

12. Magnetismus

Ziel dieses Kapitels ist es die Funktionsweise von Relais, Transformatoren, elektrischen Motoren und Generatoren zu verstehen.

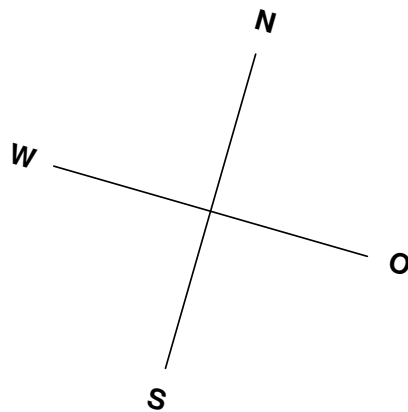
12.1 Grundlagen

Definition:

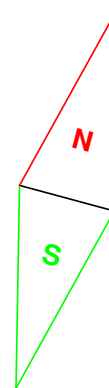
Ein **Magnet** ist ein Gegenstand mit dem man Kräfte auf andere Magnete und Eisenteile ausüben kann, ohne sie zu berühren.

Versuch 1:

Stellt man einen frei drehbaren Magneten auf, so zeigt ein Ende immer Richtung Norden. Dieses Ende nennt man deshalb auch Nordpol des Magneten. Das andere Ende wird entsprechend als Südpol bezeichnet.



Himmelsrichtungen

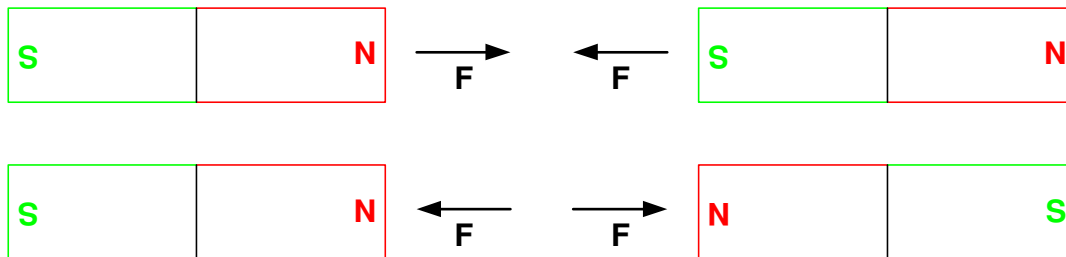


Magnetnadel

Versuch 2:

Nähert man zwei Magnete einander an, so kann man leicht feststellen dass gilt:

- Ungleichnamige Magnetpole ziehen sich an.
- Gleichnamige Magnetpole stoßen sich ab.
- Je größer die Distanz zwischen den Magneten ist, umso schwächer ist die Kraft.

**Aufgabe 1:**

Weshalb zeigt eine Magnetnadel nach Norden?

Lösung: ... weil sich dort ein magnetischer Südpol befindet.

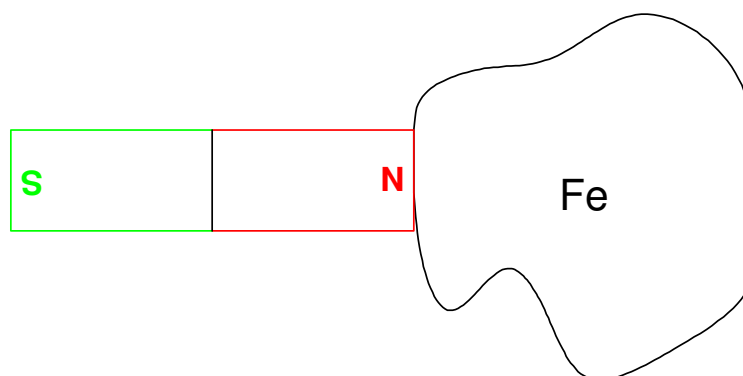
Aufgabe 2:

Welche Auswirkungen hat es auf die Wirksamkeit des Magneten, wenn man ihn in zwei Teile bricht?

Lösung: Es entstehen zwei Magnete die nur noch die halbe Stärke haben.

Versuch 3:

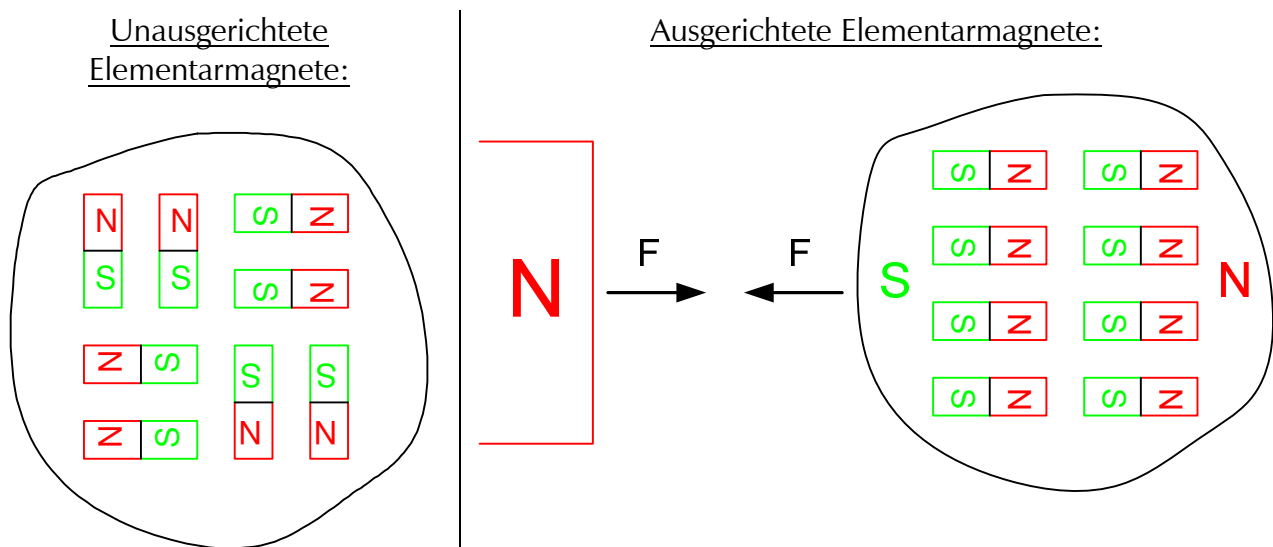
Wie bereits erwähnt kann man mit Magneten auch Kräfte auf Eisen ausüben. Eisen kann allerdings nur angezogen werden und dies sowohl mit dem Nordpol als auch mit dem Südpol des Magneten.



Erklärung:

Das Eisen wird unter dem Einfluss des Magneten selber zum Magnet und wird dadurch angezogen.

