne den symbolischen Magnet im Erdinneren farbig!

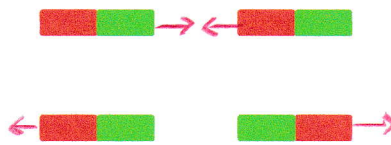
Eine ausführliche Darstellung findest Du auf Leifiphysik unter Teilgebiet Elektrizitätslehre - Permanentmagnetismus - Eigenschaften von Permanentmagneten Grundwissen

1. Ladungen im Magnetfeld

1.1 Permanentmagnete

Basics: Magnetische Kraftwirkung

Permanentmagnete haben an ihren Enden ... magnetische Pole

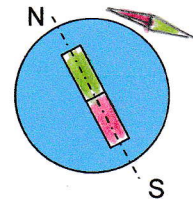
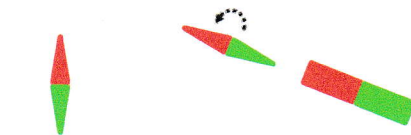


ungleichnamige Pole ziehen sich an
gleichnamige Pole stoßen sich ab



Magnete ziehen Eisen und andere ferromagnetische Stoffe (Nickel, Kobalt) an

Basics: Kompass, Pole, Erdmagnetfeld



Vereinbarung: Der Pol der Kompassnadel (und jedes anderen Magneten), der nach Norden zeigt, heißt Nordpol des Magneten, der andere Südpol.

Farbkennzeichnung: Nordpol rot, Südpol grün.

Folgerung: Am geographischen Nordpol ist der magnetische Südpol
am geographischen Südpol ist der magnetische Nordpol

Hält man einen Magneten an eine Stricknadel oder einen anderen eisenhaltigen Gegenstand, so wird dieser selbst zum Magneten. Tipp: besser geht's, wenn man darüber streicht.

Wir erklären diesen Vorgang mit der Modellvorstellung von Elementarmagneten.

Auf Leifiphysik findest Du diese Vorgänge in bewegten Bildern (Animationen) dargestellt unter: Teilgebiet Elektrizitätslehre - Permanentmagnetismus - Modell der Elementarmagnete Grundwissen

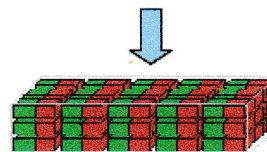
Basic: Magnetisieren

In ferromagnetischen Stoffen befinden sich viele kleine Magnete in Unordnung.

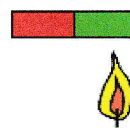
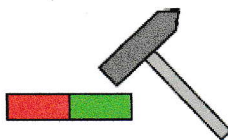
Durch das Magnetisieren werden sie geordnet, ein Magnet entsteht.



Abbn. aus leifiphysik.de

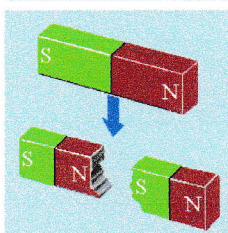


Basic: Entmagnetisieren

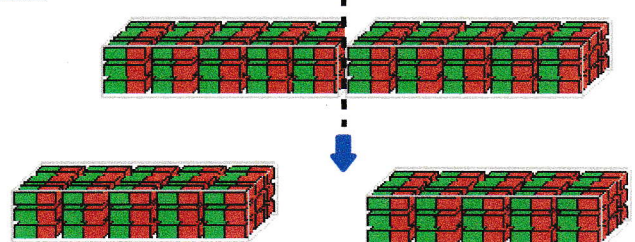


Durch Schlagen oder Erhitzen bringt man die kleinen Magnete wieder in Unordnung.

Basics: Teilen von Magneten



alle Abbn. hier aus leifiphysik.de



Außen bleiben die Pole erhalten, an der Bruchkante entsteht der jeweils entgegengesetzte Pol.

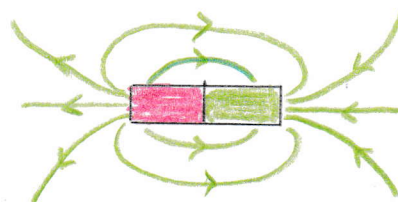
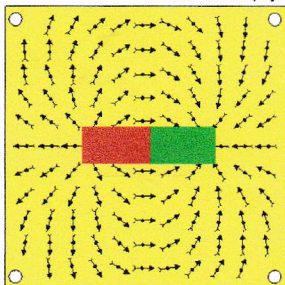
Bricht man von einem Magneten ein Stück ab, so sind beide Bruchstücke wieder vollwertige Magnete. Mit dem Modell der Elementarmagneten können wir das prima erklären. **Beschreibe die Polung der Bruchstücke, die sich aus diesem Modell ergibt.**

Schaut man sich die Ausrichtung einer Kompassnadel an ganz vielen Punkten in der Umgebung eines Magneten an, so ergibt sich in der Regel eine klar erkennbare Struktur des Feldes. Um sich das Zeichnen zu vereinfachen, zeichnet man statt einzelner Kompassnadeln durchgezogene Feldlinien. Die Nordrichtung der Kompassnadeln ergibt die Feldrichtung. **Zeichne neben das Kompassnadelmodell ein entsprechendes Feldlinienbild.**

Begründe die drei Regeln.

