

Erfahrungen mit Magnetismus

Erfahrungen aus früheren Jahrhunderten

Schon vor über zweitausend Jahren hat man mit dem Magnetismus Erfahrungen gemacht. Im alten Ägypten, in Griechenland und in Kleinasien waren schwarze, matt glänzende Steine bekannt, die man zuerst in der Landschaft Magnesia (Thessalien) gefunden hatte. Ein solcher „lithos magnetes“ (Stein aus Magnesia), wie ihn die Griechen nannten, hat eine erstaunliche Eigenschaft: wenn man ihm kleine Eisenstückchen bis auf ein paar Millimeter nähert, dann „springen“ sie zu ihm hin und bleiben an ihm haften. Das sieht wie Zauberei aus, und so nimmt es nicht wunder, dass Magneten allerlei Zauberkräfte zugeschrieben wurden. Man glaubte z. B., daß sie Wunden, die von Eisen geschlagen worden waren, schneller heilen ließen. Auch in Sagen und Märchen werden Wirkungen von Magneten beschrieben. In den „Erzählungen aus Tausend und eine Nacht“ gibt es die „Geschichte vom Magnetberg“. Dort kann man lesen:

„Mein Fürst, morgen gegen Ende des Tages werden wir zu einem Berg von schwarzem Gestein kommen, das ist der Magnetberg. Dann werden sich des Schiffes Planken öffnen, und jeder Nagel wird herausfliegen und an dem Berg haften. Denn die Allmacht Allahs hat jene Gattung Gesteins mit einer geheimnisvollen Kraft begabt und mit einer besonderen Vorliebe für Eisen; und alles, was aus Eisen ist, zieht der Magnetstein unaufhaltsam an.“

Das ist natürlich übertrieben. Es gibt zwar Berge, die überwiegend aus magnetischem Gestein (Magnetit oder Magneteisenstein nennt es der Geologe) bestehen und die auch heute noch

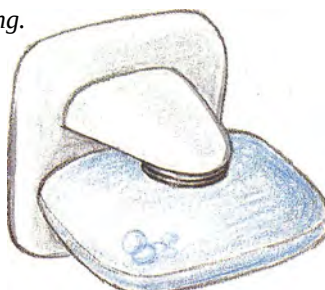


Bild 1: Ein schwimmender Magnetit richtet sich immer in die gleiche Richtung aus.

Magnetberge genannt werden (z. B. auf der Insel Elba); daß sie aber auf weite Entfernungen Nägel aus den Schiffsplanken ziehen, ist eben ein Märchen.

Schon im ersten Jahrhundert n. Chr. machten die Chinesen eine folgenreiche Entdeckung. Wenn man einen Magneteisenstein auf einer Holzunterlage auf Wasser schwimmen lässt, dann dreht er sich samt Unterlage und kommt schließlich in einer ganz bestimmten Richtung zur Ruhe (Bild 1). Wenn man ihn jetzt aus dieser Richtung herausdreht, so kehrt er immer wieder von selbst in diese bevorzugte Richtung zurück. Diese Richtung ist ganz unabhängig davon, an welchem Ort man diesen Versuch durchführt. Zunächst diente ein solcher Richtungsanzeiger den Chinesen zur Ausrichtung von Grabstätten und Tempeln. Später bauten sie auch Kompassse für die Seefahrt. Von China kam der Kompass über Persien um 1200 nach Europa. Ohne diese von der Sonne und den Sternen unabhängige Orientierungshilfe wären die kühnen Entdeckungsfahrten eines Christoph Columbus oder eines Vasco da Gama oder die erste Weltumsegelung eines Fernando Magellan zu Beginn unserer Neuzeit (um 1500) nicht möglich gewesen.

Bild 2: Magnete in deiner Umgebung.



Erfahrungen, die du selbst machen kannst

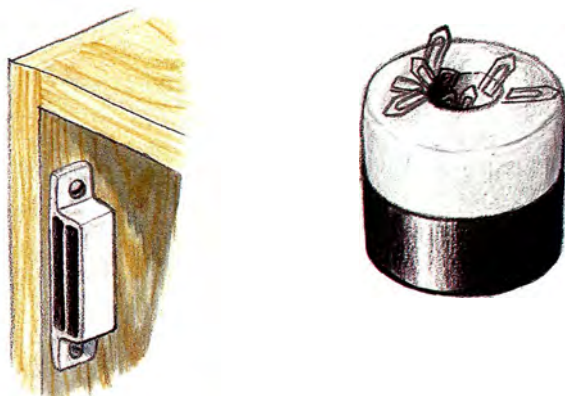
Du brauchst dir keinen Stein aus Magnesia zu besorgen, um Erfahrungen mit Magneten zu sammeln. Heute kann man künstlich hergestellte Magnete im Eisenwarengeschäft oder im Kaufhaus für wenig Geld kaufen, z. B. als Stabmagnet, als Hufeisenmagnet oder als Scheibenmagnet (Bild 3). Damit kann man eine Reihe von Versuchen machen. Wenn du einen Magneten hast, kannst du sie selbst durchführen.

Nimm kleine Gegenstände aus verschiedenem Material und prüfe, welche davon von dem Magneten angezogen werden.

Du wirst feststellen, daß Gegenstände aus Eisen angezogen werden. Vielleicht wunderst du dich, daß auch Pfennigstücke am Magneten hängenbleiben. Diese Münzen haben einen Eisenkern, der zum Schutz gegen Rost mit einer dünnen Schicht aus Kupfer überzogen ist. Auch andere eiserne Gegenstände haben häufig eine Schutzschicht aus einem beständigeren Metall (z. B. Messing, Zink, Chrom) oder aus Farbe. Solchen Gegenständen kann man nicht ansehen, daß sie aus Eisen sind. Mit einem Magneten lässt sich das Eisen aber leicht aufspüren.

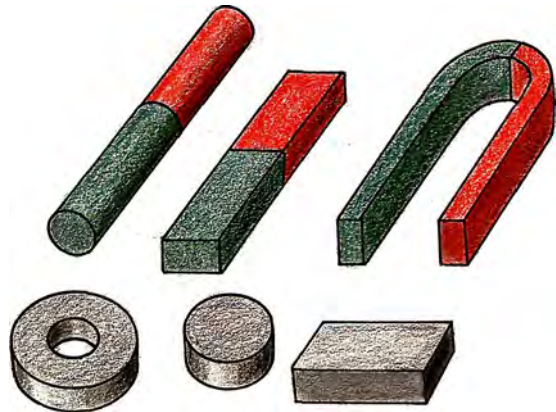
Suche mit einem Magneten in der Wohnung nach größeren Gegenständen oder Teilen davon, die vom Magneten angezogen werden.

Es gibt Metallgegenstände, die Eisen enthalten und doch nicht vom Magneten angezogen werden; beispielsweise gibt es solche Eßbestecke und Kochtöpfe. Dem Eisen sind dann andere Metalle zugesetzt worden, z. B. Chrom, die das Rosten verhindern. Eine solche Mischung (Legierung) ist aber nicht nur rostfrei, sie wird auch nicht mehr vom Magneten angezogen. Also Vorsicht mit der Schlußfolgerung, ein Metallgegen-



Stabmagnete

Hufeisenmagnet



Scheibenmagnete

Bild 3: Künstliche Magnete können verschiedene Formen haben.

stand enthalte kein Eisen, wenn ein Magnet ihn nicht anzieht! Es kann sich auch um eine unmagnetische Eisenlegierung handeln.

Es muss nicht immer **Eisen** sein, was am **Magneten** hängenbleibt. Auch **Nickel** und **Kobalt** werden vom Magneten angezogen. Sie werden zusammen mit dem Eisen (lateinisch ferrum) **ferromagnetische Stoffe** genannt. Unsere Zwei- und Fünfmärkstücke haben z. B. einen Kern aus Nickel und können deshalb mit einem starken Magneten hochgehoben werden.