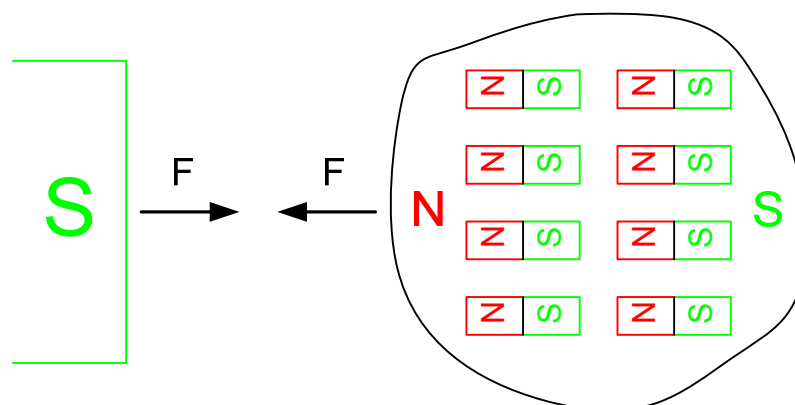
Eisen besteht aus vielen Elementarmagneten die aber alle unterschiedlich ausgerichtet sind. Dadurch hebt ihre Wirkung gegenseitig auf. Unter dem Einfluss eines anderen Magneten richten sich die Elementarmagneten aber alle in die gleiche Richtung aus. Zusammen wirken sie nun ebenfalls wie ein Magnet.



Aufgabe 3:

Zeichne die Ausrichtung der Elementarmagnete eines Stück Eisens, wenn dieses an den Südpol eines Magneten angenähert wird. Trage auch die wirkenden Kräfte ein.

Lösung:



12.2 Magnetfelder

Da man nicht wirklich weiß warum Magnete sich anziehen, behauptet man einfach sie wären von einem Kraftfeld umgeben. Man bezeichnet dieses Kraftfeld auch als Magnetfeld. Graphisch kann man solche Magnetfelder mit Hilfe von Feldlinien darstellen.

Für Feldlinien des magnetischen Felds gilt:

1. Eine Feldlinie verläuft außerhalb des Magneten immer vom Nordpol zum Südpol und in dem Magneten weiter vom Südpol zum Nordpol. Eine Feldlinie des magnetischen Feldes ist also immer geschlossen.
2. Eine Feldlinie verlässt den Magneten immer senkrecht zur Oberfläche.
3. Setzt man eine Magnetnadel irgendwo auf eine Feldlinie, so gibt die Feldlinie einem die Richtung an in die die Magnetnadel ausgerichtet wird.
4. Je dichter die Feldlinien sind umso stärker ist das Magnetfeld.

Innere und äußere Feldlinienbilder:

Stabmagnet:

Hufeisenmagnet:

Aufgabe 4:

Zeichne ungefähr das äußere Feldlinienbild des Erdmagnetfelds.

12.3 Elektromagnetismus

12.3.1 Stromdurchflossener Leiter

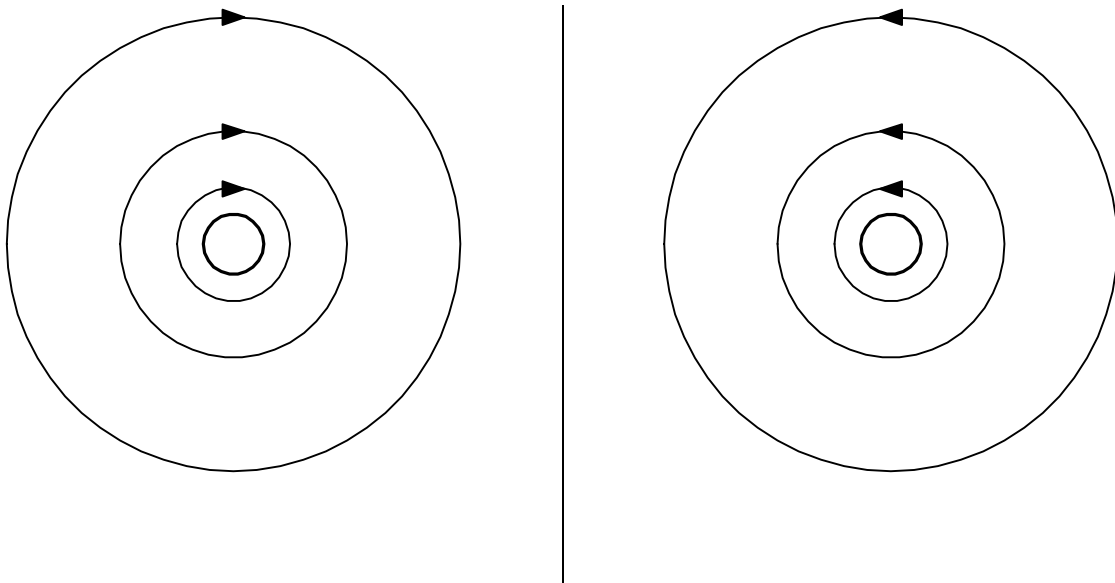
Versuch 4:

Bringt man eine Magnetnadel in die Nähe eines stromdurchflossenen Leiters, wird sie aus ihrer Nord-Süd-Richtung abgelenkt.

Schlussfolgerung:

Ein stromdurchflossener Leiter ist auch von einem Magnetfeld umgeben.

Feldlinienbilder eines geraden stromdurchflossenen Leiters:



Rechte-Hand-Regel:

Wird der Leiter so umfasst, dass der abgespreizte Daumen die Stromrichtung anzeigt, dann zeigen die Finger die Richtung des entstehenden Magnetfeldes an.

Stärke des Magnetfeldes:

Für alle Magnete gilt, je weiter man sich von ihnen entfernt, umso schwächer wird deren Kraftwirkung, also auch das Magnetfeld.

Für den stromdurchflossenen Leiter gilt zum Beispiel, dass die Kraft umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands ist.

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

Das heißt, dass die Kraft viermal kleiner wird, wenn man den Abstand zum Leiter verdoppelt.

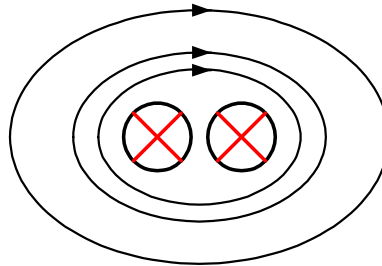
Aufgabe 5:

- a) Wie verändert sich die Kraft auf ein Stück Aluminium, wenn man dessen Abstand zu einem stromdurchflossenen Leiter verdreifacht?
- b) Wie verändert sich die Kraft auf ein Stück Eisen, wenn man dessen Abstand zu einem stromdurchflossenen Leiter verdreifacht?

12.3.2 Überlagerung mehrerer Magnetfelder

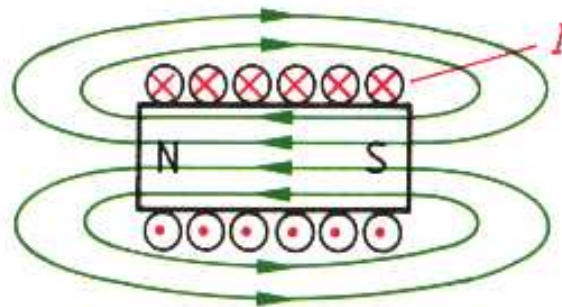
Durchdringen mehrere Magnetfelder den gleichen Raum, so überlagern sich die einzelnen Felder zu einem Gesamtfeld. Das heißt die Einzelfelder verstärken sich dort, wo sie in die gleiche Richtung zeigen und schwächen sich ab, wo sie in entgegengesetzte Richtung, zeigen.