Magnetfelder

Abb. aus leifiphysik.de



Regeln für Magnetfelder (Feldlinienbilder)

1. Magnetische Feldlinien gehen vom Nordpol zum Südpol.
2. Je dichter die Feldlinien, desto stärker ist dort das Feld.
3. Feldlinien können sich nicht verzweigen.

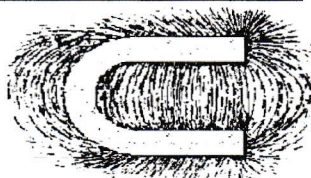
- zu 1: Der Nordpol der Kompassnadel (der zeigt die Feldrichtung an) wird vom Südpol des Magneten angezogen (ungleichnamige Pole ziehen sich an)
- zu 2: An den Enden des Stabmagneten ist die magnetische Wirkung am stärksten, dort liegen die Feldlinien dicht
- zu 3: An einer Verzweigung der Feldlinien „würfte“ die Kompassnadel nicht, wohin sie zeigen soll

10 Ladungen im Magnetfeld - 1.1 Permanentmagnete

3

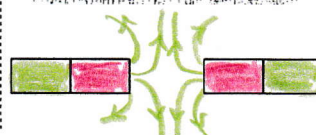
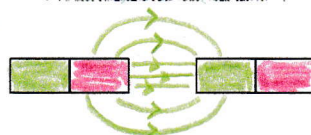
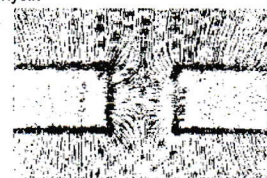
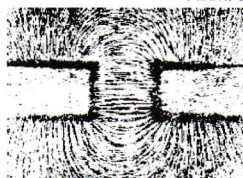
Eine einfache Methode, um Feldlinien experimentell darzustellen, ist die Verwendung von Eisenspänen, die sich entlang der Feldlinien ausrichten und lange Ketten bilden. **Zeichne in die Bildchen darunter die entsprechenden Feldliniendarstellungen.**

Beispiele für Feldlinienbilder

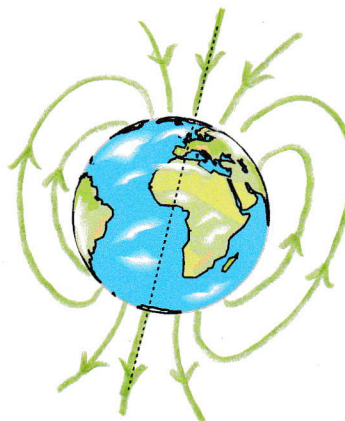


hier Feldlinien gleichmäßig
→ Feld konstant
stark
„homogen“

Abb. aus Leifiphysik



Zeichne ein einfaches Feldlinienmodell für die Erde, nutze dabei auch die Überlegungen der 1. Folie.



Selbst-Check:

- Eigenschaften von Magneten
- Pole, Erdmagnetfeld
- Elementarmagnete
- Magnetisieren und Entmagnetisieren, Teilen
- Feldlinienbilder und deren Regeln

Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik findest Du unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Permanentmagnetismus - Eigenschaften von Permanentmagneten Aufgaben** weitere Aufgaben zum Üben sowie ein Leifiquiz zum Selbsttest. Auch bei den **Versuchen** zu diesem Kapitel wirst Du fündig.

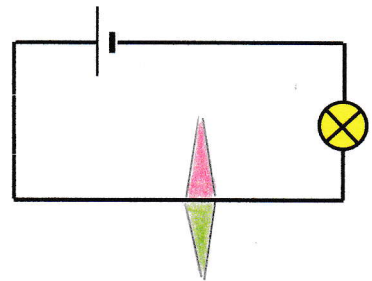
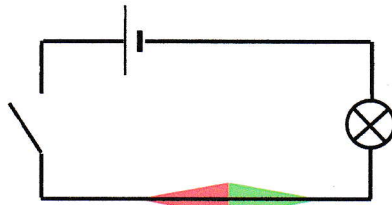
10 Ladungen im Magnetfeld - 1.1 Permanentmagnete

4

Der Däne Hans Christian Oersted entdeckte 1820 wohl eher zufällig, dass Strom einen Einfluss auf Magnete hat. Wichtigste Anwendungen sind heute Generatoren, die fast den gesamten elektrischen Strom erzeugen, den wir nutzen. **In seinem Versuch lag eine Leitung auf einem Kompass. Beschreibe die Beobachtung beim Einschalten des Stromkreises.**

1.2 Elektromagnete

Entdeckung: Der Versuch von Oersted



Beim Einschalten des Stroms dreht sich die Kompassnadel quer zum Leiter. Je höher die Stromstärke, desto näher liegt der Winkel bei 90° . Nach Abschalten des Stroms nimmt die Kompassnadel wieder ihre ursprüngliche Richtung ein.

Folgerung:

Strom hat eine magnetische Wirkung Wirkung.