So wie es Legierungen gibt, die unmagnetisch sind, obwohl sie Eisen enthalten, gibt es merkwürdigerweise auch Legierungen, in denen überhaupt kein Eisen und auch kein anderer ferromagnetischer Stoff (Kobalt, Nickel) enthalten ist, und die trotzdem magnetisch sind!

Aufgaben

1. Suche nach „versteckten“ Magneten in deiner Umgebung und beschreibe ihre Funktion. Bild 2 gibt dir einige Anregungen.
2. Denke dir verschiedene Anwendungen für Magnete aus und beschreibe sie. Unterscheide dabei Anwendungen zum Festhalten, zum Prüfen und zum Sortieren.

Versuche mit Magneten

Wer zieht wen an?

Dir ist vielleicht aufgefallen, dass kleinere Gegenstände aus Eisen zum Magneten hingespungen sind, dass manchmal aber auch der Magnet zu dem Gegenstand aus Eisen gezogen worden ist. Das kannst du noch genauer untersuchen.

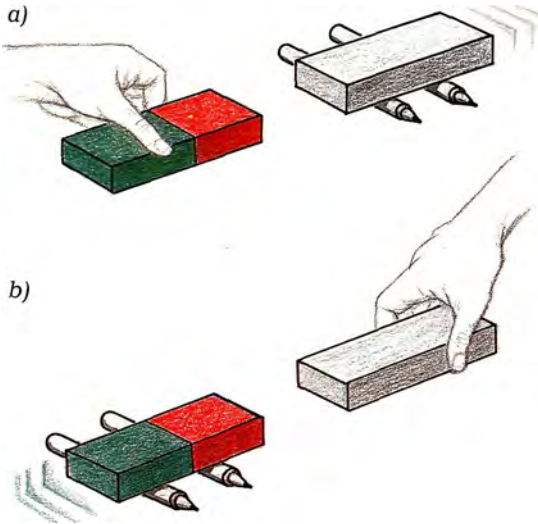
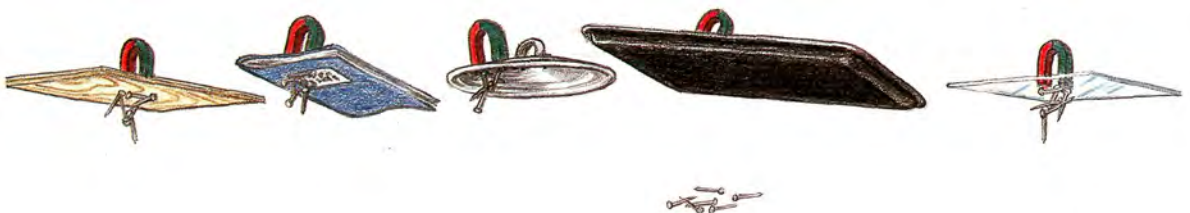


Bild 1: So kannst du die wechselseitige Anziehung eines eisernen Gegenstandes und eines Magneten erkennen.

Versuch 1: Besorge dir einen Klotz aus Eisen und lege ihn auf zwei runde Filzstifte (Bild 1a). Wenn du ihm mit einem Ende des Magneten genügend nahegekommen bist, dann wird das Eisen zum Magneten hinrollen. Vertausche nun Eisenklotz und Magneten (Bild 1b). Was beobachtest du?

Ein Gegenstand aus Eisen und ein Magnet wirken wechselseitig aufeinander ein. Der Magnet zieht das Eisen und das Eisen zieht den Magneten an. Man sagt: Zwischen Eisen und Magnet besteht eine Wechselwirkung.

Bild 2: Magnete können durch andere Stoffe hindurch Eisen anziehen. Eisen dagegen schirmt die Wirkung ab.



Wirkt der Magnet durch Stoffe hindurch?

Ein Magnet kann Eisen auch dann anziehen, wenn es mit anderem Material ummantelt ist, z. B. einen Groschen mit einer Messinghülle oder eine Kühlschrankwand mit einem Lackanstrich. Dar- aus könnte man schließen, daß ein Magnet durch bestimmte Materialien hindurch wirken kann. Das kannst du näher untersuchen.

Versuch 2: Suche dir flache Gegenstände aus unterschiedlichem Material zusammen, etwa ein dünnes Holzbrett, eine Glasplatte (Spiegel), einen Metallteller aus Zinn oder Messing, einen Topfdeckel aus Aluminium oder ein Heft. Auch ein Eisenblech sollte dabei sein, etwa ein schwarzes Kuchenblech. Probiere nun nacheinander aus, ob ein Magnet durch diese Gegenstände hindurch Eisen anzieht (Bild 2).

Du wirst feststellen, daß die magnetische Wirkung durch Stoffe wie Holz, Glas, Kupfer, Aluminium oder Papier nicht behindert wird. Es sind dies alles Stoffe, die selbst vom Magneten nicht angezogen werden. Durch eine Eisenplatte vermag der Magnet aber nicht hindurchzuwirken.

Die Wirkung eines Magneten geht durch Stoffe hindurch, die selbst nicht von ihm angezogen werden. Durch ferromagnetische Stoffe dagegen (Eisen, Nickel, Kobalt) vermag ein Magnet nicht hindurchzuwirken.

Ist ein Magnet überall gleich stark?

Versuch 3: Binde eine eiserne Büroklammer oder einen Nagel an einen Faden. Lege den Magneten auf den Tisch und hänge den Gegenstand aus Eisen in einem Abstand über die Mitte des Magneten (Bild 3). Was beobachtest du, wenn du ihn nun langsam dem Magneten näherst, bis er ihn berührt? Wiederhole den Versuch einige Male.

Auch wenn du diesen Versuch mit einem anders geformten Magneten durchführst, ist das Ergebnis immer gleich. Das Eisen wird an eines der beiden Enden des Magneten gezogen. Offenbar besteht zwischen diesen Stellen des Magneten und dem Eisen die stärkste wechselseitige Anziehung. Diese Stellen werden **Pole** genannt.

An den beiden Enden eines Magneten ist die Wechselwirkung mit Eisen oder anderen ferromagnetischen Stoffen am stärksten. Diese Stellen des Magneten heißen Pole.

Versuch 4: Markiere die beiden Pole des Magneten unterschiedlich, z. B. mit den Farben rot und grün. Hänge den Magneten dann so an einen dünnen Faden, daß sich seine beiden Pole auf gleicher Höhe befinden und er sich frei drehen kann (Bild 4). Behalte das Ende des Fadens in deiner Hand und achte darauf, daß sich weder Gegenstände aus Eisen noch andere Magnete in der Nähe befinden. Warte ab, bis der Magnet aufhört, sich hin und her zu drehen, und merke dir die Stellung, in der er zur Ruhe kommt.

Du wirst feststellen, daß sich der Magnet immer in dieselbe Richtung einstellt. Der eine Pol weist nach Süden, das ist diejenige Richtung, in der die Sonne um die Mittagszeit steht, der andere Pol weist nach Norden. Da immer derselbe Pol nach Norden zeigt, muss man aus diesem Versuch schließen, daß die beiden Pole eines Magneten verschieden sind. Sie tragen deshalb auch verschiedene Namen, und zwar heißt der Pol, der nach **Norden** weist, **Nordpol** und der Pol, der nach **Süden** zeigt, **Südpol**.

Ein Magnet hat zwei verschiedene Pole. Um eine senkrechte Achse frei drehbar aufgehängt, dreht sich der Magnet so, dass sein Nordpol nach Norden, sein Südpol nach Süden zeigt.