Feldlinienbild von zwei parallelen Leitern:



Um mit Hilfe von Strom einen Magneten zu konstruieren, der einen klar definierten Nordpol und Südpol hat, muss man den Leiter zu einer Spule wickeln.

Feldlinienbild einer stromdurchflossenen Spule:



Eine solche Konstruktion nennt man auch **Elektromagnet**.

Aufgabe 6:

Du sollst mit einem Elektromagneten ein möglichst starkes Magnetfeld erzeugen. Was sind die vier wichtigsten Größen über die man die Kraftwirkung eines Elektromagneten erhöhen kann?

Lösung:

1. Strom
2. Windungszahl
3. Eisenkern
4. Kompaktheit

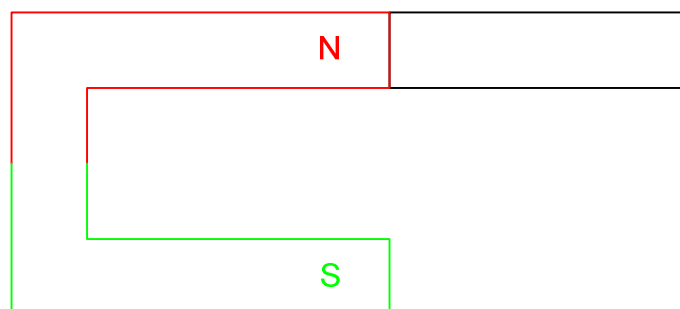
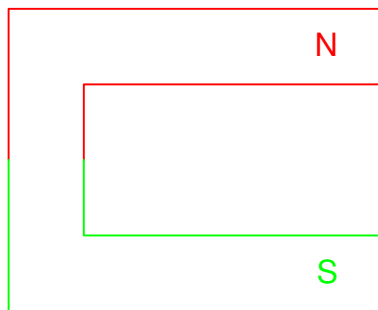
12.4 Magnetische Eigenschaften des Eisens (erster Teil)

In der Aufgabe 6 haben wir bereits festgestellt, dass:

Eisen verstärkt das Magnetfeld.

Versuch 6:

Bringt man ein Stück Eisen in die Nähe eines Magneten, so verändert sich der Verlauf des Magnetfelds sehr stark.



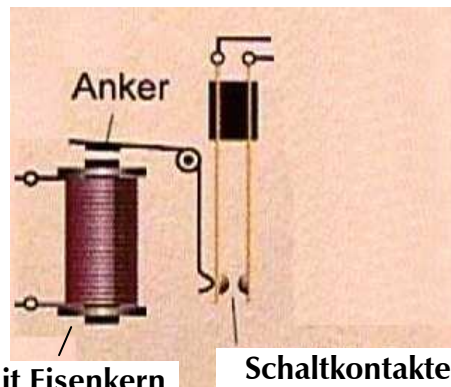
Schlussfolgerung:

Das Magnetfeld folgt wenn möglich dem Eisen.

12.5 Relais

Elektromagnete mit Eisenkern finden Anwendung in Relais, auch Schütz genannt. Relais können große Lastströme mit kleinen Steuerströmen über "große" Distanzen einschalten.

Aufbau:



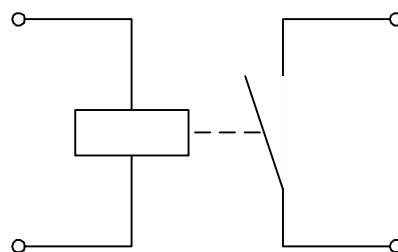
Elektromagnet mit Eisenkern

Schaltkontakte

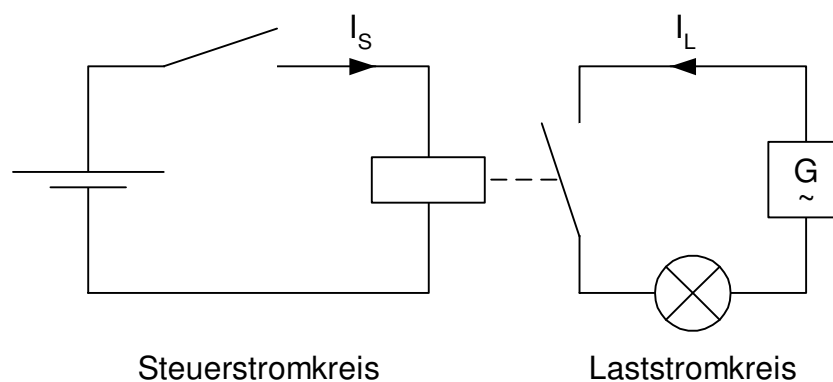
Funktionsweise:

Fließt ein Strom durch den Elektromagneten, so wird der Anker angezogen. Dieser schließt die Schaltkontakte.

Schaltzeichen:



Anwendungsschaltung:



Steuerstromkreis

Laststromkreis

Siehe auch Animation auf: <http://de.wikipedia.org/wiki/Relais>

Vorteile des Schaltens von Lasten über Relais:

- Es können kleinere Leitungsquerschnitte im Steuerstromkreis als im Laststromkreis benutzt werden, da der benötigte Steuerstrom recht klein ist. Platziert man das Relais nahe an den Verbraucher, so können dadurch Kosten gespart werden.
- Im Steuerstromkreis können niedrigere Spannungen und andere Spannungsarten verwendet werden. So könnte man zum Beispiel über den Ausgang eines TTL-IC's (5V Gleichspannung) eine Glühlampe (230V Wechselfspannung) einschalten.
- Es besteht keine elektrische Verbindung zwischen dem Steuerstromkreis und dem Laststromkreis. Man sagt auch beide Stromkreise sind **galvanisch getrennt**. Ein Fehler im Laststromkreis (z.B. Überspannung, Kurzschluss) kann keine Auswirkung auf den Steuerstromkreis haben.

Aufgabe 7:

Schließt sich bei einem Relais der Schaltkontakt auch, wenn man Wechselstrom auf die Relaisspule gibt? Begründe deine Antwort.

12.6 Magnetische Flussdichte (B)

In den ersten Versuchen zum Magnetismus hatten wir bereits erkannt, dass ein Magnetfeld an unterschiedlichen Punkten unterschiedlich stark sein kann. Die Stärke eines Magnetfelds kann gemessen werden und wird mit **magnetischer Flussdichte B** bezeichnet. Sie wird in der Einheit Tesla (Abkürzung: T) mit einem Hallgenerator gemessen.