→ Begriff: Elektromagnetismus

10 Ladungen im Magnetfeld - 1.2 Elektromagnete

1

Eine Animation des Versuches gibt's auf Leifphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Stromwirkungen - Versuche - Oersted-Versuch**



In diesem Experiment untersuchen wir das Feld um einen Leiter herum in einer Ebene senkrecht zum Leiter, wir sehen den Leiter also im Querschnitt.

Feld eines stromdurchflossenen Leiters (Rechte-Faust-Regel)

Beachte:

Technische Stromrichtung (von + zu -) wird dargestellt.

Punkt: Strom fließt auf uns zu

Kreuz: Strom fließt von uns weg

Markiere in den Draufsichten die Magnetpole der ungefärbten Kompassnadeln, zeichne jeweils noch eine weitere Kompassnadel ins Bild. Ergänze jeweils im Feldlinienbild darunter die Richtung der Feldlinien.

Die Feldlinien lassen sich mit der "rechte-Faust-Regel" bestimmen (siehe Abb.). Verwendet man stattdessen die Richtung der Elektronen, so geht's mit der linken Faust (das findet man auch in Büchern).

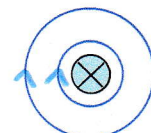
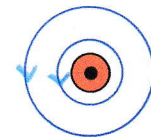
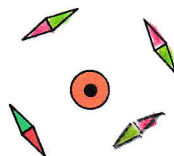


Abb. aus Leifphysik

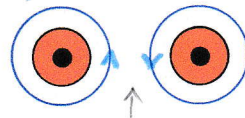
10 Ladungen im Magnetfeld - 1.2 Elektromagnete

2

Schneidet man eine Spule in Längsrichtung durch, so sieht man an der Schnittfläche jeweils die Spulendrähte im Querschnitt. Dabei führen die Drähte auf der einen Seite den Strom auf uns zu, die auf der anderen Seite führen den Strom von uns weg.

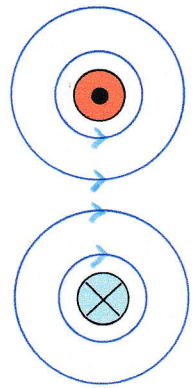
Untersuche an den beiden Zeichnungen: wie verlaufen die Feldlinien im Bereich zwischen zwei Drähten mit gleicher Stromrichtung, wie verlaufen sie zwischen zwei Drähten mit verschiedenen Stromrichtungen?

Anwendung: Feld einer stromdurchflossenen Spule



Die Feldlinien verlaufen hier entgegengesetzt und löschen sich aus.

Die Feldlinien verlaufen hier in der gleichen Richtung und verstärken sich.



Aus den beiden Teilbildchen oben können wir das Feldlinienbild für die gesamte Spule zusammensetzen. **Vergleiche dessen Form mit dem Feld eines Stabmagneten. Welche Besonderheit ergibt sich im Inneren der Spule? Warum war dies beim Stabmagnet nicht erkennbar.**

Stabmagnet und Spule haben ein identisches Feldlinienbild.

Im Inneren der Spule verlaufen die Feldlinien parallel, das Feld ist hier homogen (konstant).

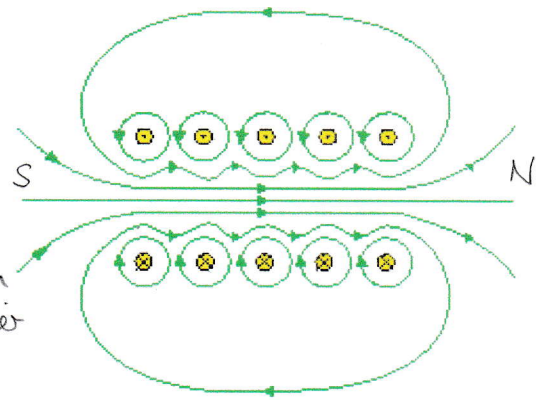


Abb. aus Leifphysik

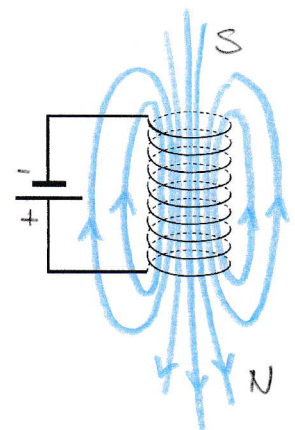
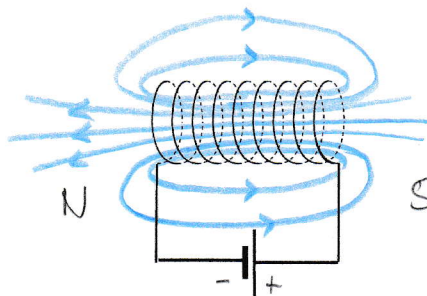
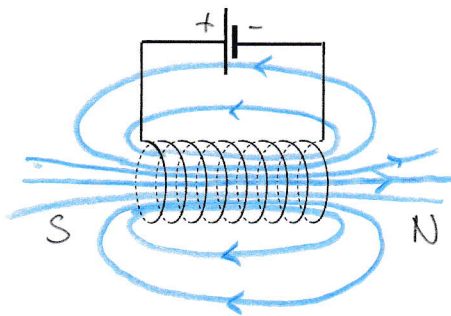
Eine häufig benötigte Fähigkeit in diesem Gebiet ist das Auffinden der Magnetpole einer Spule (wie auf der vorigen Folie).

