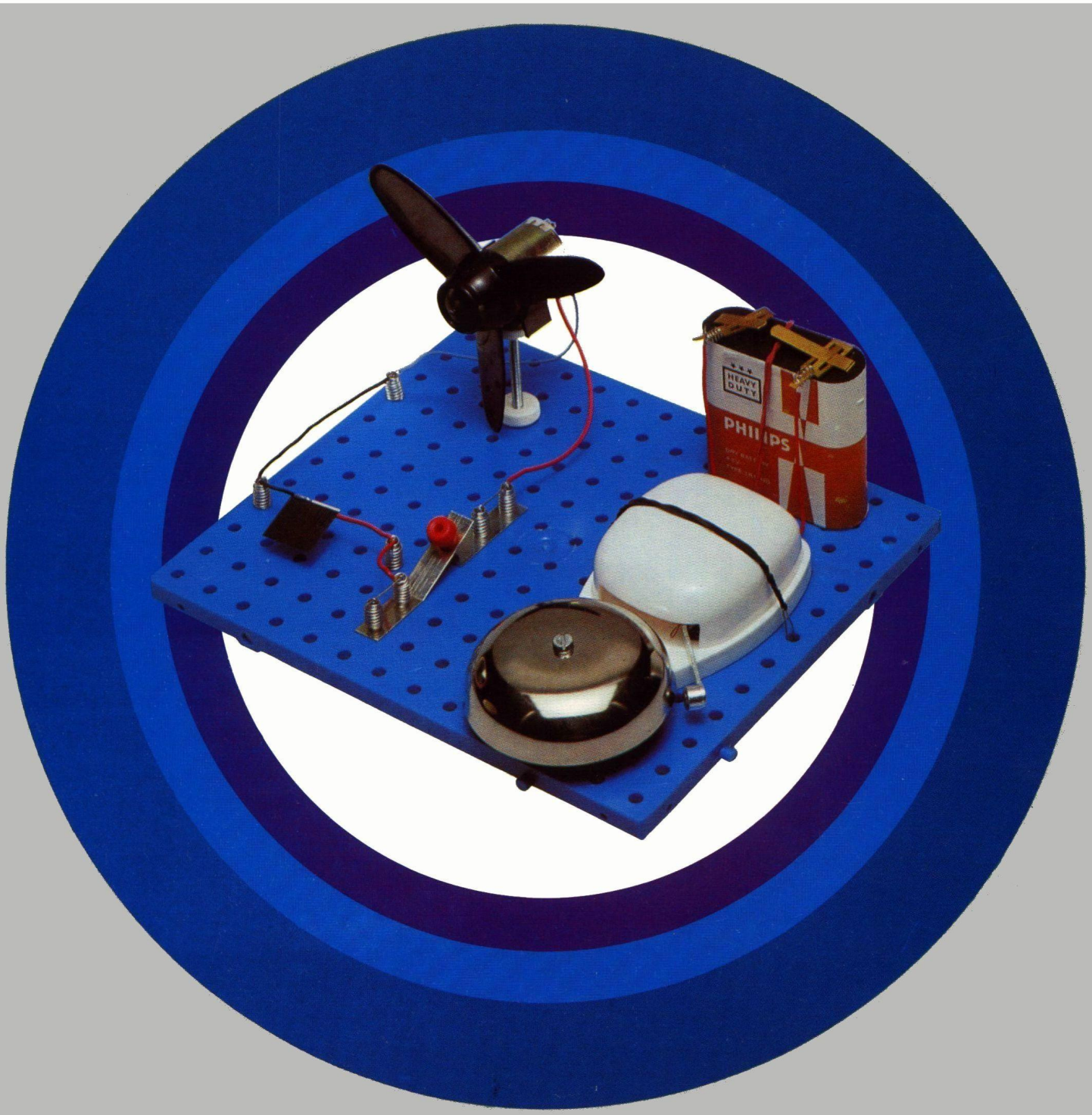
PHILIPS

D

Physik
Experimentierkasten
PE 1540



© Philips GmbH, Bereich Hobby-Technik, Hamburg

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe
— auch auszugsweise — nicht gestattet.

Technische Änderungen vorbehalten.

Anleitungsbuch zum Physik-Experimentierkasten PE 1540

Herausgeber: Philips GmbH

Bereich Hobby-Technik, Mönckebergstraße 7, 2000 Hamburg 1

01

Inhaltsverzeichnis

Seite

Inhaltsverzeichnis 2

Vorwort 3

Einzelteile 4

Hinweise für die Durchführung der Experimente 6

Magnetismus 7

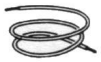
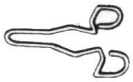
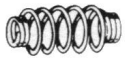
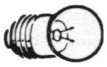
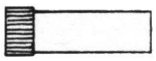
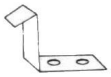
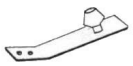
Elektrizität 19

Elektrostatik 47

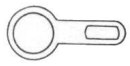
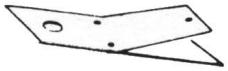
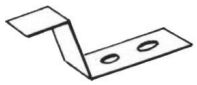
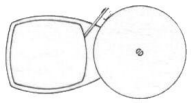
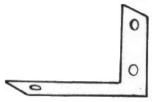
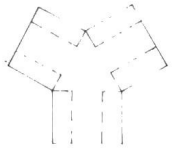
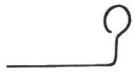
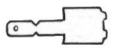
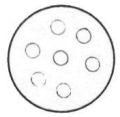
Vorwort

Lieber Jung-Physiker,
mit der Physik hast Du Dir ein Hobby gewählt, das nicht nur hochinteressant und abwechslungsreich ist – ja es ist so, daß die Physik oft als die Königin der Naturwissenschaften bezeichnet worden ist. Bestimmt wird Dir die Beschäftigung mit diesem Experimentierkasten viel Freude machen. Auch kannst Du Dich bestimmt Deinen staunenden Freunden als Zauberer präsentieren. Die schönsten Spielzeuge sind immer diejenigen, die man selber baut. Dieser Physik-Experimentierkasten führt Dich Schritt für Schritt in eine Welt voller Wunder und Abenteuer.
Weit in die Vergangenheit reichen die uns überlieferten Anfänge der physikalischen Forschung, bis ins 3. Jahrhundert vor Christi Geburt, als der Dir gewiß bekannte Archimedes die Gesetze des Schwerpunktes, des Hebels und des Auftriebs fand. Diese neugewonnenen theoretischen Kenntnisse setzte dieser in die Praxis um und baute Wurfmaschinen, eine mechanische Bewässerungsanlage und Flaschenzüge. Und so ging es fort im Laufe der Jahrhunderte: Wissenschaftler forschten und experimentierten, um dann die gefundenen Ergebnisse auf nutzbringende Weise anzuwenden. Einer baute auf den Erkenntnissen des anderen auf – die Geschichte berichtet von Galilei, der die Fallgesetze erforschte, über Newton, über die grundlegenden Entdeckungen der Elektrizität im 18. und 19. Jahrhundert, bis zu Einsteins Relativitäts-Theorie, die den Abschluß der klassischen Physik bedeutet. Heute hat die Physik neue faszinierende Zweige dazubekommen: die Atom- und die Kern-Physik. In den interessantesten Branchen findest Du den kühlen Forscher, den Physiker: in der Atomtechnik, dem Flugzeugbau, der Weltraumtechnik, der Datenverarbeitung, der Elektronik.
Ja, die Physik ist kein Thema für weltfremde Träumer. Nichts ist hier dem Zufall überlassen – alles unterliegt bestimmten Regeln und Gesetzen. Sie zu finden und zu nutzen, dazu verhilft Dir dieser Physik-Experimentierkasten. Genau wie einem richtigen Physiker wird es Dir ergehen: Du findest ein physikalisches Gesetz und kannst es sofort nutzbringend verwenden: ob Du nun Deine Freunde mit Versuchen verblüffst oder funktionsfertige Geräte baust – Du wirst sehen, daß die Physik in der Tat ein faszinierendes Hobby ist, das einem aufgeweckten Jungen alle Chancen für die Zukunft bietet.
Vielleicht hast Du im Fernsehen schon ein paar Sendungen von mir gesehen, die ich eigens für junge Menschen in jedem Jahr produziere. Viele Briefe junger Leute zu diesen Sendungen haben mir gezeigt, daß Ihr die Welt kennenlernen wollt, in der wir leben und die unsere Zukunft gestalten wird. Und das hat sich mir bei den großen Jugend-Wettbewerben immer wieder gezeigt. Als Jury-Mitglied des PHILIPS-Europa-Wettbewerbes für junge Forscher und Erfinder habe ich immer wieder darüber gestaunt, mit welchem Eifer und mit welcher Phantasie junge Leute heute schon sehr reife Forschungen betreiben.
Dieser Experimentierkasten soll Dir helfen, die ersten Schritte zum Verständnis unserer Zeit selbst zu gehen. Nur wenn man die Natur und ihre Gesetze begreift, kann man ein moderner Mensch sein und aufgeschlossen für das spannendste intellektuelle Abenteuer unseres Jahrhunderts.