Aufgaben

Was würde passieren, wenn man nach Art von Bild 1 sowohl den Magneten als auch den Eisenklotz auf zwei Filzstifte (oder zwei Wägelchen) legen würde? Nimm der Einfachheit halber an, dass beide gleich schwer sind.

Warum dürfen sich bei Versuch 4 keine Gegenstände aus ferromagnetischen Stoffen in der Nähe befinden?

3. Nach Versuch 1 sieht es so aus, als ob man einen Magneten von einem genau gleich aussehenden Stück Eisen nicht unterscheiden könnte. Wie kannst du ohne weitere Hilfsmittel trotzdem herausfinden, welches der Magnet und welches das Eisen ist? Denke an Versuch 3!

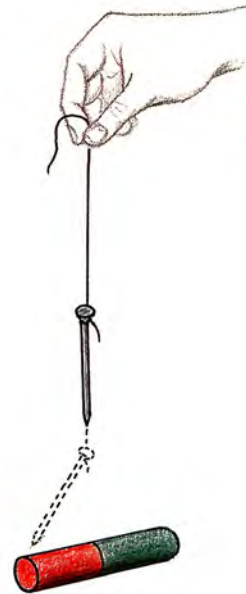


Bild 3: So kannst du zeigen, dass an den Polen die Anziehung des Magneten am stärksten ist.

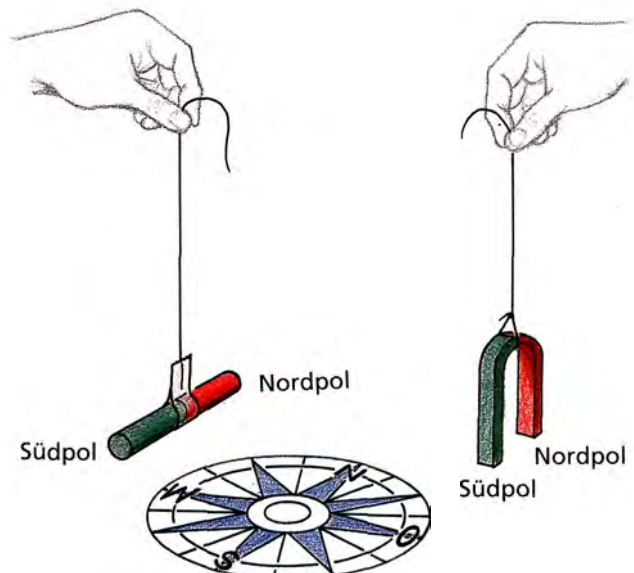


Bild 4: Frei drehbar aufgehängte Magnete stellen sich in die Nord-Süd-Richtung.

Wechselwirkungen zwischen Magneten

Magnete - selbst gemacht

Versuch 1: Nimm einen großen Nagel, eine Stricknadel oder eine eiserne Büroklammer, die du zu einem geraden Drahtstück aufbiegst (Bild 1 und 2). Streiche nun einige Male mit einem Ende (Pol) eines Magneten an dem Eisen entlang (Bild 3) und hänge es dann an einen dünnen Faden. Am besten geht das mit einem Stück Klebefilm (Bild 4). Achte darauf, daß keine ferromagnetischen Gegenstände oder Magnete in der Nähe sind.

Du wirst feststellen, daß sich das so behandelte Eisen genau so verhält wie der Magnet in Versuch 4 (S. 105): Nach einigem Hin- und Herpendeln stellt es sich immer in Nord-Süd-Richtung ein. Markiere den Nordpol (das ist das Ende, das nach Norden zeigt) mit einem Papierschnipsel. Dadurch, dass du mit einem Magneten an dem Eisen entlang gestrichen hast, ist es selbst zu einem Magneten geworden. Das Eisen ist, wie man sagt, magnetisiert worden.

Auf diese Weise könntest du beliebig viele Magnete herstellen, ohne dass dein ursprünglicher (starker) Magnet merklich schwächer würde. Die magnetisierten Eisenstücke sind allerdings nur ziemlich schwache Magnete. Sie lassen sich auch leicht ummagnetisieren, d. h. aus einem Nordpol lässt sich leicht ein Südpol machen. Wie musst du das anstellen? Probiere es aus!

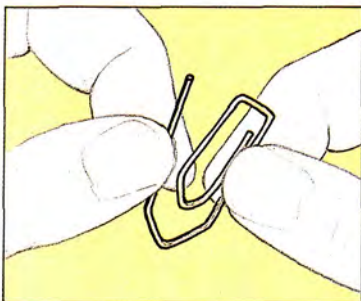


Bild 1

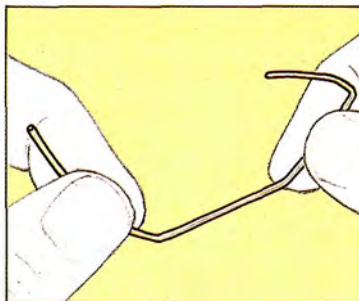


Bild 2

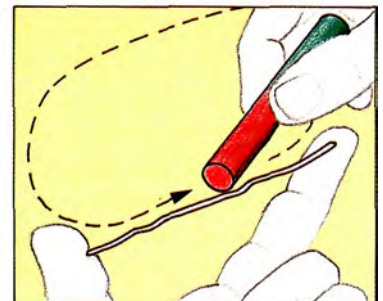


Bild 3: Führe die streichende Bewegung einige Male hintereinander aus.

Anziehung und Abstoßung

Versuch 2: Stelle auf dieselbe Weise (d. h. durch Magnetisieren einer Büroklammer oder eines Nagels mit einem Magneten) einen zweiten Magneten her und ermittle und markiere seinen Nordpol wie bei Versuch 1. Hänge einen der Magnete frei drehbar auf und warte, bis er zur Ruhe gekommen ist.

- Nähere den Nordpol des anderen Magneten vorsichtig dem Nordpol des hängenden Magneten.
- Verfahre entsprechend mit den Südpolen.
- Nähere dich erst mit dem Südpol dem Nordpol und dann mit dem Nordpol dem Südpol.

Immer dann, wenn du zwei gleichnamige Pole einander genähert hast, konntest du beobachten, wie der frei bewegliche Pol abgestoßen wurde (Bild 5). Bei ungleichnamigen Polen konntest du beobachten, wie der frei bewegliche Pol angezogen wurde (Bild 6).

Wenn du zwei Stabmagnete zur Hand hast, kannst du den Versuch damit wiederholen. Auch dabei wirst du wieder Anziehung und Abstoßung feststellen können, je nachdem, welche Pole du einander näherst.

Versuch 3: Sehr schön kannst du die Wechselwirkung zwischen Magneten auch studieren, wenn du den einen der Magnete mit einem Klebeband auf eine Korkscheibe klebst und in einer Schüssel mit Wasser oder im Waschbecken schwimmen läßt. Stelle fest, wie nahe du dich mit dem anderen Magneten nähern muß, bis du merkst, daß

sich der schwimmende Magnet bewegt. Beobachte nun genau, was passiert, wenn du jetzt allmählich den Abstand der Pole der beiden Magnete verringerst. Schreibe auf, was du beobachtet hast. Vergleiche deine Formulierung mit dem Merksatz.

Gleichnamige Pole stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Die Wechselwirkung zwischen den Polen zweier Magnete ist um so größer, je geringer ihr Abstand ist.

Bündelung von Magneten

Wenn du zwei Magnete bündelst, sind sie dann zusammen stärker? Versuche es. Du brauchst drei Magnete gleicher Stärke, die du durch Magnetisieren herstellen kannst. Hänge einen davon frei drehbar auf oder lasse ihn auf einem Korken schwimmen und kennzeichne seinen Nordpol.