Tipp:

Am schnellsten geht es, wenn man mit dem Daumen der rechten Hand die Spulenwicklungen von + nach - nachfährt und dabei beobachtet, in welche Richtung die anderen Finger im Inneren der Spule zeigen. Auf der Seite, an der die Feldlinien herauskommen, ist der Nordpol der Spule.

Ermittle jeweils die Pole der Spule und zeichne die Feldlinienbilder.

Training: Magnetpole einer Spule finden



Selbst-Check:

- Versuch von Oersted
- Feld eines geraden Leiters (rechte Faust)
- Feld einer Spule
- Pole einer Spule finden

Übungsmöglichkeiten:

Ein Quiz und viele weitere Aufgaben zum Thema findest Du auf Leifphysik unter: **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Stromwirkungen - Magnetische Wirkung des elektrischen Stroms Aufgaben.**

Elektromotoren sind aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken, nicht zuletzt als Antriebstechnik für die Mobilität der Zukunft. In diesem Kapitel untersuchen wir zunächst die physikalischen Grundlagen, um damit im nächsten Kapitel einen Elektromotor zu konstruieren.

Beschreibe Deine Beobachtung beim abgebildeten Versuch.

Findige Physiker haben sich eine einfache Methode ausgedacht, mit der man die Richtung der auftretenden Kraft vorhersagen kann.

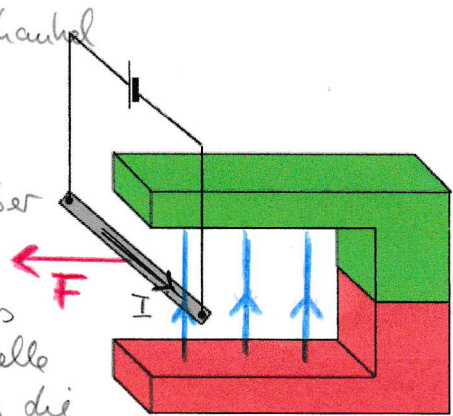
Aus den Begriffen, die hier auftauchen, leitet sich der Name UVW-Regel ab.

Zeichne Feldlinien, Stromrichtung und Krafrichtung in das obere Bild zum Versuch. Wir verwenden dabei die technische Stromrichtung (von + nach -).

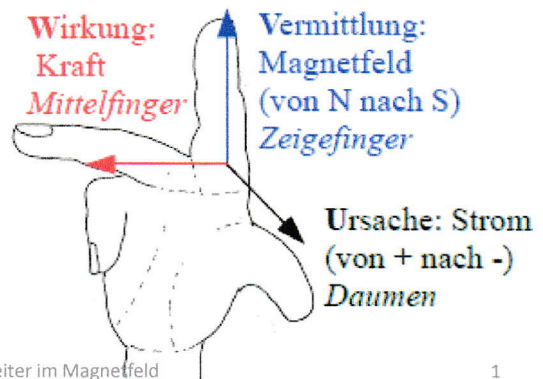
1.3 Stromführende Leiter im Magnetfeld

Grundversuch: Leiterschaukel

Wenn Strom durch die Leiterschaukel fließt, wird diese zur Seite gedrückt. Je größer die Stromstärke ist, desto größer ist diese Auslenkung. Wenn man die Polung des Magneten oder der Stromquelle tauscht, dann bewegt sich die Leiterschaukel in die entgegengesetzte Richtung.



UVW-Regel: Richtung der Kraft



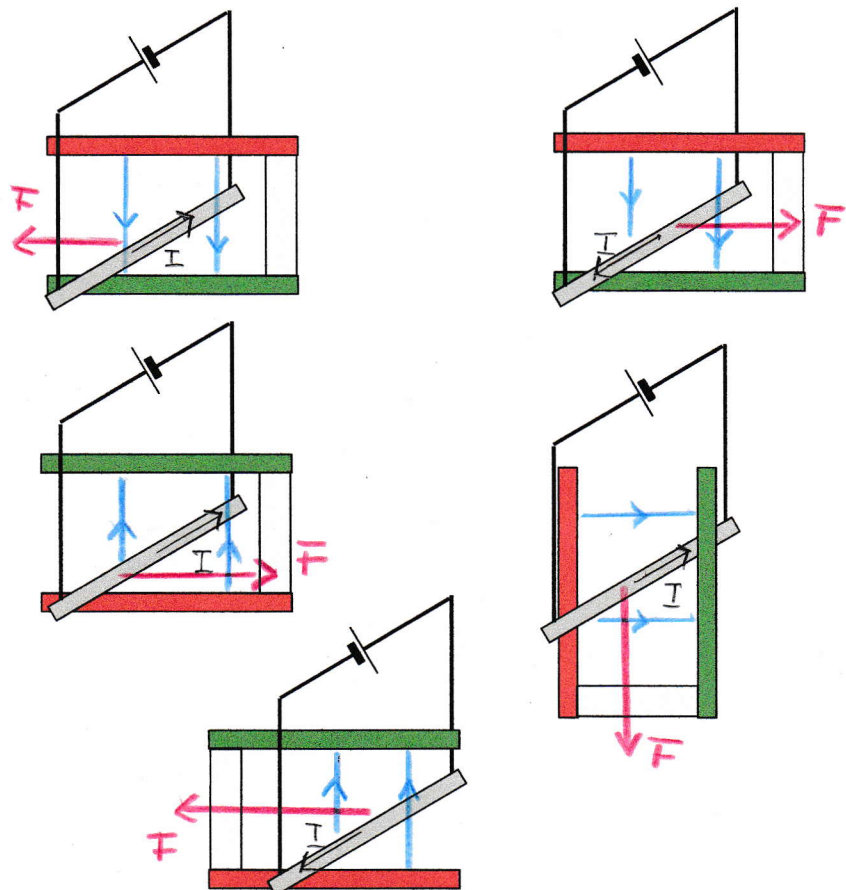
Die UVW-Regel ist auch in den folgenden Kapiteln ein zentrales Arbeitswerkzeug, deshalb ist jetzt Training angesagt.