Typische Werte von magnetischen Flussdichten sind:

<u>Objekt</u>	<u>magnetische Flussdichte</u>
Fernseher	bis $1\mu\text{T}$
Erde	$40\mu\text{T}$
gesetzlicher Grenzwert in 50Hz-Anlagen	$100\mu\text{T}$
Supermagnete	bis 1T
IRM-Scanner	1,5T

12.7 Induktivität (L)

Die Unterschiede zwischen den Spulen (Windungszahl, Länge, Durchmesser, Kernmaterial) lassen sich alle in der Induktivität L zusammenfassen. Sie ist ein Maß dafür wie viel Magnetfeld eine bestimmte Spule produzieren kann.

Je höher bei gleichem Strom die Induktivität einer Spule ist, umso stärker ist das produzierte Magnetfeld.

Die Induktivität L einer Spule wird in Henry (Abkürzung: H) gemessen.

Aufgabe 8:

Wie verändert sich die Induktivität einer Spule, wenn man einen Eisenkern hineinsteckt?

12.8 Spulen als Energiespeicher

Versuch 7:

Schaltet man eine Spule als "Vorwiderstand" zu einer LED, so kann man beobachten, dass die LED nach dem Abschalten der Betriebsspannung noch kurz nachleuchtet. Die Energie für dieses Nachleuchten kann nur aus der Spule kommen und steckt im Magnetfeld.

[Lehrerinfo: 12000-Windungen PHYWE-Spule mit geschlossenem Eisenkern vor die LED schalten. Freilaufdiode nicht vergessen!]

Schlussfolgerung:

Magnetfelder sind Energiefelder, d.h. sie benötigen zum Aufbau eine gewisse Menge Energie, die sie beim Abbau des Magnetfelds wieder abgeben.

Eine Spule speichert umso mehr Energie, je höher die Induktivität ist und je größer der Strom ist der durch sie fließt. Es gilt:

$$W_L = \frac{1}{2} LI^2$$

W_L ist die in der Spule gespeicherte Energie in Wattsekunden [Ws]

L ist die Induktivität der Spule in Henry [H]

I ist der Strom durch die Spule in Ampere [A]

Aufgaben zur Spule als Energiespeicher:

9. In welcher der beiden folgenden Spulen steckt mehr Energie? Begründe deine Antwort.

$$L_2 = 120\text{mH} \quad I_2 = 2\text{A}$$

$$L_1 = 60\text{ mH} \quad I_1 = 4\text{A}$$

10. In dem Versuch 7 hat die LED (2V/15mA) ungefähr 2 Sekunde nachgeleuchtet.

- Berechne die Induktivität der Spule. Lösung: $L = 533\text{ H}$
- Wie erklärst du dir die Differenz der berechneten Induktivität zu dem auf der Spule aufgedruckten Wert?
- Berechne die Gleichspannung die man an die Spule legen muss, damit der Strom von 15mA fließt. Der Wicklungswiderstand der Spule beträgt $2\text{k}\Omega$.

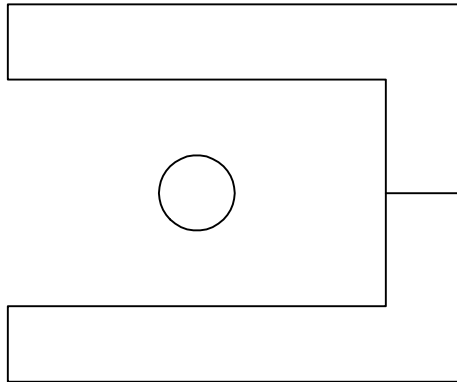
11. Die Spule aus Versuch 7 hat ohne Eisenkern eine Induktivität von 4H und einem Wicklungswiderstand von $2\text{k}\Omega$.

- Berechne den Strom den man durch eine Spule fließen lassen müsste, damit sie ohne Eisenkern ebenfalls eine Energie von 0,06Ws speichern würde.
Lösung: $I = 0,173\text{ mA}$
- Berechne die Gleichspannung die man an die Spule anlegen müsste, damit der in Punkt a) berechnete Strom fließt?

12.9 Kraft auf stromdurchflossene Leiter (Lorentzkraft)

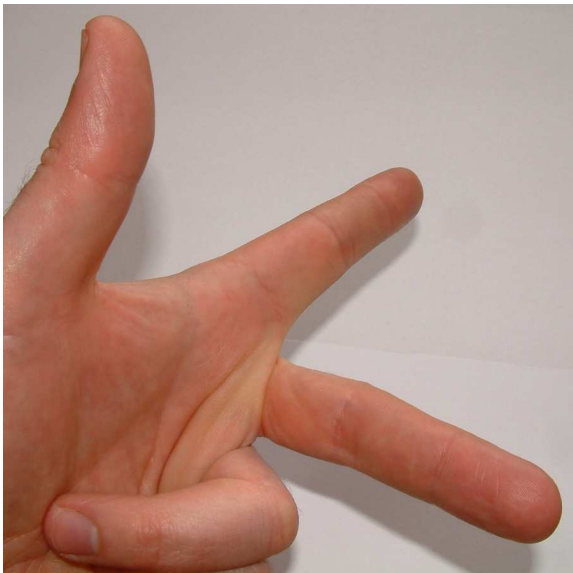
Versuch 8:

Hält man einen stromdurchflossenen Leiter in ein Magnetfeld, so wirkt eine Kraft auf den Leiter.

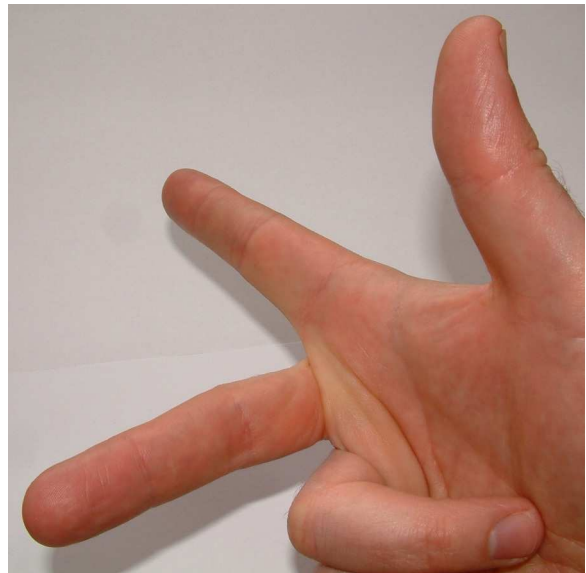


Die Richtung der Kraft hängt von der Richtung der Feldlinien und der Richtung des Stroms ab. Es gilt die **Drei-Finger-Regel (FBI-Regel)**:

Linke Hand



Rechte Hand



Die Lorenzkraft ist umso größer, je größer die magnetische Flussdichte, die Stromstärke und die Länge des Leiters im Magnetfeld ist. Es gilt:

$$F_L = B \cdot I \cdot l$$

F_L ist die Lorenzkraft in Newton [N]

B ist die magnetische Flussdichte am Leiter in Tesla [T]

I ist der Strom durch den Leiter in Ampere [A]

l ist die Länge des Leiters im Magnetfeld in Meter [m]

Aufgabe 12:

Berechne die Kraft auf einen Leiter durch den 10A fließen und der auf 5cm einem Magnetfeld von 100mT ausgesetzt ist.