PROFESSOR DR. HEINZ HABER

Abbildung	Bestell-Nr.	Gegenstand	Inhalt
	349.1004	Widerstand 1/4 Watt 47 Ohm	2
	1017	Isolierter Draht	4 m
	1020	Haarnadelfeder	25
	1021	Klemmfeder	25
	1022	Spiralfeder	6
	1026	Lampenfassung	2
	1028	Gummiband	1
	1129	Glühlampe 3,8 V	2
	1130	Grundplatte	1
	1133	Batterieklemme	2
	5003	Spulendraht*	25 m
	5004	Spulenkörper	1
	5005	Schloßschraube mit Mutter	1
	5020	Stabmagnet	2
	5021	Kompaß	1
	5022	Eisenfeilspäne im Röhrchen	1
	5150	Summerkontakt	1
	5015	Taste	1
	5144	Rändelmutter M4	2
	5145	Einschaltkontakt	1

* Kupferlackdraht (Enden abisolieren)

Abbildung	Bestell-Nr.	Gegenstand	Inhalt
	349. 5146	Lötöse	1
	5147	Zylinderkopfschraube M 4x55	1
	5148	Gewindemutter M4	1
	5149	Anker	1
	5151	Umschaltkontakt	1
	5152	Klingel	1
	5153	Ankerwinkel für Motor	2
	5154	Poleisen für Motor	2
	5155	Ankerblech für Motor	9
	5156	Isolation für Anker	2
	5157	Stromabnehmer für Motor	2
	5158	Kollektorlamelle	3
	5159	Kollektorscheibe	2
	5160	Achse für Motor	1
	5161	Lötöse	2
	5162	Schraube M5 x 10	6
	5163	Mutter M5	6
	5164	Zylinderkopfschraube M3 x 40 Messing	1
	5165	Mutter für Welle M3	6
	5081	Anleitungsbuch	1

1. Hinweise für die Durchführung der Versuche

Dein PHILIPS Physik-Experimentierkasten will dich mit einigen physikalischen Erscheinungen und ihren technischen Anwendungen bekanntmachen. Du wirst Experimente zum Magnetismus, aus dem Bereich der Elektrizität und der Elektrostatik durchführen.

1.1. Viel Zeit und auch manchen Ärger kannst du dir ersparen, wenn du dir vor dem Aufbau eines Versuches die Anleitung sehr aufmerksam durchliest. Sie ist zwar si abgefaßt, daß ein Arbeitsschritt nach dem anderen beschreiben wird, doch sehr häufig mußt du vorher schon genau über den Gesamtaufbau informiert sein.
Das Ergebnis zu jedem Versuch und die dazugehörigen Erklärungen sind anders gedruckt als der Aufbau, nämlich *kursiv.* Du kannst also immer versuchen, die Erklärungen für jeden Versuch selbst zu finden, wenn du das Ergebnis zunächst abdeckst. Ein Versuch gibt dir dann später die genaue Antwort.

1.2. Nach der Durchführung eines Versuches solltest du immer alle Teile in das vorgeschriebene Fach in deinem Physik-Experimentierkasten zurücklegen, außer wenn sie auch für den folgenden Versuch benötigt werden. Bei der Vielzahl der Einzelteile besteht nämlich die Gefahr, daß eines verlorengeht und du bald einige Versuche nicht mehr ausführen kannst. Natürlich lassen sich alle Teile nachbestellen, aber es wäre doch schade, wenn durch Unachtsamkeit unnötige Kosten entstünden. Dort, wo die Teile erstmalig benutzt werden, ist die Teile-Nummer in Klammern mitangeführt.

1.3. Für die Versuche zum Kapitel „Elektrizität" benötigst du eine Flachbatterie 4,5 V. Diese Batterie kann dem Kasten leider nicht beigelegt werden, da jede noch so gute Batterie nur begrenzt lagerfähig ist. Aber eine solche Stromquelle ist ja leicht zu beschaffen.
Für alle Versuche mit diesem Physik-Experimentierkasten verwende nur die vorgeschriebene Flachbatterie 4,5 V. **Auf gar keinen Fall** darfst du für deine Versuche Strom aus der Steckdose entnehmen. **Das ist lebensgefährlich!**

1.4. Über die Verwendung des Kupferlackdrahtes lies im Experiment 35 nach.

1.5. Klappt dein Versuch einmal nicht so, wie er in diesem Buch beschrieben ist, dann lies noch einmal sehr gewissenhaft die Anleitung durch und vergleiche mit deinem Aufbau. Dann findest du auch den Fehler.

Und nun viel Spaß bei der Durchführung der Experimente und gutes Gelingen!

Vom Magnetismus

Sicher hattest du schon einmal Gelegenheit, einen Magneten kennenzulernen. Du konntest dabei beobachten, welche geheimnisvolle Kraft von einem so unscheinbaren Stück Eisen ausgeht. Schon seit dem Altertum kennt man Eisenerz, das diese magnetische Kraft besitzt. Man nennt dieses Erz Magneteisenstein. Von der kleinasiatischen Stadt Magnesia, in deren näherer Umgebung solche Erze gefunden werden, ist der Name für die magnetische Eigenschaft abgeleitet worden.
Die Chinesen entdeckten, daß man Splitter aus Magneteisenstein als Richtungsweiser benutzen konnte, woraus sich später der Kompaß entwickelte.
Für die großen Entdeckungsfahrer, wie z. B. Columbus, war der magnetische Kompaß unentbehrlich, denn ohne ihn wäre eine Orientierung auf dem weiten Ozean kaum möglich gewesen.
In den folgenden Versuchen kannst du etwas über die magnetischen Erscheinungen erfahren.

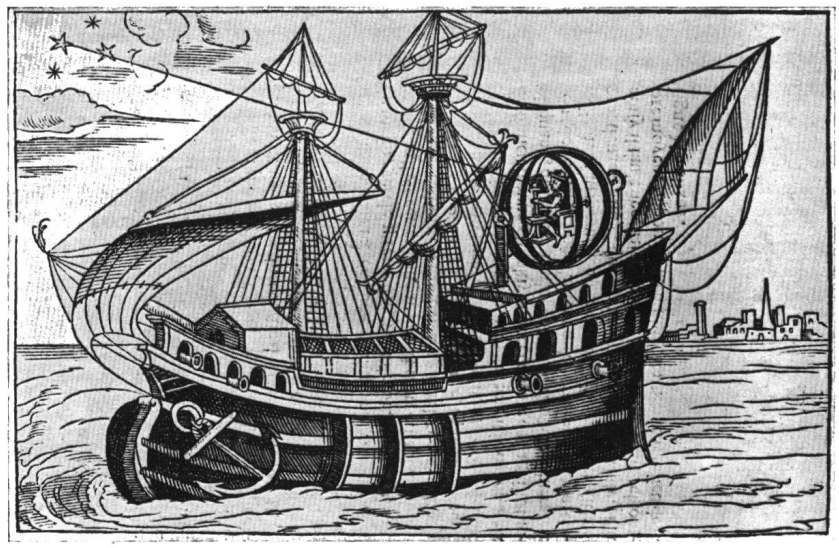


Abb. 1

1. Die Kraft eines Magneten muß ständig beansprucht werden, um sie zu erhalten.
In deinem Physikkasten findest du zwei runde Metallstäbe, die aneinander haften. Nimm sie heraus, löse sie voneinander und nähere sie anschließend dem Umschaltkontakt (5017).

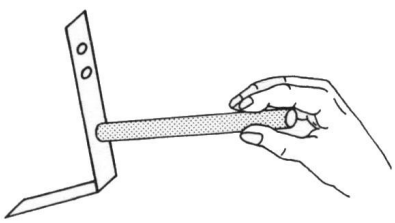


Abb. 2

Die beiden Metallstäbe sind Stabmagnete. Sie bestehen überwiegend aus Eisen. Durch die von ihnen ausgehende magnetische Kraft wird der Metallwinkel angezogen. — Damit diese Kraft nicht verlorengeht, ist es wichtig, daß der Magnet ständig ein Stück Eisen oder einen anderen Magneten festhalten kann. Bei der Aufbewahrung der Magnete mußt du deshalb immer darauf achten.

2. Die magnetische Kraft wird nur bei bestimmten Stoffen wirksam. Um das zu untersuchen, berühre mit einem Stabmagneten verschiedene Gegenstände, wie Nägel, Büroklammern, Knöpfe, Glasperlen, Gummistücke usw.

   Alle Gegenstände aus Eisen werden vom Magneten angezogen, auf andere Stoffe, wie Holz, Glas, Gummi usw., übt er keine Anziehungskraft aus. Diese Kraft, durch die Eisen und Stahl, außerdem noch die Metalle Nickel und Kobalt angezogen werden, gehört zu den Erscheinungen des Magnetismus.

3. Mit dem Magneten lassen sich Gegenstände aus Eisen aufspüren. Untersuche in eurer Wohnung mehrere Gegenstände aus Metall, auch wenn sie lackiert oder emailliert sind, mit einem Stabmagneten!

   Immer, wenn der Magnet eine Anziehungskraft ausübt, ist der Gegenstand aus Eisen. Manchmal erkennt man das Eisen nicht sofort, weil es sich unter einer Lack- oder Emailleschicht verbirgt.