Finde jeweils die Richtung der Kraft. Zeichne hierzu magnetische Feldlinien, Stromrichtung und Krafrichtung unter Verwendung der UVW-Regel ein.

(Anmerkung: der Hufeisenmagnet ist hier sehr schlicht und nicht als 3D-Bild dargestellt. Zweck dieser Darstellung ist die Verringerung der Farbflächen und damit der schonende Umgang mit Farbtönen beim Ausdruck).

Die Lagebeziehungen (vorn/hinten) lassen sich an den dargestellten Überschneidungen der Bauteile erkennen.

Training: UVW-Regel anwenden



Auf Leifphysik findest Du die UVW-Regel in bewegten Bildern (Animationen) dargestellt unter: Teilgebiet Elektrizitätslehre - Kraft auf Stromleiter E-Motor - Versuche - Kraft auf stromdurchflossene Leiterschaukel, auch eine Simulation ist hier zu finden.

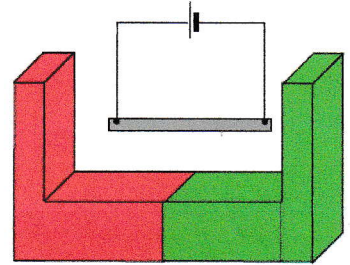
In den bisherigen Beispielen verlief der Leiter immer senkrecht zu den magnetischen Feldlinien. Was passiert, wenn er in derselben Richtung verläuft? Mit einem speziellen Versuchsaufbau können wir auch das untersuchen.

Versuche zunächst, die UVW-Regel auf das gezeichnete Beispiel anzuwenden! Was stellst Du fest? Notiere dann die Beobachtung aus dem Experiment und formuliere daraus eine allgemeine Regel.

Leiter parallel zu den Feldlinien

Die UVW-Regel lässt sich in diesem Fall

nicht anwenden



Beobachtung:

Die Leiterschaukel bewegt sich nicht, obwohl Strom hindurchfließt.

Regel:

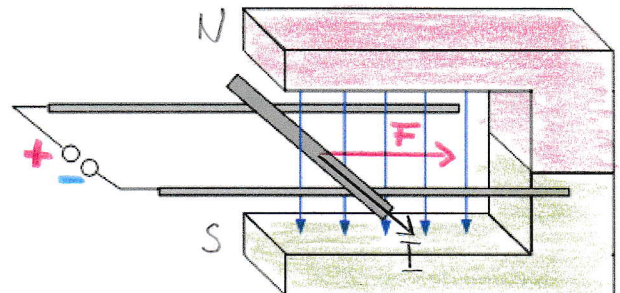
Wenn der stromführende Leiter in derselben Richtung verläuft wie die magnetischen

Feldlinien, so tritt keine Kraft auf

Statt der Leiterschaukel findet man in neueren Büchern häufig den alternativen Versuch "Stab auf Schienen". Dabei liegt ein Stab (Leiter) auf zwei Drähten, die an einer Stromquelle (hier noch ohne Polung) angeschlossen sind.

Erläutere die Beobachtung bei diesem Versuch. Kennzeichne die Polung der Stromquelle so, dass der Stab in den Hufeisenmagneten hinein gezogen wird (nach rechts). Gib auch die Pole des Magneten passend zum Feldlinienbild an und male ihn gemäß unserer Farbkonvention an.

Eine experimentelle Variante



über die Drähte fließt Strom durch den Stab
 → es entsteht eine Kraft senkrecht zur Stabrichtung
 → der Stab beginnt zu rollen

Selbst-Check:

- Leiterschaukel im Magnetfeld
- UVW-Regel
- experimentelle Variante

Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik findest Du unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Kraft auf Stromleiter-E-Motor - Kraft auf stromführende Leiter im Magnetfeld Aufgaben** weitere Aufgaben zum Üben. Auch bei den **Versuchen** zu diesem Kapitel wirst Du fündig.