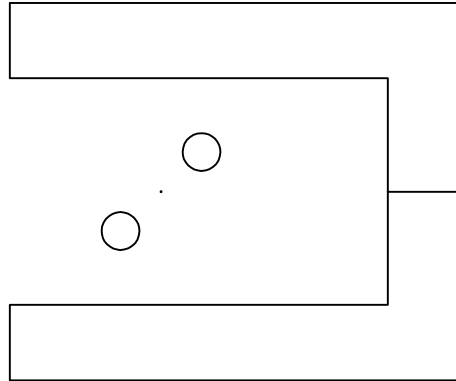
Aufgabe 13:

Zwei Adern liegen parallel nebeneinander. Durch die eine Ader fließt ein großer Strom zu einem Verbraucher hin. Durch die andere Ader fließt der gleiche Strom vom Verbraucher zurück. Erkläre weshalb die beiden Adern sich gegenseitig abstoßen.

12.10 Motorprinzip

Versuch 9:

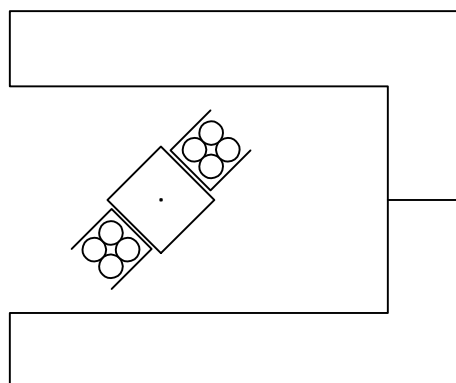
Wickelt man den Draht aus Versuch 8 zu einer Spule und lässt erneut Strom hindurchfließen, so dreht sich die Spule im Magnetfeld bis die Wicklungen quer zu den Feldlinien stehen.



Erklärung:

Die Lorenzkräfte auf die beiden Leitungen wirken entgegengesetzt und versetzen die Spule dadurch in eine Drehbewegung.

Man kann den Effekt auch erklären, indem man sich daran erinnert, dass die Spule ein Elektromagnet ist mit einem Nord- und Südpol. Diese werden entsprechend von dem entgegengesetzten Pol des Permanentmagneten angezogen.



12.11 Gleichstrommotor

Damit sich die Spule im Versuch 9 kontinuierlich dreht und der Aufbau so zu einem Motor wird, muss der Stromfluss durch die Spule jeweils umgekehrt werden, sobald die Windungen quer zum Magnetfeld stehen. Diese Stromumkehr erfolgt durch einen sogenannten Kommutator.

siehe auch: www.walter-fendt.de/ph11d/elektromotor.htm

www.eschke.com

12.12 Elektromagnetische Induktion

Versuch 10:

Bewegt man einen Permanentmagneten in eine Spule, so entsteht an den Anschlussklemmen der Spule eine Spannung.

[Lehrerinfo: Spule $N=12000$ Phywe, Stab oder Hufeisenmagnet, Speicheroszilloskop $0,1s/div$ $10V/div$, eine angeschlossene LED leuchtet]

Ein sich veränderndes Magnetfeld induziert in einer Spule eine Wechselspannung.

**Die Spannung ist umso größer, je schneller sich das Magnetfeld verändert,
je stärker das Magnetfeld ist und
je höher die Windungszahl der Spule ist.**

Die induzierte Spannung ist immer so gerichtet, dass der dadurch fließende Strom der Magnetfeldänderung entgegenwirkt. (Lenzsche Regel)

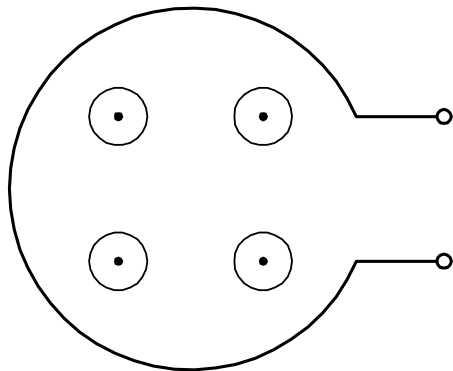
Es gibt 2 Möglichkeiten wie man ein sich veränderndes Magnetfeld erzeugen kann:

1. Man benutzt einen bewegten Permanentmagneten.
2. Man benutzt einen unbewegten Elektromagneten durch den man einen Wechselstrom fließen lässt.

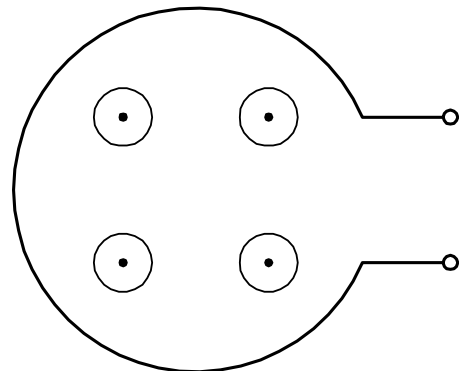
Aufgabe 14:

Zeichne den Spannungspfeil der induzierten Spannung in den 4 folgenden Situationen ein. Trage dazu zunächst den Strompfeil so ein, dass er der Magnetfeldänderung entgegenwirkt. Zeichne anschließend den Spannungspfeil entsprechend ein. Bedenke dabei, dass es sich um einen Generator also um eine Spannungsquelle handelt und nicht um einen Verbraucher:

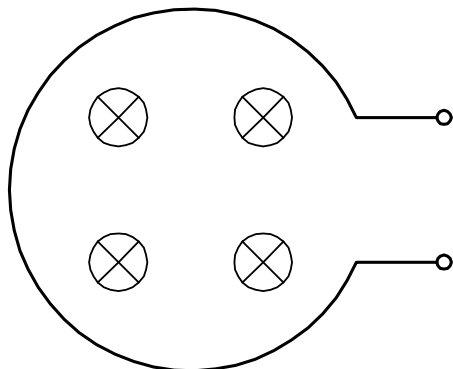
1. Das Magnetfeld wird stärker.



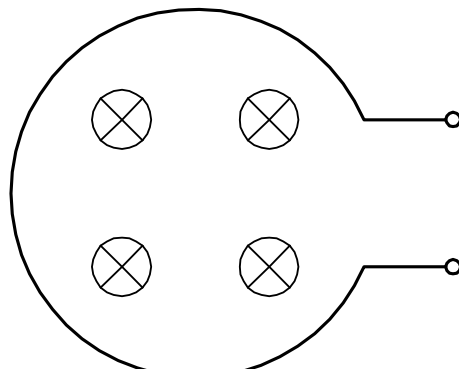
2. Das Magnetfeld wird schwächer.