Versuch 4: Ermittle mit Hilfe des frei drehbaren Magneten die Nordpole der beiden anderen und kennzeichne sie. Lege die beiden Magnete so nebeneinander, dass Nordpol an Nordpol und Südpol an Südpol liegen. Wiederhole nun mit den gebündelten Magneten Versuch 2 oder 3. Welchen Unterschied beobachtest du zwischen dem gebündelten Magneten und einem einfachen Magneten?

Lege nun die beiden Magnete so, dass Nordpol an Südpol und Südpol an Nordpol liegen. Prüfe wieder die Wirkung auf den beweglichen Magneten.

Prüfe, ob deine Beobachtungen mit dem Inhalt der folgenden Merksätze übereinstimmen.

Bündelt man Magnete so, dass ihre gleichnamigen Pole nebeneinander liegen, so wirken sie wie ein Magnet, der stärker ist als jeder für sich allein. Liegen aber die ungleichnamigen Pole nebeneinander, so ist das Bündel in seiner Wirkung nach außen schwächer als jeder Magnet für sich allein.

Aufgaben

1. Beschreibe, wie ein frei drehbar aufgehängter Magnet reagiert, wenn man ihm einen nicht-magnetisierten Gegenstand aus ferromagnetischem Material nähert. Vielleicht hilft es dir, noch einmal bei Versuch 1 (S. 104) nachzulesen.
2. Überlege dir eine Methode, mit der man prüfen kann, ob ein Gegenstand aus Eisen magnetisiert ist oder nicht. Denke daran, dass es bei der Wechselwirkung zwischen Magneten Anziehung *und* Abstoßung gibt!
3. Wenn man dem Südpol eines magnetisierten, frei drehbar aufgehängten Eisenstücks ganz vorsichtig und langsam den Südpol eines starken Magneten nähert, so stoßen sich die Pole ab (gleichnamige Pole!). Wenn man den Südpol des starken Magneten aber schnell heranhält, so ergibt sich Anziehung. Wie erklärst du dir das?
4. Wenn du viele kleine Magnete bunt durcheinander in eine Schachtel wirfst, wie wirkt dann das Ganze nach außen? Wie wirken die gleichen Magnete, wenn du sie schön geordnet hineinlegst?

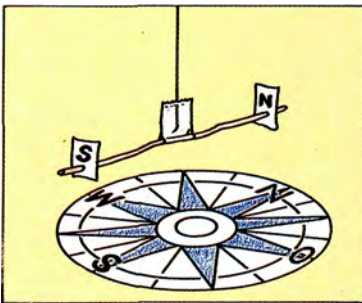


Bild 4: Auch dein selbst hergestellter Magnet dreht sich in Nord-Süd-Richtung.

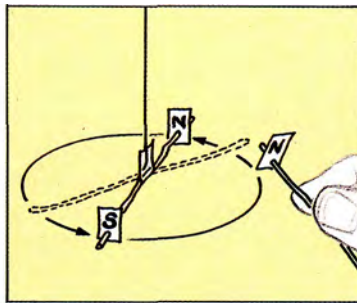


Bild 5: Gleichnamige Pole stoßen sich ab.

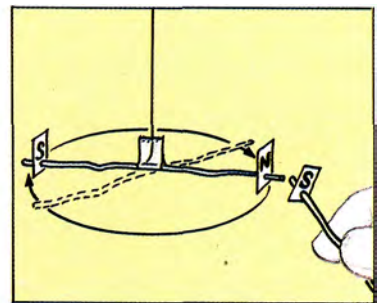


Bild 6: Ungleichnamige Pole ziehen sich an.

Die Erde - ein riesiger Magnet

Warum sich Magnete in Nord-Süd-Richtung drehen

Auf der vorangegangenen Doppelseite hast du erfahren, dass sich Magnete wechselseitig beeinflussen. Wenn du zum Beispiel den Südpol eines Magneten einem frei beweglichen Magneten näherst, dreht sich der bewegliche Magnet gerade so, dass sein Nordpol dem Südpol des anderen Magneten gegenübersteht. Nun richtet sich, wie du schon weißt, jeder drehbare Magnet ganz von alleine mit seinem Nordpol nach Norden aus. Könnte man da nicht auf die Idee kommen, dass auch hierbei sein Nordpol von einem Südpol angezogen wird, ja, dass vielleicht die ganze Erde ein riesiger Magnet ist?

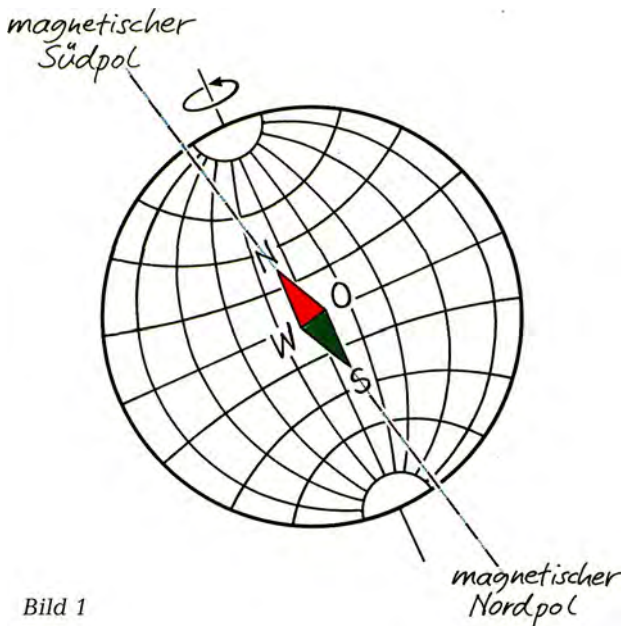


Bild 1

So ist es. Der „Magnet Erde“ hat in der Nähe des geographischen Nordpols seinen magnetischen Südpol (es ist ja der Nordpol des Magneten, der nach Norden weist, also von einem Südpol angezogen wird) und in der Nähe des geographischen Südpols seinen magnetischen Nordpol (Bild 1). Ganz genau stimmen die geographischen und magnetischen Pole aber nicht überein. Der magnetische Südpol liegt im nördlichsten Teil von Kanada, der magnetische Nordpol südlich von

Australien. Das ist auch der Grund dafür, dass die Ausrichtung nicht präzise in der Nord-Süd-Richtung erfolgt. Die Abweichung von der Nord-Süd-Richtung, man spricht auch von **Missweisung**, hängt von der geographischen Lage ab.

Der Physiker und Pädagoge Martin Wagenschein (1896-1988) hat in seinem Buch „Naturphänomene sehen und verstehen“ beschrieben, wie sich ein großes magnetisiertes Stahlblatt gegenüber dem Magneten der Erde verhält:

„Ich krümme es zu einem leichten Bogen, dass der Schwerpunkt tief kommt, und setze es ausbalanciert auf die Spitze eines Nagels. Ich drehe es in Ost-West-Richtung, damit es dem Erdfeld recht deutlich in die Quere kommt und ihm lange Hebelarme bietet, beruhige es zu vollem Stillstand, lasse los und warte.

Es hängt unbeweglich, passiv, und mit seinen ergeben niedergebeugten Enden wie horchend da. Ob der ferne kanadische Pol es erreicht, und sein noch fernerer antarktischer Bruder? Wie ist es nur möglich, dass das Stück Eisen den fernen Ruferspürt?

Und es spürt ihn. Es versetzt sich in ein zögerndes Drehen. Vielleicht ein noch zufälliges, einem Windhauch verdanktes? Aber es steigert sich, es steckt ein Wille, ein Ziel dahinter, wie ein Karussell kommt der Balken langsam in Fahrt und schleudert sich nach wenigen Sekunden gestreckten Laufes durchs Ziel. Wenn alles richtig zugeht, dann müsste es jetzt langsam zögern.