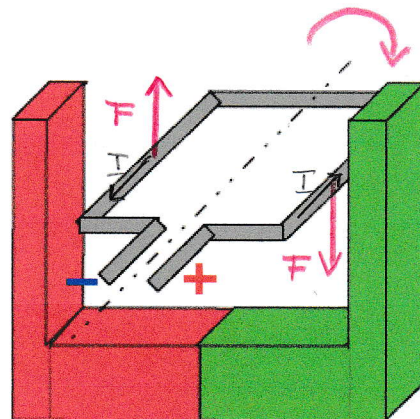
Mit dem Erkenntnissen aus dem letzten Kapitel werden wir jetzt einen Elektromotor konstruieren. Die Vorstufe hierzu ist die Analyse einer Leiterschleife, die drehbar im Magnetfeld montiert ist. **Wir schließen die Leiterschleife an eine Stromquelle an. Bestimme die Richtungen der Kräfte, die in den langen Leiterstücken wirken und stelle sie mit Pfeilen dar. Welche Bewegung ergibt sich daraus?**

1.4 Der Elektromotor

Grundversuch: Leiterschleife im Magnetfeld

Kräfte gemäß UVW-Regel
(Stromrichtung von + nach -,
Magnetfeld von N nach S)

Die Leiterschleife führt
eine Viertel-drehung im
Uhrzeigersinn aus.



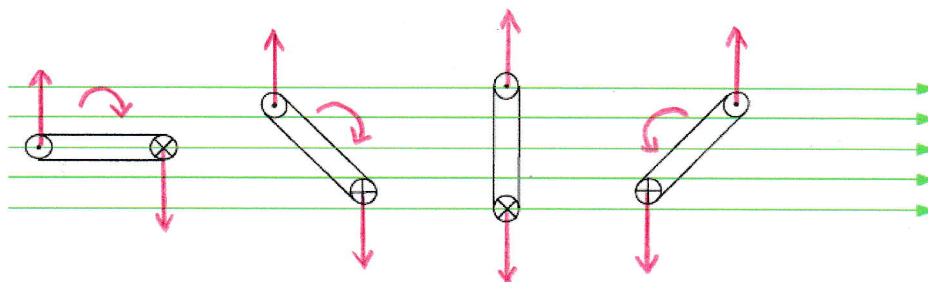
Hier ist die Leiterschleife im Querschnitt gezeichnet. Die kleinen Kreise entsprechen den eben betrachteten Leiterstücken. Dabei bedeutet:

Kreuz - Strom von Dir weg

Punkt - Strom auf Dich zu

Die Darstellung zeigt vier Stellungen während der Drehung. Zeichne wieder die Richtungen der Kräfte in den Leiterstücken ein. Was folgerst Du für den Verlauf der Bewegung?

Analyse der Kräfte während der Drehung



Nach einer Viertel-drehung wird die Bewegung von den Kräften gebremst. Die Schleife bleibt schließlich senkrecht stehen.

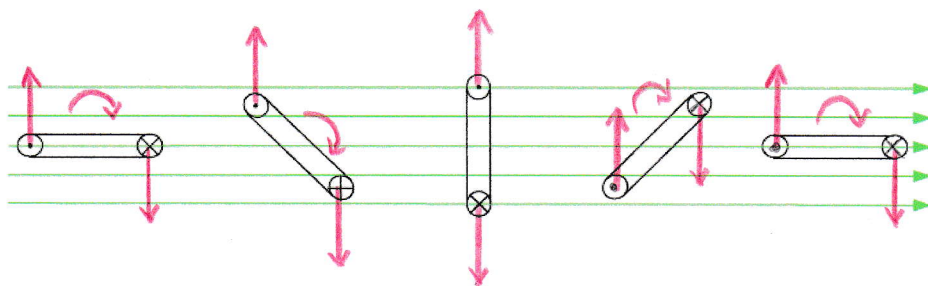
10 Ladungen im Magnetfeld - 1.4 Der Elektromotor

1

Hier findest Du nochmals (fast) dieselbe Darstellung wie zuvor.

Zeichne bei den ersten drei Stellungen der Leiterschleife die Kräfte passend zur Stromrichtung ein. Überlege dann, in welche Richtungen die Kräfte bei den letzten beiden Stellungen zeigen müssten und erschließe daraus die Stromrichtungen in diesen beiden Positionen.

Ziel: eine kontinuierliche Drehbewegung

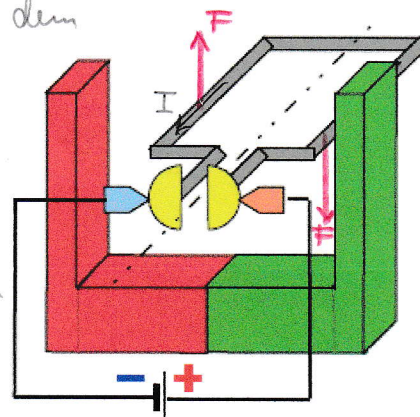


Vertauscht man im richtigen Moment die elektrischen Pole, so geht die Drehung weiter.