3. Das Magnetfeld wird stärker.

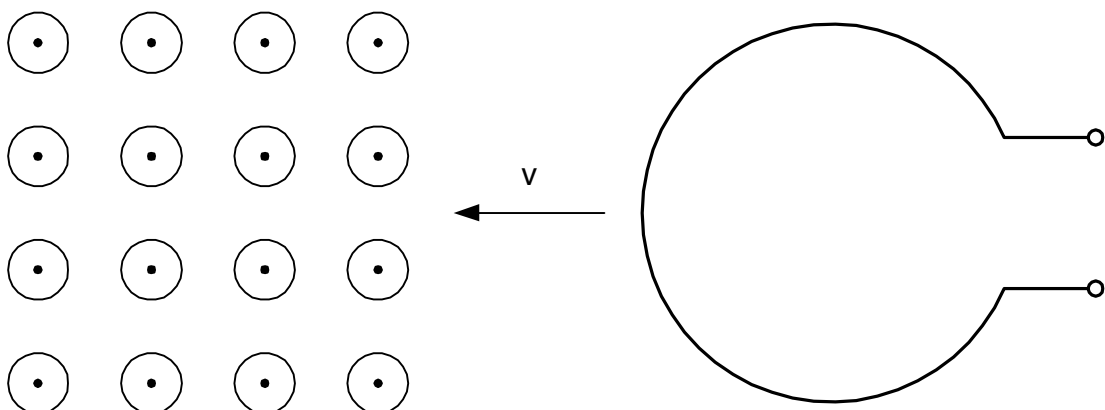


4. Das Magnetfeld wird schwächer.



Aufgabe 15:

Zeichne den Spannungs- und Strompfeil ein, wenn die Spule in das Magnetfeld hineingeschoben wird.



12.13 Generatoren

Ein elektrischer Generator funktioniert umgekehrt wie ein elektrischer Motor.

Beim Motor lässt man einen Strom durch eine Spule fließen die sich in einem Magnetfeld befindet, damit diese anfängt sich zu drehen.

Bei einem Generator dreht man die Spule in einem homogenen Magnetfeld. Dadurch verändert sich das Magnetfeld in der Spule und es wird eine Wechselspannung induziert. Schließt man an die Spule einen Verbraucher an, so fließt ein Wechselstrom.

Werden die Anschlüsse der Spule statt mit Schleifringen über einen Kommutator nach außen geführt, so entsteht eine pulsierende Gleichspannung.

Da die Spannungsinduktion beim Generator mit einer Bewegung verbunden ist, spricht man auch von der Induktion der Bewegung.

siehe auch: www.walter-fendt.de/ph11d/generator.htm

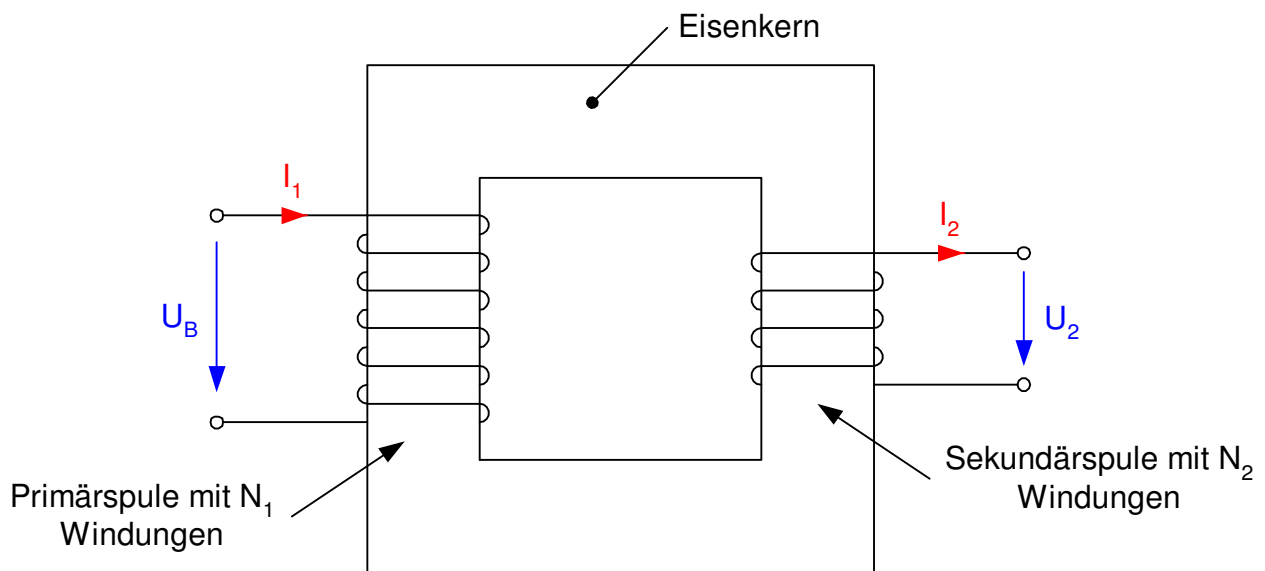
12.14 Transformatoren

12.14.1 Zweck, Aufbau und Schaltzeichen eines Transformators

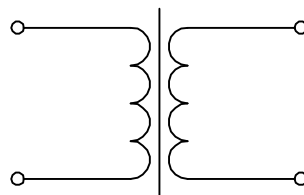
Zweck:

Mit einem Transformator können Wechselspannungen und Wechselströme vergrößert oder verkleinert werden. Da die abgegebene Leistung ($P_2=U_2 \cdot I_2$) nie größer sein kann als die zugeführte Leistung ($P_1=U_1 \cdot I_1$), folgt daraus automatisch, wenn die Spannung vergrößert wird, verkleinert sich der Strom.

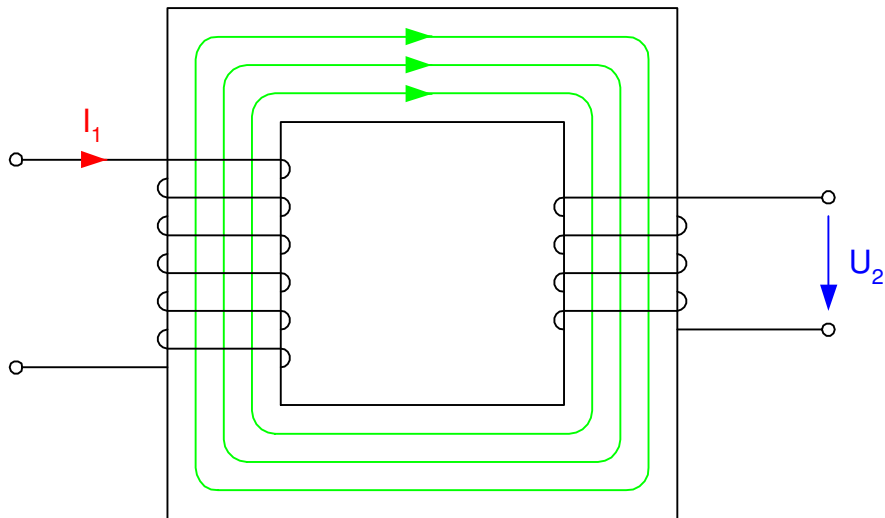
Aufbau:



Schaltzeichen:



12.14.2 Funktionsweise eines Transformators



Der Wechselstrom I_1 in der Primärspule erzeugt ein veränderliches Magnetfeld. Das Magnetfeld folgt dem Eisenkern und durchdringt die Sekundärspule. Das sich verändernde Magnetfeld induziert die Spannung U_2 in der Sekundärspule. Da beim Transformator eine Spannung induziert wird, ohne dass sich etwas bewegt, spricht man auch von der Induktion der Ruhe.