Es zögert, es verringert seinen Lauf, es wird zurückgerufen zu dem Ziel, das es im Eifer seiner Bewegungslust überrannt hatte. In dem Augenblick, da es anhält und dann wieder ganz so langsam wie am Anfang umkehrt, die Nase am Boden wie ein witternder Hund, ist unser letzter Zweifel vergangen: Es ist kein Windstoß, nicht irgend etwas; es ist der Magnetismus des Erdballs (über dessen Herkunft bekanntlich noch niemand etwas Zuverlässiges weiß). Überall, im dichten Wald, auf Bergspitzen und in den Bergwerken, bei Tag und bei Nacht, würden Tausende solcher drehbarer Magnete genauso wie dieser hier ihr schwingendes Spiel beginnen und nach einer guten Weile stille stehen, alle gehorsam in der Nord-Süd-Stellung zur Ruhe gekommen.“

Der Magnetkompass

Wie du weißt, haben sich die Chinesen bereits vor etwa 2000 Jahren Magnete als Richtungsanzeiger zunutze gemacht. Einen nach dem gleichen Prinzip funktionierenden Kompass kannst du dir leicht selbst bauen (Bild 2). Du brauchst dazu nur eine magnetisierte Eisennadel durch eine flache Korkscheibe zu stecken, damit sie auf dem Wasser der Untertasse schwimmen kann. Ein moderner Kompass wie in Bild 3 besteht aus einer Kompassnadel und einer Kompassrose. Die Kompassnadel ist ein frei drehbar gelagerter, leichter Stabmagnet, der an beiden Enden zugespitzt ist. Zum Auffinden der Himmelsrichtungen bringt man den stets nach Norden weisenden Nordpol der Kompassnadel mit dem N (Norden) der Kompassrose zu Deckung. Bei einem guten Kompass lässt sich die Missweisung mit Hilfe einer Stellschraube korrigieren.

Benutzt werden Kompassse auf Schiffen, in Flugzeugen, bei Fahrten oder Wanderungen durch wegloses Gelände (z. B. durch Wüsten) oder bei Nachtwanderungen, also immer dann, wenn es für das Einhalten einer Richtung zu wenig Orientierungspunkte am Himmel oder auf der Erde gibt. Ein Magnetkompaß zeigt die Himmelsrichtungen aber nur dann richtig an, wenn sich weder Eisen noch ein anderer Magnet in seiner Nähe befinden. In Gebäuden mit Eisenträgern (Eisenbeton), im Inneren eines Autos oder in der Nähe großer Eisenerzlagerrstätten (z. B. in Nordschwedens oder im Uralgebirge) kann es deshalb zu erheblichen Abweichungen von der Nord-Süd-Ausrichtung kommen. Aus diesem Grund werden heutzutage auf Schiffen und in Flugzeugen **Kreiselkompassse** benutzt. Sie beruhen auf dem physikalischen Prinzip, daß ein in schnelle Drehung versetzter, geeignet aufgehängter Kreisel die Lage seiner Drehachse beibehält. Kreiselkompassse sind zwar komplizierter und teurer als Magnetkompassse, haben aber den Vorteil, daß Eisenmassen die Anzeige nicht verfälschen.

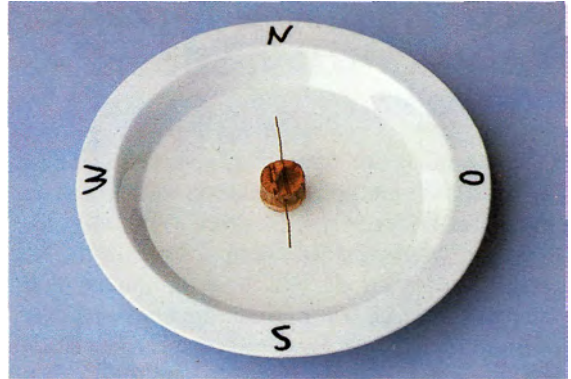


Bild 2: Diesen einfachen Kompass kannst du dir selbst bauen.



Bild 3: Ein moderner Kompass, der für Wanderungen geeignet ist.



Bild 4: Ein Kreiselkompass

Die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms

Wenn du einen Gegenstand bewegen willst, dann musst du ihn unmittelbar anfassen oder doch zumindest mit dem Mund anblasen (Windrad) oder ansaugen (Flüssigkeit in einem Strohhalm). Anders ist es, wenn du einen Magneten zu Hilfe nimmst. Damit kannst du erstaunlicherweise Gegenstände aus Eisen oder andere Magnete bewegen, ohne sie direkt zu berühren. Eine solche „Fernwirkung“ ist auch mit Hilfe des elektrischen Stroms möglich.

Ein einfacher Versuch von großer Bedeutung

Besorge dir eine Flachbatterie und etwa 1 Meter lackisolierten Kupferdraht. Schabe an dessen Enden die Lackschicht ab, damit du nachher eine leitende Verbindung mit den beiden Polen der Batterie herstellen kannst. Außerdem brauchst du noch einen Magnetkompass. Dein selbstgebauter Kompass (Bild 2 auf Seite 111) ist bestens geeignet.

Versuch 1: Ordne alle Gegenstände wie in Bild 1 an. Was geschieht mit der Magnetnadel, sobald du den Stromkreis schließt? Lass den Strom immer nur für kurze Zeit fließen, um die Batterie zu schonen. Vertausche nun die Pole der Stromquelle und wiederhole den Versuch!



Bild 1: Die Magnetnadel reagiert, sobald der elektrische Strom durch den Draht fließt.

Es ist ganz deutlich zu sehen: Sobald du den Strom durch den Draht fließen lässt, stellt sich die Magnetnadel quer zum Draht. Hättest du das erwartet? Dass Magnetnadeln bei der Annäherung an einen

anderen Magneten ausgerichtet werden, ist dir schon bekannt. Aber hier ist doch gar kein anderer Magnet im Spiel, sondern nur ein Stück Draht, das vom elektrischen Strom durchflossen wird!? Es ist etwas ganz Neues: Magnetismus ohne Eisen, Elektromagnetismus!

Und was passiert, wenn du die Batterie andersherum anschließt? Dann stellt sich die Nadel auch quer zum Draht, aber der Nordpol zeigt jetzt zur anderen Seite hin. Es gibt keinen Zweifel: Beim Fließen des elektrischen Stroms entsteht etwas, auf das ein Magnet reagiert. Ob beim Fließen des Stroms eine Art Magnet entsteht, ein Elektromagnet?

Der Elektromagnet

Dass das tatsächlich der Fall ist, wirst du besser erkennen, wenn du Versuch 2 durchgeführt hast.

Versuch 2: Wickle den lackisolierten Kupferdraht von Versuch 1 auf ein Pappröllchen (z. B. für Nähseide) und verbinde die beiden blanken Drahtenden für kurze Zeit (um die Batterie zu schonen) mit der Flachbatterie. Wie reagiert deine Magnetnadel, wenn du ihr ein Spulenende näherst? Prüfe auch, was passiert, wenn du die Pole der Batterie vertauschst!

Die Magnetnadel verhält sich genau so, als ob die stromdurchflossene Spule ein Magnet wäre. An dem einen Spulenende ist ein Nordpol, an dem anderen ein Südpol. Du kannst dich auch leicht davon überzeugen, daß der Nord- und der Südpol des Elektromagneten ihre Plätze wechseln, wenn du die Pole der Batterie vertauschst.

Eine von einem elektrischen Strom durchflossene Spule verhält sich wie ein Magnet. Die Pole sind in der Nähe der Spulenenden (Bild 2).