4. Mit Magneten lassen sich verschiedene lustige Spiele anfertigen. Hier ein Beispiel: Schreibe auf gleichgroße Pappstücke (ca. 3 x 3 cm) Zahlen zwischen 1 und 100. Schiebe über jedes dieser Kärtchen eine Büroklammer und gib sie gut gemischt in einen Karton mit möglichst hohen Seitenwänden. Dann baue dir aus den beiden Stabmagneten, etwas Zwirnsfaden und Holzstäben zwei Angeln. Mit deinen Freunden kannst du jetzt um die Wette angeln (Abb. 3). Wer die höchste Punktzahl „herausfischt", hat gewonnen. Viel Spaß!

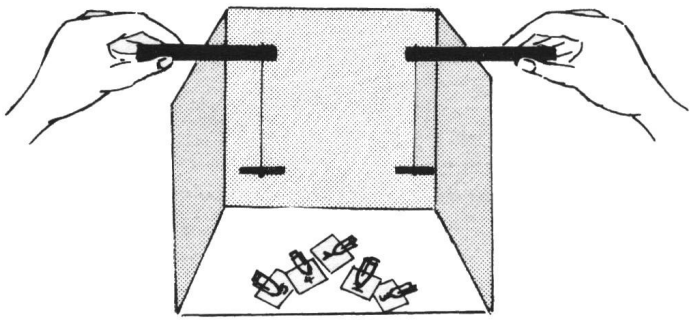


Abb. 3

5. Häufig läßt sich äußerlich nicht mit Sicherheit feststellen, ob ein Gegenstand aus Eisen besteht oder nicht. Hier kann wieder der Magnet helfen. Untersuche mit einem Stabmagneten verschiedene Münzen und stelle fest, welche Geldstücke angezogen werden. Besondere Beachtung verdienen dabei die 2-Pfennigstücke. Überprüfe mehrere davon, und zwar einige mit älterem (bis 1967) und einige mit neuerem (ab 1968) Prägedatum.

   1-, 5- und 10-Pfennigstücke werden vom Magneten angezogen. Bei 2-Pfennigstücken ist das Ergebnis nicht einheitlich; neuere werden angezogen, ältere nicht.
   Früher, nämlich vor 1968, konnten 2-Pfennigmünzen noch aus reinem Kupfer geprägt werden, weil der Preis für das Metall Kupfer niedrig genug lag. Inzwischen ist der Preis für Kupfermetall so gestiegen, daß etwa seit Mitte des Jahres 1968 für die 2-Pfennigmünzen ein Eisenkern verwendet wird.
   Alle Münzen, auf die der Magnet wirkt, enthalten einen Nickel- oder Eisenkern. Das gilt auch z. B. für 5-DM-Stücke.

Abb. 4

6. Wie die magnetische Kraft auch auf andere Eisenteile übergreifen kann, zeigt der folgende Versuch. Nimm einige Stecknadeln (es können auch kleine Nägel verwendet werden) und berühre eine davon mit dem Magneten. Versuche dann, noch andere Nadeln mit der ersten aufzunehmen (Abb. 4).

An der ersten Nadel bleiben leicht noch zwei bis drei andere hängen. Der Magnetismus des Stabmagneten greift auf die Nadeln über. Mit zunehmender Anzahl schwächt sich jedoch die Kraft des Magneten ab.

Abb. 5

7. Dieselbe Erscheinung läßt sich an Eisenfeilspänen beobachten. In diesem Experimentierkasten findest du ein Röhrchen mit Eisenfeilspänen (5022). Es enthält Eisen in Form winzig kleiner Teilchen, wie sie z. B. beim Bearbeiten eines Eisenstückes mit einer Feile abfallen. Tauche einen Stabmagneten in dieses Röhrchen. Was kannst du beobachten?

Wie ein Bart bleiben die Eisenteilchen am Magneten hängen. Dabei wirkt die Kraft des Magneten über mehrere Teilchen hinweg (vgl. Vers. 6), so daß sie aneinanderhaften und diese bartähnliche Form ausbilden (Abb. 5).

Da es immer etwas schwierig ist, die Eisenteilchen wieder vom Magneten zu entfernen, kannst du diesen Versuch auch so ausführen, daß du zwischen Magnet und Eisenfeilspäne ein Blatt Papier hältst.

8. Um zu untersuchen, ob die magnetische Kraft auch durch andere Stoffe hindurch noch wirksam ist, gib einige Stecknadeln oder kleine Eisennägel auf einen Bogen Papier. Bewege einen Stabmagneten darunter hin und her und beobachte! Untersuche weiter, wie sich die Nadeln verhalten, wenn statt des Papierbogens eine Holzplatte oder Glasscheibe verwendet wird.

Die Nadeln bewegen sich, wie von unsichtbarer Hand gelenkt, auf dem Papierbogen bzw. der Holzplatte oder Glasscheibe immer in der Richtung, in die du den Magneten bewegst.
Die magnetische Kraft kann andere Stoffe, wie Papier, Holz, Glas usw., durchdringen.

9. Wie du im vorigen Versuch erfahren hast, durchdringt die magnetische Kraft andere Stoffe. Dein Freund wird sicher staunen, wenn du behauptest, daß du dir ein 10-Pfennigstück auf die Hose heften kannst. Dazu mußt du dir allerdings vorher einen Stabmagneten in die Hosentasche stecken. Bringst du nun die Münze über den Magneten, bleibt sie an deiner Hose haften. Wenn du vorsichtshalber den zweiten Magneten in die andere Hosentasche steckst, kannst du auch die Forderung erfüllen, dieses Kunststück an einer anderen Stelle zu wiederholen. Bei Verwendung von 2-Pfennigstücken mit und ohne Eisenkern (vgl. Vers. 5) läßt sich dieser kleine Trick noch erweitern. So könntest du z. B. eine 2-Pfennigmünze mit Eisenkern benutzen, dann deinen Freund auffordern, es doch auch einmal zu versuchen, ihm aber ein 2-Pfennigstück aus reinem Kupfer überreichen, das ja vom Magneten nicht angezogen wird.

10. Es soll untersucht werden, ob die Kraft eines Stabmagneten an allen Stellen gleich groß ist. Berühre dazu den Stabmagneten mit einer Schere zunächst an den Enden und dann genau in der Mitte (Abb. 6). Was kannst du beobachten?

Abb. 6

In der Mitte des Magneten ist keine Anziehungskraft wahrzunehmen, sie nimmt aber nach außen hin zu. Am stärksten ist diese Kraft an den beiden Enden, den **Polen** des Magneten.

11. Mit Eisenfeilspänen lassen sich die Pole deutlich sichtbar machen. Falte einen Bogen Briefpapier einmal in der Mitte und schütte in diesen Falz Eisenfeilspäne. Verteile sie so, daß sich etwa eine Rinne von 5 — 6 cm Länge bildet. Anschließend bringe den Stabmagneten so unter die Eisenfeilspäne, daß seine ganze Länge am Papier anliegt (Abb. 7). Klopfe dann den Bogen vorsichtig einige Male auf die Unterlage und beobachte die Eisenteilchen!

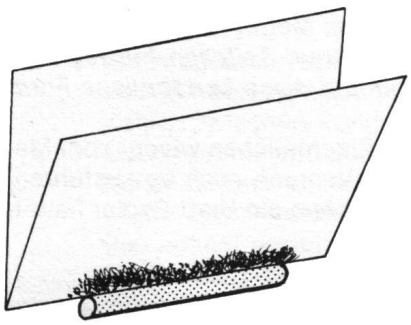


Abb. 7

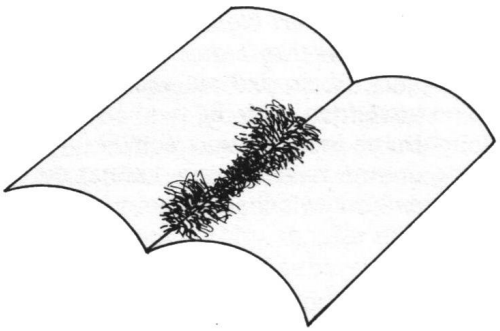


Abb. 8

Der Magnet bleibt am Papier hängen, weil er die Eisenteilchen anzieht. Beim Aufklopfen auf die Unterlage bilden sich an den Polen des Magneten deutlich sichtbare Bärte aus, denn hier ist die Anziehungskraft am stärksten (Abb. 8).
Diese Erscheinung wird noch deutlicher, wenn du die in der Mitte verbliebenen Eisenteilchen mit den Fingerspitzen herausnimmst und auf die beiden Pole verteilst.

12. Wie du schon in Versuch 8 erfahren hast, wirkt die geheimnisvolle Kraft des Magneten auch über eine gewisse Entfernung hinweg und sogar durch andere Stoffe hindurch, wie Holz, Papier, Glas usw. Um diese Kraft sichtbar zu machen, lege den Stabmagneten in eine Rinne im Styroporblock deines Experimentierkastens und darüber einen Bogen Briefpapier. Streue aus 15 cm Höhe Eisenfeilspäne rund um den Magneten, klopfe das Papier und beobachte, wie sich die Eisenteilchen anordnen!