12.14.3 Spannungsübersetzung eines Transformators

siehe Versuch 17

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1$$

U_1 ist die Spannung an der Primärspule in Volt [V]

U_2 ist die Spannung an der Sekundärspule in Volt [V]

N_1 ist die Windungszahl der Primärspule (ohne Einheit)

N_2 ist die Windungszahl der Sekundärspule (ohne Einheit)

Merksatz:

Am Transformator liegt die größte Spannung immer an der Spule mit den meisten Windungen.

12.14.4 Stromübersetzung eines Transformators

siehe Versuch 17

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} \cdot I_1$$

I_1 ist der Strom durch die Primärspule in Ampere [A]

I_2 ist der Strom durch die Sekundärspule in Ampere [A]

N_1 ist die Windungszahl der Primärspule (ohne Einheit)

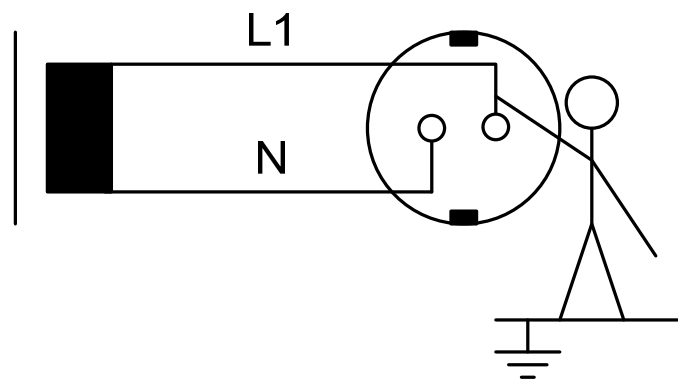
N_2 ist die Windungszahl der Sekundärspule (ohne Einheit)

12.14.5 Galvanische Trennung mit Transformatoren

Da die beiden Spulen des Transformators galvanisch getrennt sind, kann man mit Transformatoren Stromnetze aufbauen, wo das Berühren eines einzelnen beliebigen Leiters nicht zu einem Stromschlag führt.

Als Trenntransformator bezeichnet man Transformatoren wo $U_2 = U_1$ und die Sekundärseite nicht geerdet und somit galvanisch getrennt ist.

Beispiel des Schutzes durch einen Trenntransformator:



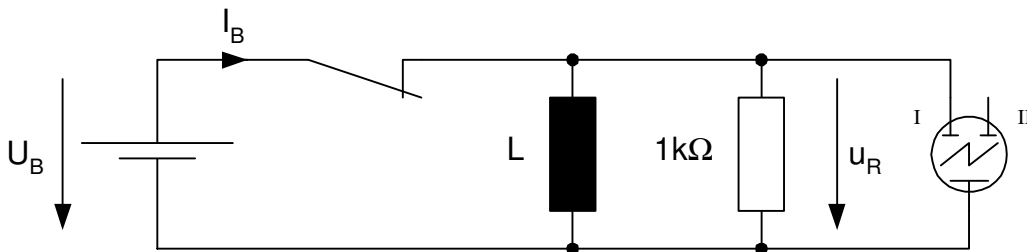
Aufgaben zum Transformator:

16. Welche Sekundärspannung liefert ein Transformator, der an 230 V angeschlossen wird, wenn die Primärwicklung 25 und die Sekundärwicklung 700 Windungen besitzen?
17. Mit Hilfe eines Messtransformators soll die Spannung auf einer 15kV-Hochspannungsleitung auf 100Volt reduziert werden. Die Sekundärwicklung hat 1 Windung. Wie viele Windungen muss die Primärwicklung haben?
18. Die Primärstromstärke eines Transformators beträgt 1A bei einer Spannung von $U = 230V$. Welchen Wert hat die Sekundärstromstärke, wenn die Sekundärspannung 23V beträgt.
19. Ein Elektroschweißgerät besteht hauptsächlich aus einem Einphasentransformator. Auf der Primärseite wird das Versorgungsnetz, auf der Sekundärseite die Schweißelektrode angeschlossen. Der Lichtbogen bildet den Verbraucher.
Übliche Werte für die Spannung und den Strom am Lichtbogen sind 25V und 135A.
 - a) Dimensioniere die Windungszahlen entsprechend der benötigten Übersetzung.
 - b) Berechne den Strom auf der Primärseite.

12.15 Selbstinduktion

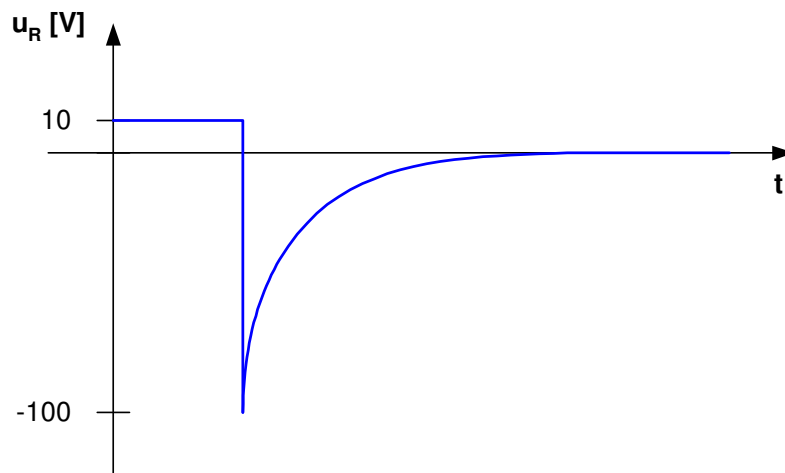
Versuch 11:

Versuchsaufbau:



[Lehrerinfo: Spule $N=600$ Phywe, $I_B=100\text{mA}$, $R = 1\text{k}\Omega$]

Beobachtung:



Versucht man den Strom durch eine Spule zu unterbrechen, entsteht kurzzeitig eine hohe negative Spannung an der Spule. Die Spannung ist umso größer, je größer der Widerstandswert des ohmschen Widerstands ist.

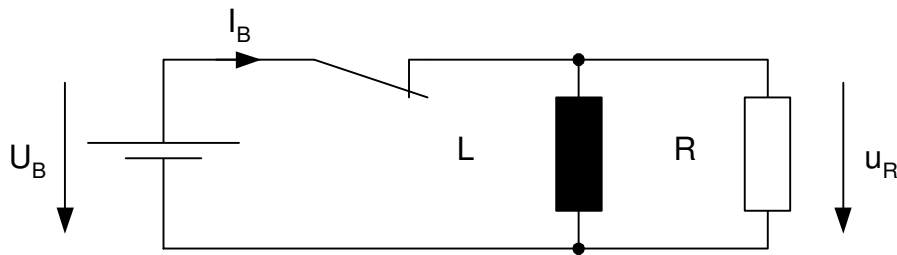
Erklärung:

Durch die Unterbrechung des Stroms wird das Magnetfeld in der Spule schnell schwächer. Dies induziert wiederum eine Spannung in der Spule. Da die Spule in der die Spannung induziert wird, die selbe Spule ist die das Magnetfeld erzeugt hat, spricht man von Selbstinduktion.