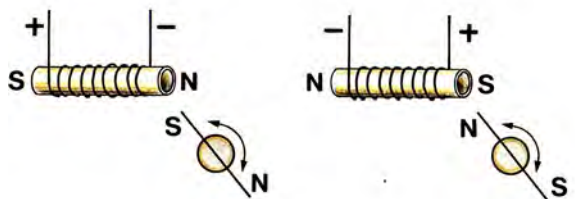


Bild 2: Sobald Strom durch die Spule fließt, wird sie zu einem Elektromagneten.

Einen viel stärkeren Elektromagneten erhältst du in Versuch 3:

Versuch 3: Wiederhole Versuch 2 mit einem Eisenkern, z. B. einer dicken Eisenschraube, die du in die Garnrolle schiebst.

Du wirst feststellen, daß eine Strom durchflossene Spule mit Eisenkern ein viel stärkerer Elektromagnet ist als ohne Eisenkern. Das merkst du daran, daß sich die Magnetnadel auch noch in größerer Entfernung von einem Spulenende auf dieses ausrichtet. Wahrscheinlich ist dein Elektromagnet auch stark genug, um kleinere Gegenstände aus Eisen, z. B. Nägel oder Briefklammern, festzuhalten (Bild 3). Wenn du den Stromkreis unterbrichst, fallen die Nägel herab. Ein Elektromagnet funktioniert ja nur, solange der elektrische Strom fließt!

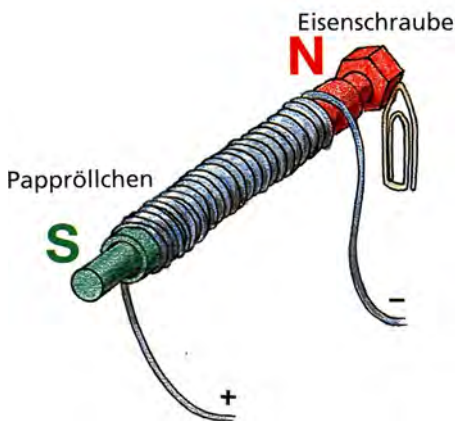


Bild 3: Ein selbstgebauter Elektromagnet mit Eisenkern.

Die magnetische Wirkung einer Stromdurchflossenen Spule wird durch einen Eisenkern verstärkt.

Zur Geschichte des Elektromagnetismus

Der dänische Physiker Hans Christian Oersted (1777 - 1851) führte im Jahre 1820 einen Versuch durch, der deinem Versuch 1 sehr ähnlich war. Oersted hatte damit gezeigt, dass die magnetischen und die elektrischen Erscheinungen etwas miteinander

ander zu tun haben. Die damaligen Physiker hatten das mächtig angestachelt, den Oerstedschen Versuch auf den Kopf zu stellen. Sie sagten sich nämlich: wenn es möglich ist, mit Hilfe des elektrischen Stroms einen Magneten zu bauen, warum sollte es dann nicht auch möglich sein, mit Hilfe eines Magneten elektrischen Strom zu erzeugen? Es hat dann aber doch noch 11 Jahre gedauert, bis dies dem englischen Physiker Michael Faraday (1791 - 1867) gelang. Sowohl der Strom eines Fahrraddynamos als auch der Strom aus der Steckdose werden so angetrieben.

Wesentlich schneller ging es mit der Verbesserung der Elektromagneten mit Hilfe eines Eisenkerns. Zur Zeit von Oersteds Entdeckung war bereits bekannt, dass Eisen im Magnetfeld eines Magneten selbst zu einem Magneten wird. Es sollte nicht lange dauern, bis ein kluger Kopf auf die Idee kam, Eisen mit einer Strom durchflossenen Spule zu magnetisieren: Noch im gleichen Jahr gelang es Andre-Marie Ampere (1775-1836), einem französischen Physiker und Mathematiker, einen starken Elektromagneten zu bauen, der so ähnlich wie deiner (Bild 3) aussah.

Der Elektromagnetismus hat schon bald nach seiner Entdeckung zu vielen praktischen Anwendungen geführt. Eine Strom durchflossene Spule hat nämlich gegenüber einem Dauermagneten einen entscheidenden Vorteil: Man kann sie nach Belieben ab- und anschalten. Auf den ersten Blick scheint das unbedeutend, aber du wirst bald sehen, wie erst dadurch Elektrokrane und Klingel, Relais, Telefon und Elektromotor funktionieren können.



Bild 4: Hans Christian Oerstedt und Michael Faraday.

Nützliche Elektromagnete

Der Elektrokran

In Stahlwerken, Schiffswerften oder auf Schrottplätzen, also überall da, wo man mit großen Eisenmengen umgeht, werden **Elektrokräne** eingesetzt. Sie haben anstelle eines Greifers oder Hakens einen starken Elektromagneten. Damit wird das Aufnehmen oder Ablegen des Eisens einfach: Man braucht nur den Strom, der durch die Drahtwindungen des Elektromagneten fließt, ein- oder auszuschalten. Ein Elektrokran wie in Bild 1 kann enorme Lasten heben: Bis zu 1000 kg Eisenschrott oder gar 30 Tonnen (30 000 kg) schwere kompakte Eisenteile aus einem Stück.



Bild 1: Ein Elektrokran auf einem Schrottplatz.

Die elektrische Klingel

Wenn du dir Bild 2 genau anschaust, kannst du selbst herausfinden, wie eine Klingel funktioniert. Hier noch ein paar Hilfen: Der Stromkreis kann an zwei Stellen unterbrochen werden, (1) am Klingeltaster (in Bild 2 geöffnet) und (2) an der Kontaktstelle zwischen Stellschraube und Federblech (in Bild 2 geschlossen). Wenn du nun den Klingeltaster drückst, also beide Schalter geschlossen sind, fließt der Strom durch den Elektromagneten und zieht das eiserne Federblech an. Was passiert dann? In rascher Folge wiederholt sich immer wieder das gleiche: Strom unterbrechen, loslassen, Strom flie-

ßen lassen, anziehen, anschlagen, Strom unterbrechen ... Man spricht auch von **Selbstunterbrechung**, weil der Stromfluss ohne unser Zutun immer wieder von selbst unterbrochen wird. Dieser Art von Selbststeuerung, bei der ein bestimmter Vorgang immer wieder unbeirrbar, präzise und mit hoher Geschwindigkeit abläuft, wirst du noch oft begegnen. Das können Apparate und Maschinen besser als Menschen. Wir aber können denken und abwägen, uns an eine veränderte Situation anpassen und Apparate austüfeln, die uns das abnehmen, was wir nicht so gut können oder was langweilig ist.

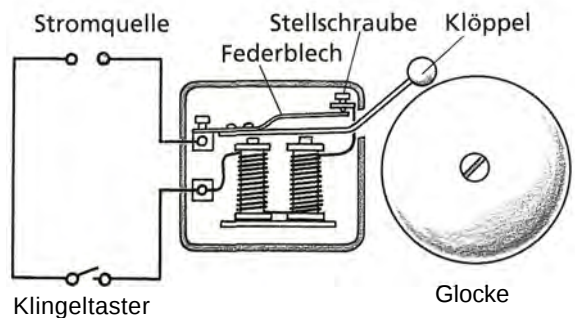


Bild 2: Kannst du selbständig herausfinden, wie die elektrische Klingel funktioniert?

Der Sicherungsautomat

Dafür gleich noch ein Beispiel. Da sitzt er nun im Sicherungskasten und hat die Aufgabe, den durch die Leitung fließenden Strom zu überwachen (Bild 3). Tagelang, wochenlang, ja vielleicht jahrelang passiert nichts, was ihn zur Tat veranlasst. Da, plötzlich ein Kurzschluss in einem Elektrogerät, es fließt ein Strom, der für die dünnen Leitungen viel zu groß ist! Brandgefahr! Der Strom fließt auch durch die Spule unseres wackeren Sicherungsautomaten, der entstandene Elektromagnet zieht einen Eisenkontakt an, der Kontakt unterbricht die Leitung, der Strom hört auf zu fließen, die Gefahr ist gebannt! Wenn der Kurzschluss beseitigt ist, genügt ein Knopfdruck oder das Umlegen eines Kippschalters, um den Strom wieder fließen zu lassen.