Die Eisenteilchen werden in der Umgebung des Magneten angezogen und ordnen sich auf ganz bestimmten Linien, die immer von Pol zu Pol verlaufen (Abb. 10). Sie heißen magnetische Kraftlinien und sind in einem bestimmten Raum um den Magneten wirksam, also auch unter und über dem Papier. Das erkennst du daran, daß sich die Eisenteilchen an den Polen bartähnlich aufstellen. Diesen Raum, der von der magnetischen Kraft erfüllt ist, nennt man **magnetisches Kraftfeld** *oder kurz* **magnetisches Feld.**

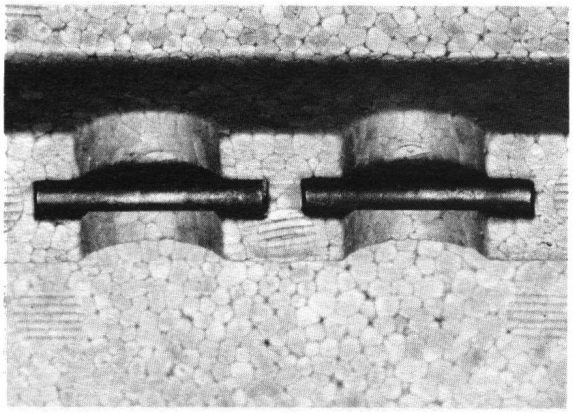


Abb. 9

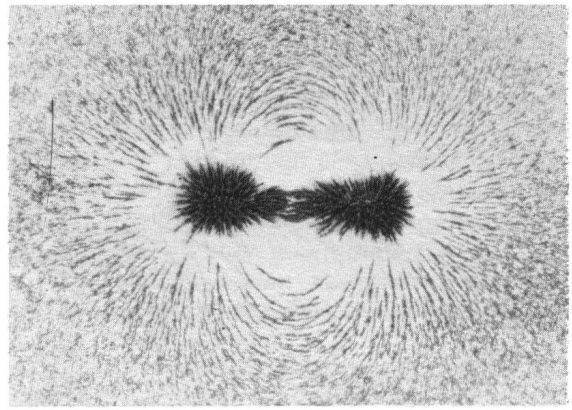


Abb. 10

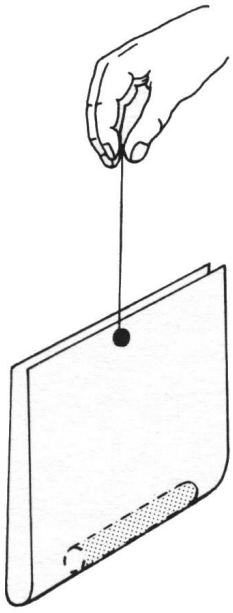


Abb. 11

13. Wird ein Magnet so aufgehängt, daß er sich frei drehen kann, gehorcht er einer unsichtbaren Kraft. Schneide einen ca. 3 cm breiten und 10 cm langen Streifen Papier aus. Falte diesen Streifen einmal in der Mitte und befestige daran einen dünnen Bindfaden, so daß eine Papierschlaufe entsteht. Lege nun den Stabmagneten in diese Schlaufe, laß sie am Bindfaden frei beweglich hängen (Abb. 11) und warte, bis der Magnet zur Ruhe kommt. (Durch Verdrillung des Fadens kann es vorkommen, daß sich der Magnet sehr schnell dreht; dann mußt du zwischendurch abbremsen). Drehe ihn wiederholt aus seiner Ruhelage heraus und beobachte, in welche Richtung er sich immer wieder einpendelt!

    Nach dem Stillstand nimmt der Magnet eine ganz bestimmte Stellung ein. Er zeigt stets in Nord-Süd-Richtung. Dabei weist immer derselbe Pol nach Norden, er wird deshalb **Nordpol** *genannt. Der nach Süden gerichtete Pol heißt* **Südpol.**

14. In vielen Fällen und auch zur besseren Verständigung ist es wichtig, genau zu wissen, ob es sich um den Nord- oder Südpol eines Magneten handelt. Damit du das in Zukunft nicht jedesmal durch einen Versuch neu ermitteln mußt, sollst du die Pole kennzeichnen. Beschrifte dazu je zwei Papierblättchen, die du mit einem Aktenlocher ausstanzen kannst, mit einem N (Nordpol), zwei weitere mit einem S (Südpol). Wiederhole dann den Versuch 5.13 mit jedem der beiden Stabmagnete aus dem Experimentierkasten. Haben sie sich in Nord-Süd-Richtung eingependelt, befestige mit Alleskleber jeweils das Plättchen N auf dem Pol, der nach Norden zeigt, das Plättchen S auf dem entgegengesetzten.

15. Auf der Ausrichtung eines Magneten in Nord-Süd-Richtung beruht der Magnetkompaß, der uns bei verschiedenen Gelegenheiten als Richtungsweiser dienen kann.
    Wiederhole den Versuch 13 und vergleiche die Richtung des zur Ruhe gekommenen Stabmagneten mit der Stellung der Kompaßnadel. Achte darauf, daß Kompaßnadel und Stabmagnet einander nicht zu nahe kommen, weil sonst die Nadel durch den Magneten beeinflußt wird.

    Magnet und Kompaßnadel stellen sich beide auf Nord-Süd-Richtung ein, denn die Nadel im Kompaß ist auch ein kleiner Magnet, dessen blaugefärbte Spitze, der Nordpol, immer nach Norden weist. Die

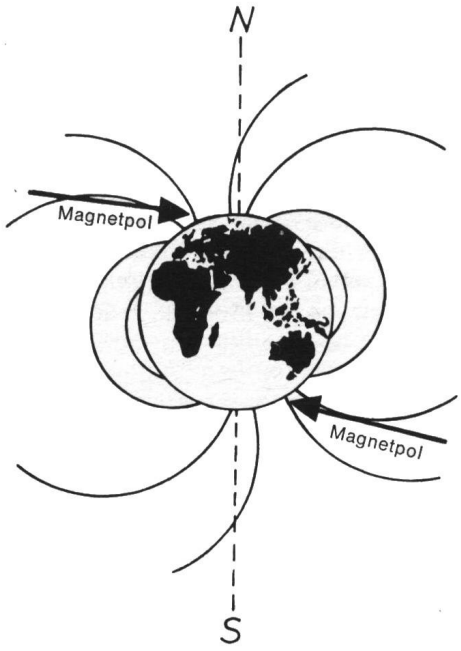
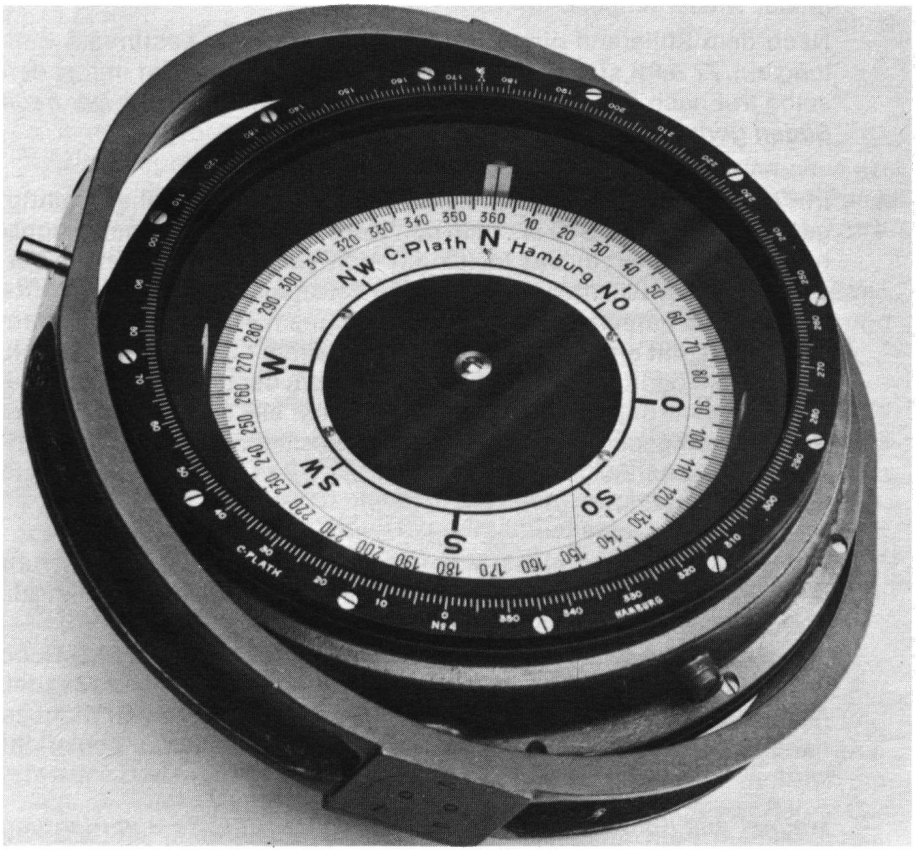


Abb. 12

Kräfte, die sowohl den Stabmagneten als auch die Kompaßnadel immer in Nord-Süd-Richtung drehen, gehen von der Erde aus, die selbst wie ein riesiger Magnet wirkt. Sie ist auch von einem Magnetfeld umgeben, dessen Kraftlinien sich zwischen den Magnetpolen im Norden und Süden der Erde erstrecken (Abb. 12).