Die induzierte Spannung lässt den Strom der vor dem Abschalten durch die Spule geflossen ist, weiter fließen. Je mehr von der in der Spule gespeicherten Energie verbraucht ist, umso schwächer wird die induzierte Spannung und somit auch der fließende Strom.

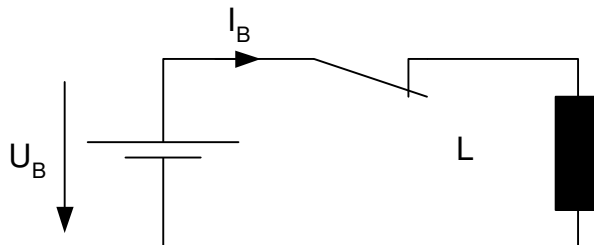
Aufgaben zur Selbstinduktion:

20. Gegeben ist folgende Schaltung:



- Zeichne den geschlossenen Stromverlauf ein, nachdem der Schalter geöffnet wurde.
- Wenn der Strom durch die Spule vor dem Abschalten 2A betrug, wie groß ist dann der Strom durch den Widerstand kurz nach dem Abschalten?
- Berechne die Spannung u_R kurz nach dem Öffnen des Schalters, wenn der Widerstand einen Widerstandswert von $1\text{k}\Omega$ hat.

21. Zeichne in der folgenden Schaltung den geschlossenen Stromverlauf ein, nachdem der Schalter geöffnet wurde.



22. Ein rollender LKW verhält sich sehr ähnlich wie die Spule, wenn du folgende Entsprechungen berücksichtigst:

Die Spannungsquelle	entspricht	dem Motor.
Der Spannungswert von U_B	entspricht	der Position des Gaspedals.
Der Strom durch die Spule	entspricht	der Geschwindigkeit des LKW.
Die Spule	entspricht	dem LKW.
Der ohmsche Widerstand	entspricht	dem Luftwiderstand oder einem Hindernis.

Übersetze schriftlich folgende Beobachtungen an der Spule auf den LKW und kontrolliere so deren Richtigkeit.

- Je höher die Spannung U_B ist, umso größer ist die Stromstärke durch die Spule.
- Unterbricht man die Verbindung zwischen der Spannungsquelle und der Spule fließt der Strom durch die Spule zunächst unvermindert weiter, wird dann aber immer schwächer.
- Egal wie groß der Widerstandswert des ohmschen Widerstands ist, nach dem Abschalten ist der Strom im ersten Moment genauso groß wie davor.

12.16 Magnetische Eigenschaften des Eisens (zweiter Teil)

Im Kapitel 11.4 hatten wir bereits festgestellt, dass Eisen das Magnetfeld verstärkt und dass die Feldlinien dem Eisen wenn möglich folgen. Im Folgenden soll noch das Phänomen der Sättigung und des Restmagnetismus erklärt werden.

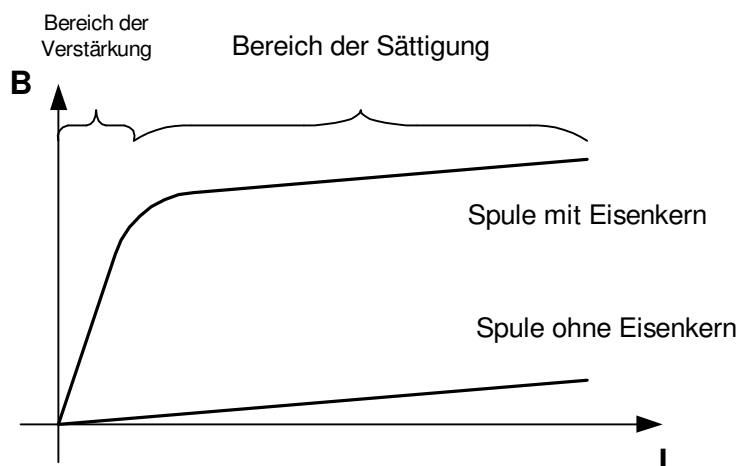
12.16.1 Sättigung

Zur Erinnerung:

Unter dem Einfluss des Magnetfelds einer Spule richten sich die Elementarmagnete im Eisen in Richtung des Fremdmagnetfelds aus und verstärken es so.

Die Ausrichtung der Elementarmagnete erfolgt nicht schlagartig. Je größer die Stromstärke durch die Spule wird, umso mehr Elementarmagnete richten sich aus und umso stärker wird das Magnetfeld. Sind alle Elementarmagnete in eine Richtung ausgerichtet, so verstärkt sich das Magnetfeld kaum noch, wenn man die Stromstärke erhöht. Man sagt das Eisen ist magnetisch gesättigt.

Magnetisierungskennlinie (Neukurve):



12.16.2 Restmagnetismus

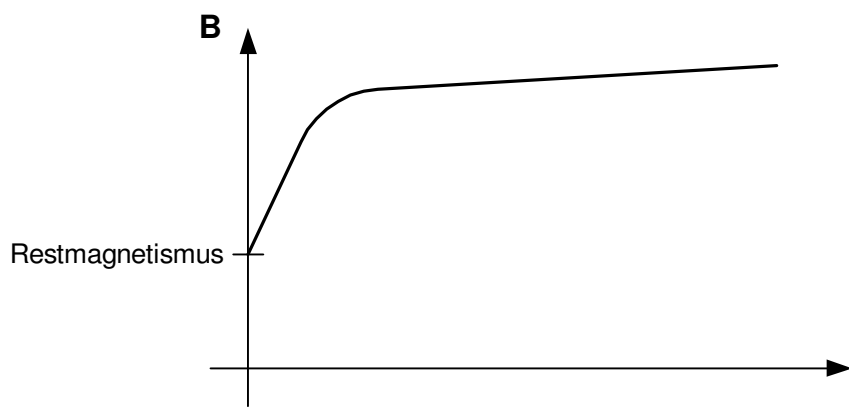
Versuch 12:

Nägel die einmal einem magnetischen Feld ausgesetzt waren, bleiben etwas magnetisch, selbst wenn man sie wieder aus dem Magnetfeld entfernt. Erhitzt man das Eisen, verliert es seinen Magnetismus.

Erklärung:

Ein Teil der Elementarmagnete bleibt in eine Richtung ausgerichtet, selbst wenn man das Eisen wieder aus dem Magnetfeld entfernt. Dadurch bleibt das Eisen magnetisch, was als Restmagnetismus bezeichnet wird. Durch die Hitze wird dies aufgehoben.

Magnetisierungskennlinie mit Restmagnetismus:



Schlussfolgerung:

Ein Magnet ist im Prinzip nichts anderes als eine Eisenlegierung mit einem besonders starken Restmagnetismus.