Erzeugung von Drehbewegungen

Ein Teig wird gerührt, ein Loch wird gebohrt, eine Straßenbahn setzt sich in Bewegung, ein Blech wird gewalzt, eine Schallplatte wird abgespielt, ein

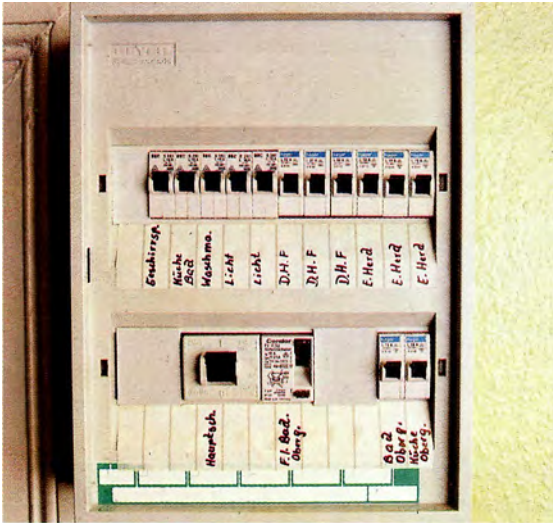


Bild 3: In einem Haus gibt es viele Stromkreise (z. B. für die Steckdosen, für die Deckenbeleuchtung, für den Elektroherd). Jeder dieser Sicherungsautomaten im Stromverteilerkasten schützt einen anderen Stromkreis vor Überlastung. In der Mitte der unteren Reihe ist auch ein Fehlerstrom-(FI)-Schutzschalter für das Bad im Obergeschoß (siehe auch S. 101).

Stuhlbein wird gedrechselt - alles Vorgänge, bei denen sich etwas fortwährend dreht. Das kommt uns heute ganz selbstverständlich vor, aber Drehbewegungen zu erzeugen und zu nutzen, darauf musste man erst einmal kommen. In der Natur gibt es dafür nämlich keine Vorbilder. Irgendwann im Altertum muss einmal ein kluger Kopf die Idee gehabt haben, dass man Getreidekörner auch zwischen sich drehenden Steinen zerkleinern kann. Später entdeckte man dann, dass man diese Drehbewegung sehr gut von einem im Kreis herumgeführten Tier ausführen lassen kann und noch später baute man die ersten Wind- und Wassermühlen. Rund 2000 Jahre waren dies die einzigen Antriebe. Erst im Laufe des 18. Jahrhunderts kamen die Dampfmaschinen hinzu.

Auch mit Hilfe des Elektromagnetismus lassen sich Drehbewegungen erreichen. Zuerst versuchte man es mit Elektromagneten, die sich abwechselnd anzogen und wieder abstießen, so dass eine Hin- und Herbewegung entstand, ähnlich der Bewegung des Kolbens einer Dampfmaschine. Aber schon 1834, vierzehn Jahre nach Entdeckung des Elektromagnetismus, gelang es dem Physiker Moritz Hermann Jacobi (1810 -1874) eine Maschine zu bauen, beider

die Drehbewegung direkt erzeugt wird. Von seiner Grundidee sind alle späteren **Elektromotoren** abgeleitet: Ein drehbarer Magnet (Rotor oder Läufer genannt) dreht sich im Magnetfeld eines unbeweglichen Magneten (Stator, Ständer). Du kannst selbst herausfinden, auf was es dabei ankommt.

Versuch: Halte eine Kompassnadel oder eine drehbar aufgehängte magnetisierte Nadel wie in Bild 4 vor den Pol eines Elektromagneten. Wie musst du es anstellen, damit sich die Magnetnadel dauernd dreht?

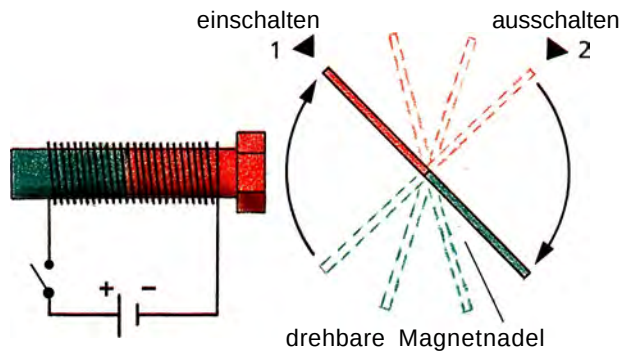


Bild 4: Ein handgesteuerter „Elektromotor“. Wenn du den Spulenstrom bei (1) einschaltest und bei (2) wieder ausschaltest, bekommt die Magnetnadel bei jeder Umdrehung einen kleinen Schubs und dreht sich fortwährend.

Du darfst den Strom durch die Spule nicht dauernd fließen lassen! Wenn du wie in Bild 4 den Strom im richtigen Moment ein- und dann wieder ausschaltest, bekommt die Magnetnadel bei jeder Umdrehung einen kleinen Schubs in die gleiche Richtung. Bei richtigen Motoren wird dieses An- und Abschalten von den Motoren selbst besorgt.

Aufgaben

1. Vergleiche Dauermagnete mit Elektromagneten. Was ist bei beiden gleich, worin unterscheiden sie sich? Ordne die Merkmale in einer Tabelle.
2. Worin bestehen die besonderen Vorteile eines Elektromagneten?
3. Denke dir eine Vorrichtung aus, bei der ein Elektromagnet eine Tür entriegelt. Zeichne sie!
4. Welche Vorteile, welche Nachteile hat ein Elektromotor gegenüber einem Benzinmotor?
5. Nenne Geräte, die von einem Elektromotor angetrieben werden.

In die Ferne wirken

Das Relais

Wenn früher ein Eisenbahnzug von einem Bahnhof losfuhr, dann wurde er der nächsten Station durch ein Klingelzeichen angekündigt. Wenn aber die Entfernung zwischen zwei Bahnhöfen zu groß war, gab es Schwierigkeiten. Dann waren nämlich die beiden Leitungen, die den Klingelknopf und die Batterie der einen Station mit der Klingel der nächsten verbanden, sehr lang und für den elektrischen Strom eine entsprechend große Behinderung. Infolgedessen floss nur noch ein kleiner Strom, der für den Betrieb der Klingel nicht mehr ausreichte. Da hatte der englische Physiker und Erfinder Charles Wheatstone (1802-1875) eine geniale Idee. Er baute eine Art elektrischen Schalter, den man mit einem ganz kleinen Strom über eine große Entfernung hinweg bedienen konnte.