Schiffskompaß Werkfoto C. Plath

Abb. 13

Eine Kompaßnadel oder ein frei aufgehängter Magnet zeigen immer auf die Pole, zwischen denen diese Kraftlinien verlaufen, also in Nord-Süd-Richtung. Mit einem Kompaß kannst du deshalb immer feststellen, wo Norden ist. Die Nadel ist über dem Mittelpunkt einer Scheibe angebracht, auf der die vier Haupthimmelsrichtungen und dazwischen noch die Nebenhimmelsrichtungen eingezeichnet sind. Diese Scheibe heißt **Windrose** *(Abb. 13). Wird nun der Kompaß vorsichtig so gedreht, daß die blaue Spitze der Magnetnadel genau über dem N der Windrose steht, lassen sich auch leicht die anderen Himmelsrichtungen ablesen. Auf internationalen Kompassen ist die Himmelsrichtung „Ost" mit E abgekürzt, abgeleitet vom englischen Wort „East".*

16. Die Kompaßnadel als kleiner Magnet ist durch Gegenstände aus Eisen beeinflußbar. Nähere der Kompaßnadel verschiedene Gegenstände aus Eisen, wie Schere, Messer usw., und beobachte, wie sie sich verhält.

    Die Kompaßnadel richtet sich jeweils mit einem ihrer Pole auf den eisernen Gegenstand aus. Es hat den Anschein, als ob das Eisen die Magnetnadel anzieht. Tatsächlich geht der Magnetismus jedoch von der Magnetnadel aus. Als sehr kleiner Magnet hat sie nicht die Kraft, die schweren Eisenteile anzuziehen. Da sie nun selbst frei auf einer Nadelspitze pendeln kann, wirkt sich die magnetische Kraft so aus, daß sie sich selbst zum Eisen hinwendet.
    Bei der Orientierung nach dem Kompaß muß man deshalb immer darauf achten, daß sich keine Eisenteile in der Nähe befinden, da diese leicht eine Mißweisung verursachen können.

17. Eine gute Gelegenheit, den Kompaß als Richtungsweiser zu benutzen, bietet sich auf einer Wanderung (Schulausflug) oder einem Spaziergang mit deinen Eltern. Du benötigst dazu eine Wanderkarte des

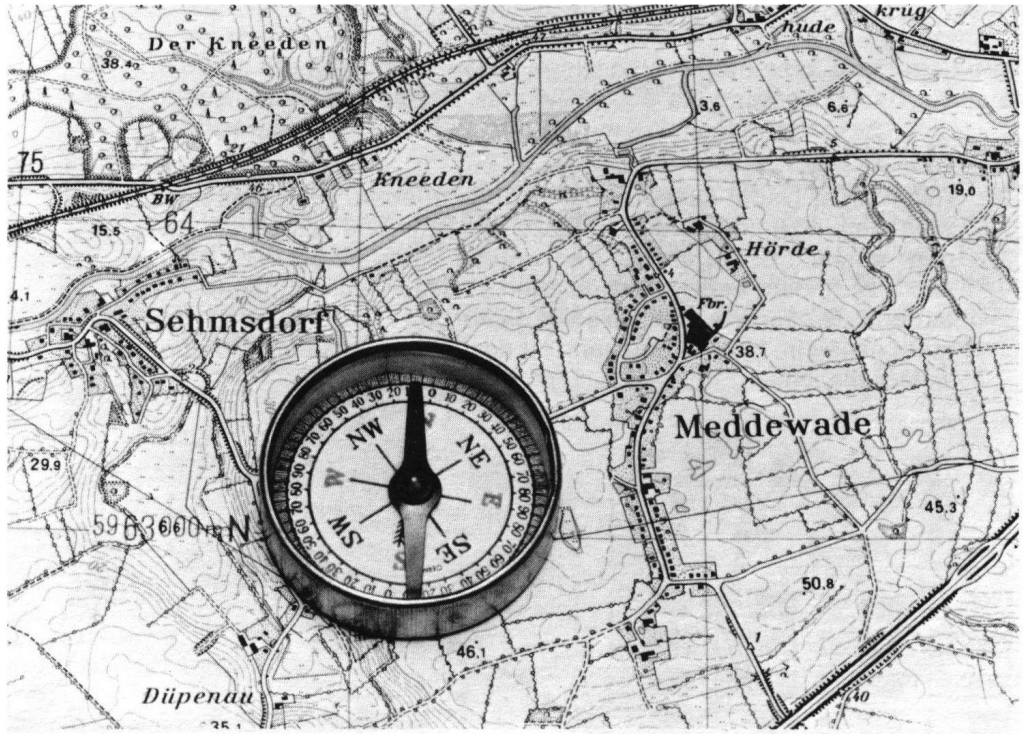


Abb. 14

betreffenden Gebietes und den Kompaß aus deinem Experimentierkasten. Bei Beginn der Wanderung mußt du den Kompaß waagerecht auf den Ort der Karte legen, der als Ausgangspunkt dienen soll. Drehe dann die Karte so lange unter dem Kompaß, bis der Nordpol der Nadel senkrecht auf den oberen Kartenrand zeigt (Abb. 14). Wenn du jetzt noch das N der Windrose im Kompaßgehäuse unter die blaue Nadelspitze bringst, kannst du die Himmelsrichtung, in die gewandert werden soll, leicht ablesen.

Dieses Verfahren nennt man **Einnorden** *der Karte.*
Alle Landkarten sind so gekennzeichnet, daß der obere Kartenrand immer Norden ist. Zeigt nun die Kompaßnadel senkrecht darauf, so entspricht die Lage der Karte den tatsächlichen Gegebenheiten in der Natur; auf der Windrose lassen sich dann alle Himmelsrichtungen ablesen.

18. Häufig steht auf Wanderungen kein Kompaß zur Verfügung. Hast du nun die Orientierung verloren, kannst du dich auch ohne Kompaß zurechtfinden, wenn du eine Uhr bei dir trägst. Halte die Uhr waagerecht und richte den kleinen Zeiger auf die Sonne. Dann mußt du dir eine Linie denken, die den Winkel zwischen dem kleinen Zeiger und der Zwölf halbiert. Sie gibt die Südrichtung (Abb. 15). Dieses Verfahren kannst du allerdings nur von 6 bis 18 Uhr anwenden.

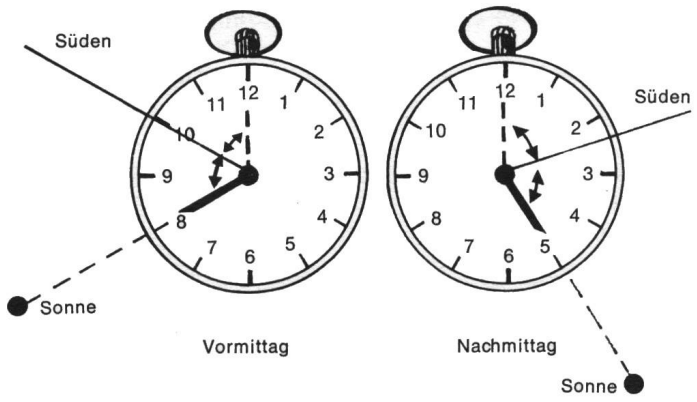


Abb. 15

19. Auch in der Nacht kannst du dich zurechtfinden, allerdings nur bei sternklarem Himmel. Du mußt dazu das Sternbild des „Großen Wagen" suchen. Es ist ein sehr bekanntes Sternbild und am Himmel leicht zu finden. Verlängerst du dann in Gedanken die „hintere Achse" des „Großen Wagen", so stößt du auf den Polarstern (Abb. 16). Er steht genau im Norden und kann dir deshalb auch gut als Richtungsweiser dienen.

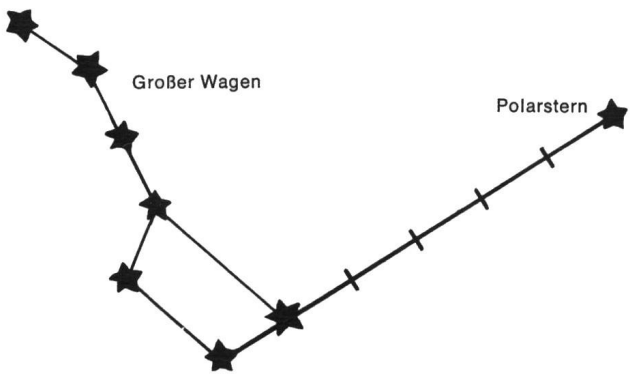


Abb. 16

20. Für die Pole zweier Magnete gilt ein magnetisches Kraftgesetz. Um diese Gesetzmäßigkeit herauszufinden, bringe die beiden Pole des Stabmagneten nacheinander in die Nähe der Kompaßnadel und beobachte!

Kommt der Nordpol des Stabmagneten in die Nähe des Kompasses, so wird die blaue Spitze (Nordpol) der Nadel abgestoßen. Der Südpol dagegen wird angezogen. Im Gegensatz dazu zieht der Südpol des Stabmagneten den Nordpol der Kompaßnadel an und stößt den Südpol ab.
Gleiche Magnetpole (Nordpol-Nordpol und Südpol-Südpol) stoßen sich ab. Ungleiche Magnetpole (Nordpol-Südpol) ziehen sich an. Diese Erscheinung ist für alle Magnete gültig.

Im allgemeinen nimmt man an, daß sich der magnetische Nordpol der Erde auch auf der Nordhalbkugel befindet. Da aber der Nordpol der Kompaßnadel nach Norden zeigt, muß dort der magnetische Südpol der Erde liegen. Er deckt sich nicht mit dem geographischen Nordpol. Die meisten Staaten haben sich darauf geeinigt, den Magnetpol auf der Nordhalbkugel als magnetischen Südpol zu bezeichnen.