Technische Umsetzung: Der Kommutator (Polwender)

Damit sich die Leiterschleife permanent dreht, müsste man also ständig die Anschlüsse am Netzgerät tauschen, das wäre ziemlich lästig. Tüftler haben ein Bauteil konstruiert, das diesen Polwechsel durchführt. Zwei Halbschalen aus Metall drehen sich mit der Leiterschleife. Die Stromzufuhr erfolgt über feststehende "Bürsten", (in der Regel aus Graphit = Kohle), an denen die Halbschalen entlang schleifen. **Zeichne die Drehrichtung der Schleife ein. In welcher Stellung erfolgt der Polwechsel?**

Der Polwechsel erfolgt in dem Moment, in dem die Leiterschleife senkrecht zu den Feldlinien steht (entsprechend zur vorherigen Überlegung)



10 Ladungen im Magnetfeld - 1.4 Der Elektromotor

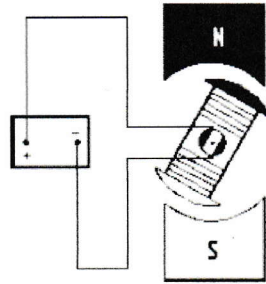
2

Zur Erhöhung der Leistung verwendet man nicht nur eine Leiterschleife, sondern viele hintereinandergeschaltete, also eine **Spule**. Ein **Eisenkern** in der Spule erhöht nochmals wesentlich die Kräfte für die Drehbewegung. Aufgrund der abgerundeten Form des Eisenkerns nennt man dieses Bauteile (Eisenkern mit Spule) den **Anker** des Elektromotors. Stromstärke, Windungszahl und Magnetfeld sind die wesentlichen Parameter für dessen Leistung.

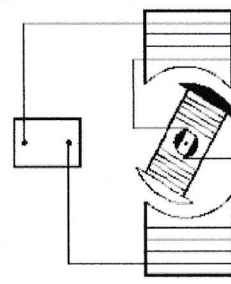
Bauformen von Elektromotoren

(alle Abbn. aus Leifiphysik)

Mit Permanentmagneten:



Mit Elektromagneten:



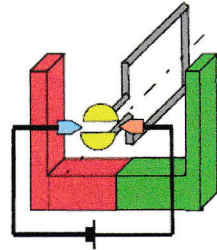
Das linke Modell entspricht dem bisher betrachteten Motor. Beim Modell rechts wird das Magnetfeld mit Spulen erzeugt. Dieser Motor funktioniert auch mit Wechselstrom, da hier bei magnetische und elektrische Pole jeweils gleichzeitig wechseln.

Totpunkt und mehrpolige Anker

(Abbn. rechts aus Leifiphysik)

Der bisherige Aufbau bringt ein großes Problem mit sich. **Überlege was passiert, wenn der Motor in der gezeichneten Position abgeschaltet ist und dann wieder mit Strom versorgt wird.**

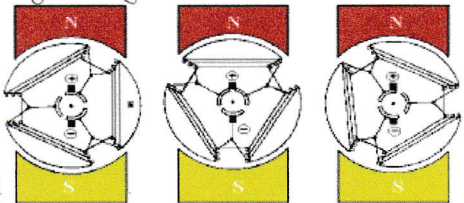
Um dieses Problem zu beheben, baut man mindestens drei (oft auch mehr) Spulen in den Motor ein, die versetzt angeordnet sind (siehe 2. Abb.).



Die Bürsten stehen genau zwischen den Halbschalen → kein Strom → keine Kraft → Motor startet nicht

10 Ladungen im Magnetfeld - 1.4 Der Elektromotor

Lösung:
Mehrere Spulen versetzt angeordnet → eine Spule steht in jedem Fall günstig und bekommt Strom



3

Die Zeichnung zeigt einen Elektromotor (mit nur einer Leiterschleife), der zu Beginn unserer Betrachtung steht. **Ermittle die Kräfte in den Leiterstücken und sage vorher, ob und gegebenenfalls wie er losdreht, wenn wie gezeichnet eine Stromquelle angeschlossen wird.** **Beurteile die dargestellte Montage des Kommutators.**

Die Zeichnung zeigt zwei feststehende Spulen, zwischen denen ein Stabmagnet drehbar montiert ist. **Ermittle die Magnetpole der beiden Spule (wie in Kap. 1.2) und sage vorher, wie sich der Magnet verhält. Wie könnte man daraus eine permanente Drehbewegung machen?**

So funktionieren „Brushless“-Motoren!

Selbst-Check:

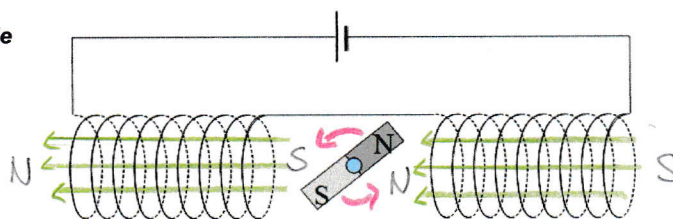
- Leiterschleife im Magnetfeld
- Kommutator
- Bauformen
- Totpunkt und mehrpolige Anker

Training: Elektromotor analysieren

Der Motor beginnt gegen den Uhrzeigersinn zu drehen. Die Umpolung erfolgt bevor die Leiterschleife senkrecht zum Magnetfeld steht (siehe Position Kommutator)

→ die Leiterschleife dreht zurück kein kontinuierlicher Lauf

Eine andere Technologie für Elektromotoren



Der Permanentmagnet dreht etwas gegen den Uhrzeigersinn, da sich ungleichnamige Pole anziehen.