Mache dir anhand von Bild 1 klar, wie ein solcher Fernschalter, auch Relais (sprich Relä) genannt, funktioniert. Wenn der Schalter im ersten Bahnhof geschlossen wird, fließt ein kleiner Strom durch den Elektromagneten in der nächsten Station. Dieser kleine Strom genügt aber, um den linken Arm des Eisenhebels auf den Elektromagneten zu ziehen. Der rechte Arm wird dadurch auf einen Kontakt gepresst, der den eigentlichen Klingelstromkreis schließt. Die Idee Wheatstones bestand also darin, dass er zwei Stromkreise einrichtete: einen Steuerstromkreis, mit dem er einen entfernten Schalter mit einem verhältnismäßig kleinen Strom betätigen konnte und einen Arbeitsstromkreis, in dem das Gewünschte verrichtet wurde, im vorliegenden Fall also das Klingeln. Aber auch andere Geräte konnten auf diese

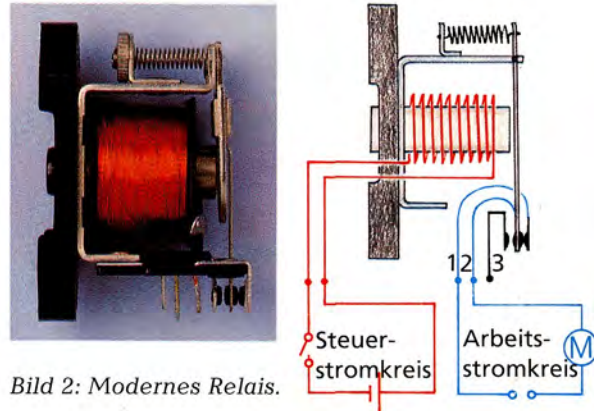


Bild 2: Modernes Relais.

Weise ferngesteuert werden, z. B. ein Morsetelegraph, bei dem ein Elektromagnet einen Schreibstift auf eine laufende Papierrolle drückte. Mit Hilfe des aus Punkten und Strichen bestehenden Morsealphabets konnte man damit fern schreiben.

Bild 2 zeigt ein modernes Relais mit 3 Kontakten im Arbeitsstromkreis. Was es damit auf sich hat, kannst du dir in Aufgabe 1 überlegen.

Das Telefon

Die Grundidee ist einfach: Schall wird in einen elektrischen Strom umgewandelt, der genau im Takt des Schalls schwankt. Der so geformte Strom fließt zum Empfänger und wird dort wieder in Schall zurückverwandelt.

Schauen wir uns das Innere eines Telefons näher an (S. 115 links). In der Sprechkapsel (Mikrofon) fließt der elektrische Strom zunächst durch eine dünne, elastische Metallmembran und dann durch eine lockere Packung kleiner Kohlekörner. Diese stellen für den Strom eine ziemlich große

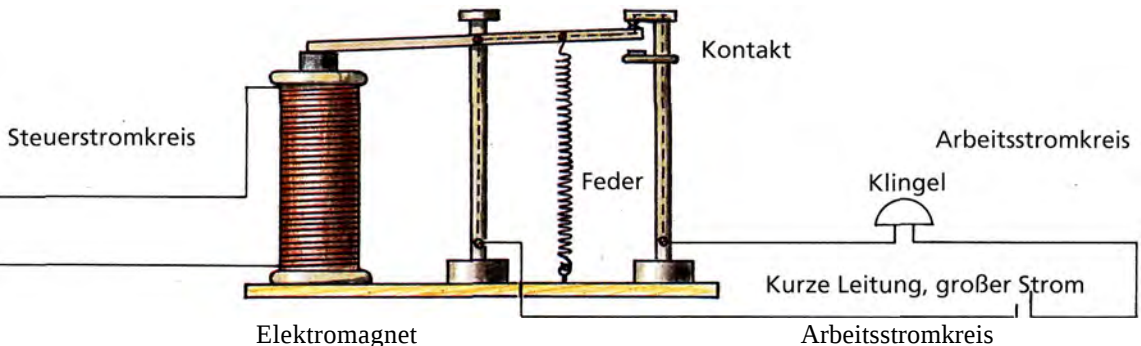


Bild 1: Mit diesem Relais wurden Klingelzeichen über größere Entfernungen übertragen.

Behinderung dar, weil er seinen Weg über die wenigen Berührungsstellen nehmen muss. Der Strom ist deshalb relativ klein. Wenn du seinen Weg weiterverfolgst, siehst du, dass er in der Hörkapsel (Lautsprecher) durch die Spule eines Elektromagneten fließt, der eine Membran aus Eisen anzieht. Wenn nun Schall auf die Membran der Sprechkapsel auftrifft, schwingt sie im gleichen Takt hin und her. Jedesmal, wenn die Membran nach innen schwingt, werden die Kohlekörner etwas zusammengepresst. Dadurch vergrößern sich die Berührungsstellen zwischen den Kohlekörnern und es fließt ein entsprechend größerer Strom. Umgekehrt wird der Strom kleiner, wenn die Membran nach außen schwingt. Mit anderen Worten: der Strom schwankt genau im Takt des auftreffenden Schalls. Da er auch durch die Hörkapsel fließt, wird die Eisenmembran durch den Elektromagneten genau im gleichen Takt zum Schwingen gebracht. Die Bewegung der Membran erzeugt dann Schall, der schließlich unser Ohr erreicht.

Du kannst dir eine einfache Sprechkapsel selbst bauen. In Bild 3 findest du die nötigen Anleitung-

gen. Es ist damit tatsächlich möglich, mit einer ausreichend langen Leitung ins Nachbarzimmer zu telefonieren. Die Tonqualität ist allerdings miserabel. Vielleicht hast du Lust, ein verbessertes Modell auszutüfteln?

Das Telefon ist gleich zweimal erfunden worden. In seiner heutigen Form geht es auf den in Amerika lebenden Schotten Graham Bell (1847-1922) zurück, der seinen ersten Fernsprechapparat 1876 vorstellte. Schon 15 Jahre vorher war dem deutschen Physiklehrer Johann Philipp Reis (1834-1874) die erste Übertragung gesprochener Worte gelungen. Reis beeinflusste den Strom mit einer Stricknadel, die an einem Ende mit einer gespannten Tierhaut verbunden war und am anderen Ende lose auf einen Metallkontakt aufgesetzt war. So entstand ein „Wackelkontakt“, der im Takt der schwingenden Tierhaut geöffnet und wieder geschlossen wurde. Im Gegensatz zu Bell fehlte Reis das Geld, seine Erfindung weiter zuentwickeln.

Das heutige Telefon ist zu einem unentbehrlichen Kommunikationsmittel geworden. Mit entsprechenden Zusatzgeräten ist es sogar möglich, geschriebene Texte und Zeichnungen zu über-

Sprechkapsel (Mikrofon)

Hörkapsel (Lautsprecher)

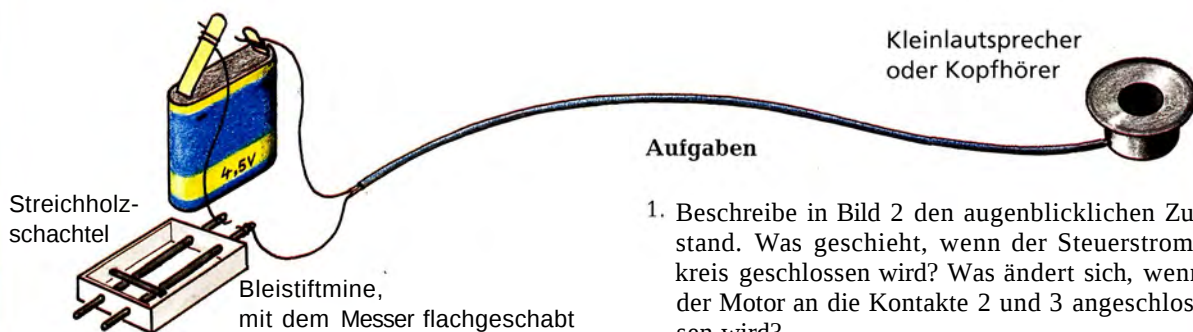


Bild 3: Dieses einfache Telefon kannst du dir selbst bauen.

Aufgaben

1. Beschreibe in Bild 2 den augenblicklichen Zustand. Was geschieht, wenn der Steuerstromkreis geschlossen wird? Was ändert sich, wenn der Motor an die Kontakte 2 und 3 angeschlossen wird?
2. Wie könnte die Sprechkapsel von Bild 3 verbessert werden?

Elektrischer Strom und Energie