21. Die Pole zweier Magnete können sich wie feindliche Brüder verhalten. Schiebe einen der beiden Stabmagnete in ein leeres durchsichtiges Tablettenröhrchen, von dem du vorher den Papieraufkleber entfernt hast. Achte darauf, welcher Pol nach oben zeigt. Jetzt laß den zweiten Stabmagneten so in das Röhrchen gleiten, daß gleiche Pole gegeneinander weisen, als Nordpol gegen Nordpol oder Südpol gegen Südpol (Abb. 17). Wiederhole dann den Versuch, indem du nun den zweiten Magneten mit dem anderen Pol zuerst in das Röhrchen gleiten läßt.

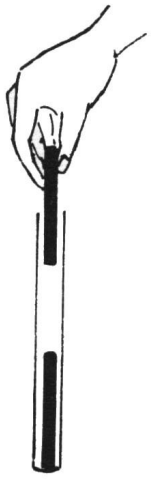


Abb. 17

Das zweite Magnet gleitet einige cm in das Röhrchen, schwebt aber dann ca. 1 cm über dem ersten, ohne ihn zu berühren. Die gegenseitige Abstoßung der gleichen Pole ist so stark, daß der zweite Magnet durch die Kraftfelder in der Schwebe gehalten wird. Dreht man den zweiten Magneten um, so ziehen sich die entgegengesetzten Pole stark an, und beide Magnete haften aneinander (vgl. Vers. 20).

22. Magnete kann man auch selbst herstellen. Dazu benötigt man ein Stahlstück. Nimm den dünnen Stahldraht und prüfe, ob Stecknadeln von ihm angezogen werden. Dann streiche mit einem Pol des Stabmagneten mehrere Male in der gleichen Richtung (Abb. 18) von einem Ende zum anderen über den Stab. Danach berühre wieder die Stecknadeln und beobachte!

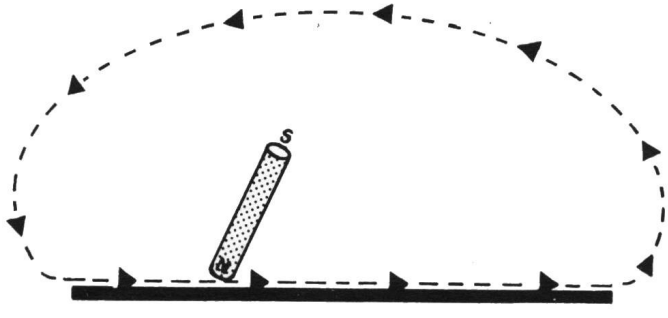


Abb. 18

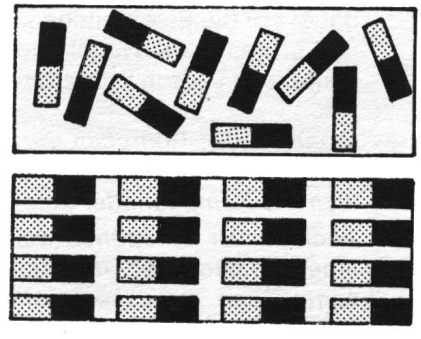


Abb. 19

Nadeln und kleine Eisenteilchen werden nach der Behandlung mit dem Magneten angezogen. Der zunächst unmagnetische Stahldraht zeigt jetzt selbst magnetische Kraft.
Es hat den Anschein, als ob ein Teil der Kraft vom Magneten auf den Stahldraht übergegangen wäre. Das trifft jedoch nicht zu. Mit einem starken Magneten können 100 und mehr Stahlstäbe magnetisiert werden, ohne daß der Magnet selbst an Kraft verliert.
Der Magnetismus ist nämlich in jedem unmagnetischen Stahlstab bereits verdeckt vorhanden. Die Eisenteilchen, aus denen der Stahlstab besteht, schließen sich zu Gruppen zusammen. Jede stellt schon einen winzigen Magneten dar. Er wird **Elementarmagnet** *genannt. Da diese Elementarmagnete jedoch regellos durcheinander liegen, ist nach außen keine magnetische Wirkung erkennbar. Beim Bestreichen mit einem Magneten werden diese Elementarmagnete ausgerichtet, so daß alle Nordpole in die eine, alle Südpole in die andere Richtung weisen (Abb. 19). So geordnet, zeigen sie gemeinsam auch nach außen magnetische Kraft.*

23. Um zu prüfen, ob zwischen den Kraftfeldern verschiedener Magnete ein Unterschied besteht, lege eine Stecknadel direkt neben ein senkrecht gehaltenes Lineal. Nähere dann der Nadel von oben her langsam den Stabmagneten (Abb. 20).
Beobachte, in welcher Höhe die magnetische Kraft wirksam, also die Nadel angezogen wird. Magnetisiere dann noch einmal den Stahlstab wie in Vers. 22 und wiederhole damit den Versuch. Vergleiche beide Ergebnisse.
Vom Magneten wird die Nadel schon aus einer Höhe von ungefähr 1,5 cm angezogen, vom magnetisierten Stahlstab dagegen erst aus ca. 0,5 cm. Die Kraft verschiedener Magnete ist unterschiedlich stark.

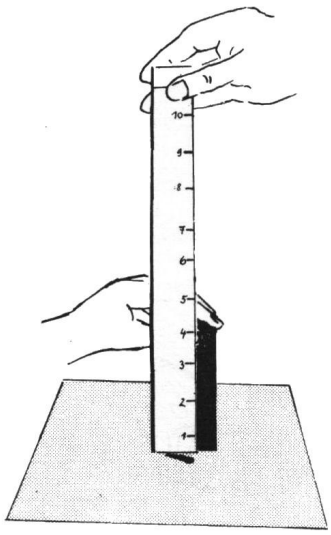


Abb. 20

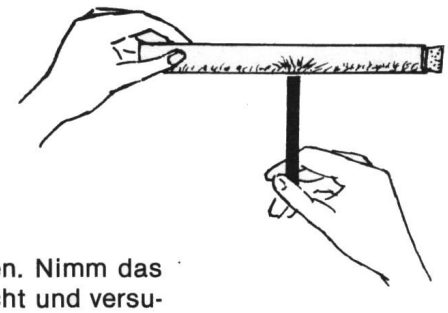


Abb. 21

24. Auch kleinste Eisenteilchen lassen sich magnetisieren. Nimm das Röhrchen mit den Eisenfeilspänen. Halte es waagerecht und versuche, ob es sich auch magnetisieren läßt. Streiche dazu mit dem Stabmagneten in einer Richtung über das Röhrchen (Abb. 21) und achte dabei auf die Eisenteilchen. Nähere es dann vorsichtig dem Kompaß und prüfe, ob die Nadel abgelenkt wird. Anschließend bringe die Eisenteilchen durch Schütteln wieder durcheinander und prüfe erneut!

Während das Röhrchen mit dem Magneten bestrichen wird, erkennt man deutlich, daß sich die Eisenteilchen ausrichten. Danach läßt sich die Kompaßnadel ablenken.
Auch in den Feilspänen werden beim Magnetisieren die Elementarmagnete geordnet, äußerlich sichtbar durch das Ausrichten der Eisenteilchen. Im Glasröhrchen entsteht ein selbständiger Magnet. Werden sie durcheinandergeschüttelt, geht der Magnetismus wieder verloren, die Kompaßnadel läßt sich nicht mehr ablenken.

25. Der folgende Versuch soll dir zeigen, wie sich eine Teilung des Magneten auf seine Anziehungskräfte auswirkt. Biege dazu eine Büroklammer auseinander, so daß du ein möglichst gerades Drahtstück erhältst. Magnetisiere es wie in Versuch 22 mit dem Stabmagneten. Bringe den Draht mit Eisenfeilspänen in Berührung. Sie werden nur von den Polen des magnetisierten Drahtstückes angezogen, von der Mitte nicht. Nun teile diesen Draht in der Mitte mit einer Zange und untersuche, ob auch die Teilstücke Eisenfeilspäne ziehen. Nähere sie außerdem einzeln der Kompaßnadel.

Beide Stücke ziehen jetzt an ihren Enden, also auch in der vorher unmagnetischen Zone, Eisenteilchen an und lenken die Kompaßnadel ab. Jede Hälfte ist jetzt ein selbständiger Magnet mit einem eigenen Nordpol und Südpol.
Wie du schon in Versuch 22 und 24 erfahren hast, werden beim Magnetisieren die winzigen Elementarmagnete geordnet, wodurch der vorher unmagnetische Eisendraht selbst zum Magneten wird. Beim Durchschneiden werden nur die benachbarten Elementarmagnete voneinander getrennt (Abb. 22), so daß auf der einen Seite der Schnittstelle ein Südpol, auf der anderen ein Nordpol neu entsteht.