Wenn der Permanentmagnet in der waagrechten Lage ankommt, müsste man den Strom umpolen, damit die Magnetpole der Spule vertauscht werden.

Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik findest Du unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Kraft auf Stromleiter-E-Motor - Elektromotor Aufgaben** weitere Aufgaben und einen Test zum Üben. Bei den **Versuchen** zu diesem Kapitel findest Du auch Animationen zum Kommutator und eine Simulation.

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, dass 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?**

1.5 Freie Ladungen im Magnetfeld - Lorentzkraft

Aufbau:

(Fadenstrahlrohr)

elektrisches Feld (beschleunigt Elektronen)

Beschl.-Spannung

Heizspannung

Heizwendel (setzt Elektronen frei)

Magnetfeld (Feldlinien zeigen vom Betrachter weg)

Röhre (Glaskugel) mit Gas gefüllt

Flugbahn ändert die Richtung → es wirkt eine Kraft
 Flugbahn ist ein Kreis → Kraft wirkt zur Mitte hin
 Je stärker das Magnetfeld, desto enger der Kreis.
 Je schneller die Elektronen, desto weiter der Kreis.

10 Ladungen im Magnetfeld - 1.5 Lorentzkraft

1

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

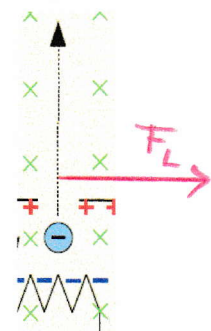
- entweder den Daumen der rechten Hand entgegengesetzt zur Richtung der Elektronenbewegung halten
- oder den Daumen der linken Hand in Richtung der Elektronenbewegung halten

Lorentzkraft

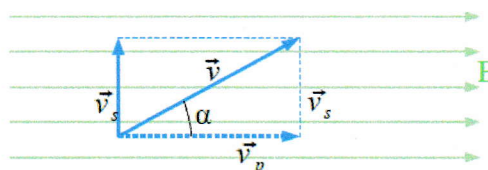
Bewegt sich eine Ladung mit einer Geschwindigkeit v senkrecht zu den Feldlinien eines magnetischen Feldes, so erfährt sie eine Kraft.

Die Richtung dieser Kraft lässt sich mit der UVW-Regel bestimmen.

Sie steht senkrecht zur Feldrichtung und zur Bewegungsrichtung.



Schräger Einschuss



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

Bei schrägem Einschuss sorgt die

senkrechte Geschwindigkeitskomponente für eine Kreisbahn

die parallele Geschwindigkeitskomponente für eine Vorwärtsbewegung

Zusammen ergibt sich eine Schraubenlinie

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?**

10 Ladungen im Magnetfeld - 1.5 Lorentzkraft

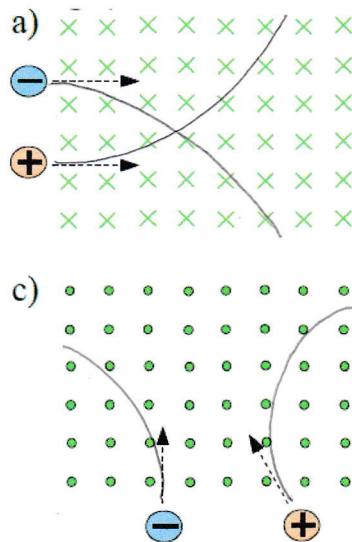
2

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):



10 Ladungen im Magnetfeld - 1.5 Lorentzkraft

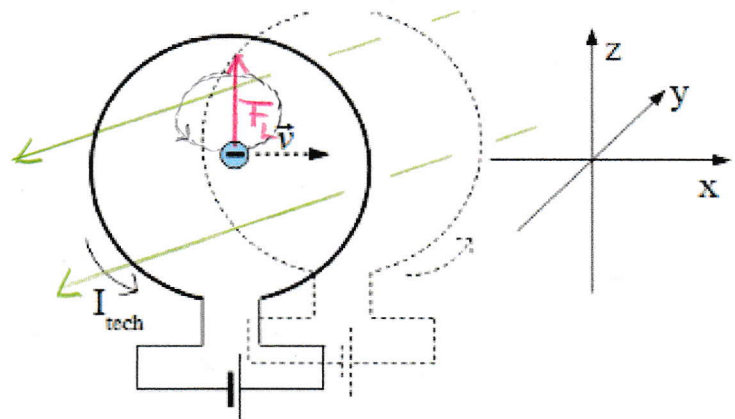
3

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.

Training: Fadenstrahlrohr



Magnetfeld zeigt in -y-Richtung (rechte Faust)
 -> Lorentzkraft zeigt nach oben
 Einschuss senkrecht zum Magnetfeld -> Kreisbahn

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 Querfeld Aufgaben ein Quiz und ein Training zum Üben. Bei den Versuchen zu diesem Kapitel findest Du unter Fadenstrahlrohr eine Simulation zum Experiment.

10 Ladungen im Magnetfeld - 1.5 Lorentzkraft

4