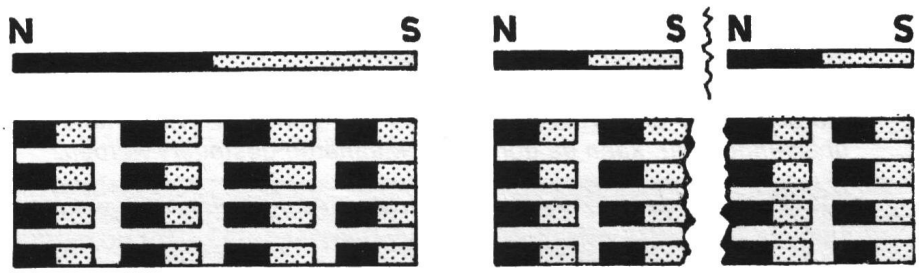


Abb. 22

26. Jeder Magnet erzeugt in seiner Umgebung ein magnetisches Kraftfeld (vgl. Vers. 12). Die Kraftbereiche von zwei Magneten wirken auch aufeinander. Lege die beiden Stabmagnete in die Rinnen des Styroporblocks deines Experimentierkastens (vergl. Versuch 12). Die ungleichnamigen Pole sollen einander gegenüberliegen. Beobachte, wie sich die Eisenteilchen jeweils anordnen!

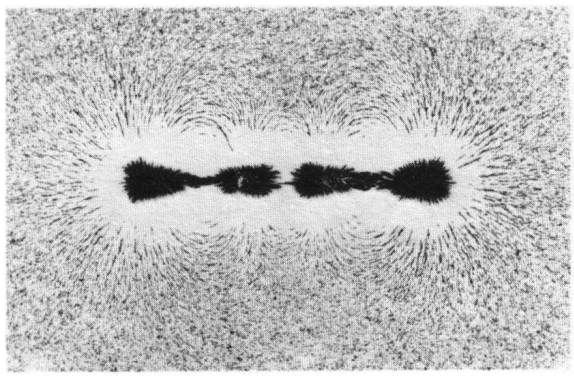


Abb. 23

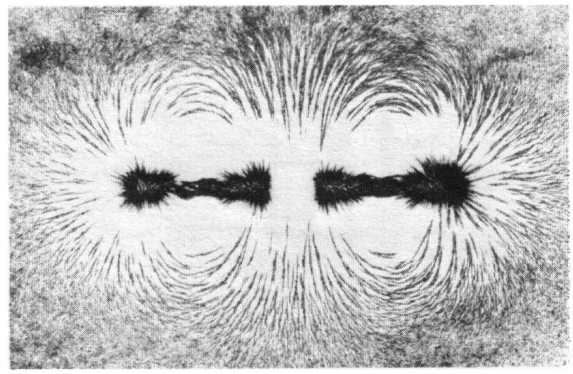


Abb. 24

Zwischen ungleichnamigen Polen streben die Kraftlinien von einem Pol zum anderen. Es entsteht ein gemeinsames magnetisches Feld (Abb. 23). Zwischen gleichen Polen werden die Kraftlinien gegeneinander abgedrängt. (Abb. 24).

27. Ein durch magnetische Kräfte angetriebenes Schiffchen kannst du dir herstellen, wenn du eine etwas größere Nähnadel wie in Versuch 22 magnetisierst und einfettest. Laß dann in einer mit Wasser gefüllten Schüssel ein Stück Löschpapier (ca. 6 x 3 cm) auf der Wasseroberfläche schwimmen und lege die magnetisierte Nähnadel vorsichtig darauf. Beobachte die Bewegung des „Schiffchens".
Du kannst diesen Versuch wiederholen, wenn du das Löschpapier erneut anstößt, nachdem es einmal zur Ruhe gekommen ist.

Die magnetisierte Nähnadel auf dem Löschpapier stellt sich wieder in Nord-Süd-Richtung ein. Sie wirkt wie eine frei aufgehängte Magnetnadel: Da sie auf dem Wasser schwimmt, hat sie kaum Widerstand zu überwinden und kann sich deshalb leicht ausrichten.
In ähnlicher Form nutzten schon die Chinesen die magnetische Kraft als Richtungsweiser vor rund 1800 Jahren, indem sie ein Stück Magneteisenstein auf einer Korkscheibe befestigten und diese in einem Wasserbehälter schwimmen ließen.

28. Mit einem Magneten kannst du auch eine einfache Fernsteuerung durchführen. Falte dir aus einem Bogen Briefpapier ein Papierschiffchen, befestige daran eine Büroklammer. Setze es in eine mit Wasser gefüllte Schüssel (Abb. 25). Mit dem Stabmagneten aus deinem Experimentierkasten kannst du das Schiff aus einem gewissen Abstand in verschiedene Richtungen drehen.

Das magnetische Kraftfeld wirkt auf die Büroklammer. Da das Papierschiff auf der Wasseroberfläche nur geringen Widerstand zu überwinden hat, kann es durch den Magneten gesteuert werden.

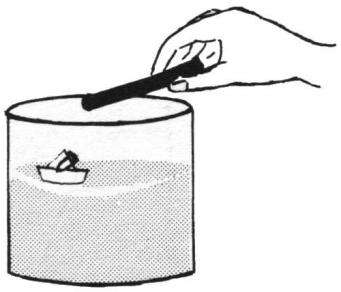


Abb. 25

29. Du kannst dir selbst einen Kompaß bauen. Magnetisiere dazu wie in Versuch 22 eine Rasierklinge in Längsrichtung und befestige mit Alleskleber in der Mitte der Klinge einen Druckknopf und an den schmalen, ungeschliffenen Seiten je einen halben Strohhalm. Nun stecke eine Nähnadel mit der Spitze nach oben in einen Flaschenkorken und setze die Rasierklinge mit dem Druckknopf auf die Nadel (Abb. 26). Was beobachtest du?

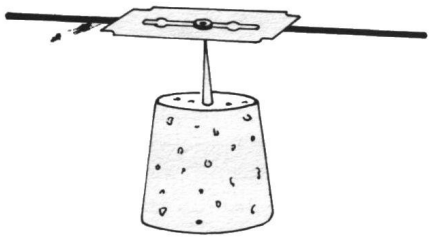


Abb. 26

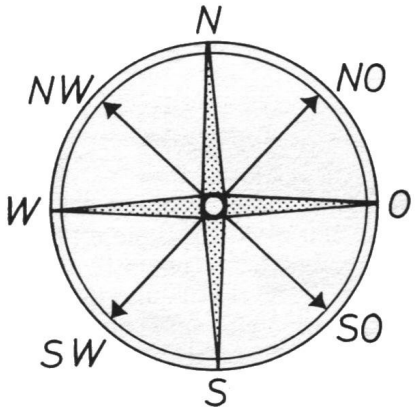


Abb. 27

Sogleich pendelt die aufgesetzte Rasierklinge hin und her. Sie ist zur Magnetnadel geworden und stellt sich deshalb in Nord-Süd-Richtung ein. Du kannst jetzt noch einen Bierdeckel mit einem Bogen Briefpapier beziehen und darauf eine Windrose (Abb. 27) zeichnen. Wenn du die Windrose unter den Kork klebst, hast du einen betriebsfähigen Kompaß erhalten.

Elektrizität

O weh, der Strom ist ausgefallen! Erst dann fällt dir auf, was uns die Elektrizität bedeutet. Kein elektrisches Licht, kein Radio und Fernsehen, auf dem Elektro-Herd wird das Essen nicht gar, und die vielen elektrischen Küchengeräte werden nutzlos. Riesige Fabriken können ohne Strom nicht arbeiten, und auch um den Verkehr wäre es schlecht bestellt. Die Diskussion um die Einrichtung neuer Kraftwerke läßt deutlich werden, wie dringend wir Strom benötigen. Deshalb ist es unerläßlich, neue Formen der Stromversorgung zu erproben, z. B. Sonnenenergie nutzbar zu machen.
Die Benutzung des elektrischen Stroms ist für uns heute eine Selbstverständlichkeit geworden. Ein Schalter wird betätigt: Die Lampe leuchtet. Ein Stecker wird in die Steckdose gesteckt: Das Radiogerät liefert uns Musik. Hast du dir eigentlich schon einmal Gedanken darüber gemacht, was der elektrische Strom ist, woher er kommt und wie er gewonnen wird? Für die meisten Menschen ist er etwas sehr Geheimnisvolles:
Man kann den elektrischen Strom nämlich nicht sehen, hören, schmecken, fühlen oder riechen, sondern man erkennt ihn immer nur an seinen Auswirkungen. So kann der Strom Licht und Wärme erzeugen, ein Magnetfeld hervorrufen, Elektromotoren antreiben und auch z. B. chemische Verbindungen zersetzen.
Über diese fünf Auswirkungen des elektrischen Stromes wirst du vieles erfahren, wenn du die folgenden Versuche durchführst und die Erklärungen aufmerksam liest.

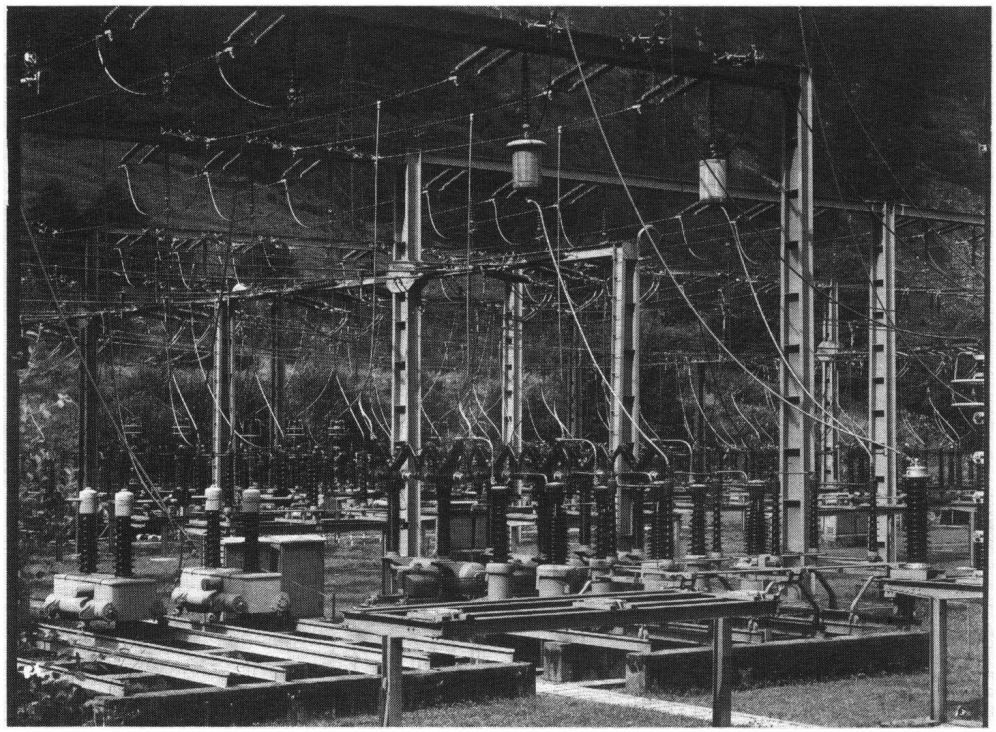


Abb. 28

Umspannwerk

Ein sehr wichtiger Hinweis:
Für alle Versuche mit diesem Physik-Experimentierkasten verwende nur die vorgeschriebene Flachbatterie 4,5 V. **Auf gar keinen Fall** darfst du für deine Versuche Strom aus der Steckdose entnehmen. **Das ist lebensgefährlich!**

Die Versuche zum Kapitel Elektrizität sind mit einer Vielzahl neuer Teile durchzuführen.
Bevor die ersten größeren Schaltungen aufgebaut werden, mußt du noch wissen, daß alle Geräte auf der blauen Platte mit den vielen Löchern aufgebaut werden. Diese Platte heißt Grundplatte (Abb. 29).

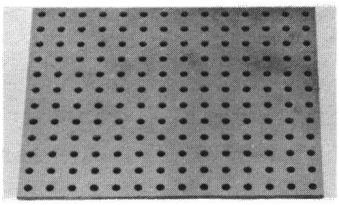


Abb. 29

Damit man auf dieser Grundplatte die Bauteile befestigen kann, werden die Haarnadelfedern (Abb. 30) und die Klemmfedern (Abb. 31) auf der Grundplatte zusammengesteckt.

Schiebe die Haarnadelfeder von unten durch das Loch (Abb. 32) und drücke sie zusammen. Dann stecke von oben die Klemmfeder darüber, bis sie einrastet (Abb. 32). Ein so zusammengestecktes Paar aus Haarnadelfeder und Klemmfeder heißt Klemme.

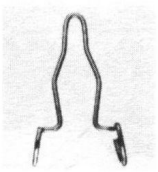


Abb. 30

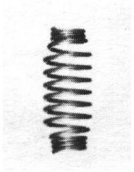


Abb. 31

Zunächst muß die Batterie auf der Grundplatte befestigt werden. Lege die Grundplatte so vor dich hin, daß links und rechts die kurzen Seiten sind.

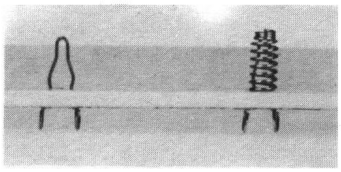


Abb. 32

Abb. 33

Fädele dann auf der linken Seite in der ersten Lochreihe das Gummiband durch das siebente Loch von oben (Abb. 34), hake unten eine Haarnadelfeder durch die Gummischlaufe (Abb. 35) und schiebe die Feder mit dem Gummiband durch das Loch (Abb. 36). Das wiederhole in der dritten Lochreihe (Abb. 37). Unter das Gummiband schiebe die Batterie so, daß der kurze Blechstreifen näher am oberen Rand der Platte ist (Abb. 38). Die Batterie steht nun fest auf der Grundplatte.

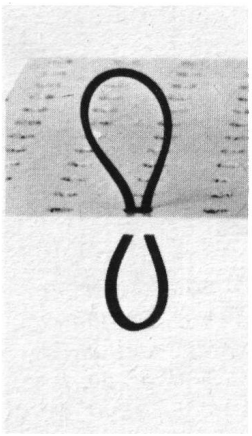


Abb. 34

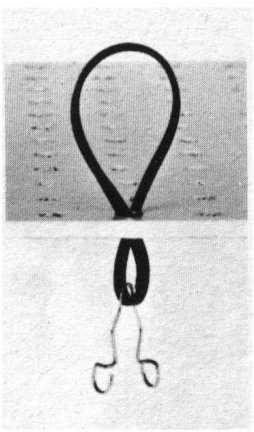


Abb. 35

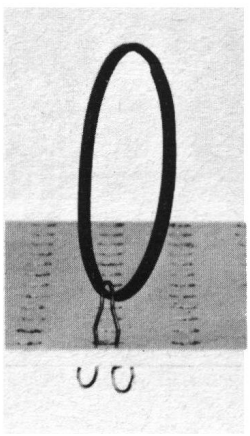


Abb. 36

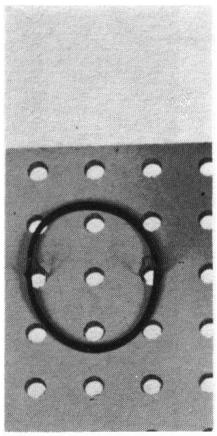


Abb. 37

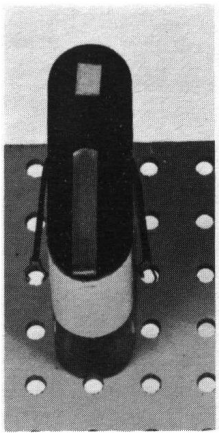


Abb. 38

30. Hast du schon einmal überlegt, welche Teile du unbedingt brauchst, um dir selbst eine Lampe zu bauen? Natürlich, ein blankes Gehäuse sieht sehr schön aus, aber notwendig ist es nicht. Eine Glühlampe und eine Batterie reichen aus, um Licht zu erzeugen.
Probiere doch einmal nach Abb. 39 — 42 aus, wann die Lampe leuchtet!

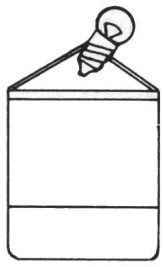


Abb. 39

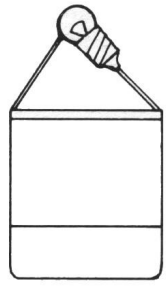


Abb. 40

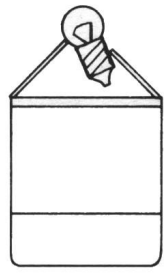


Abb. 41

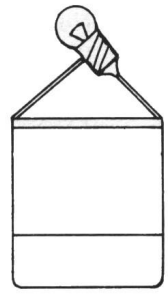


Abb. 42

Nur nach Abb. 42 leuchtet die Glühlampe. Du hast sicher bemerkt, daß beide Anschlußbleche der Batterie, Pole genannt, mit der Lampe verbunden waren. Beide Pole müssen die Kontakte der Glühlampe berühren.

31. Eine Lampe, wie du sie gebaut hast, ist natürlich sehr unhandlich. wie leicht rutscht die Glühlampe von den Polen der Batterie ab! Schraube sie darum fest in die Lampenfassung und versuche herauszufinden, wann die Glühlampe leuchtet! Du mußt vorher die Anschlußlaschen an der Fassung umbiegen (Abb. 43, 44)!

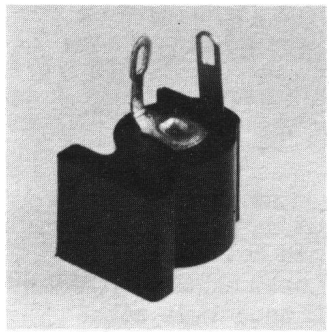


Abb. 43

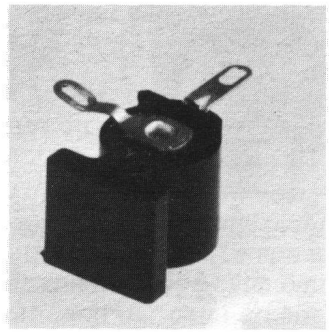


Abb. 44

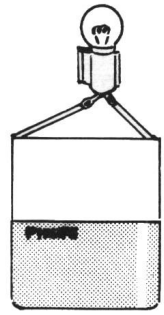


Abb. 45

Wenn die beiden Kontaktlaschen der Lampenfassung je einen Pol der Batterie berühren, leuchtet die Lampe auf (Abb. 45). Die eine Lasche der Fassung ist mit dem Fußkontakt der Glühlampe verbunden, die andere mit dem Gewindekontakt (Abb. 47). Alle Glühlampenfassungen haben diese beiden Kontakte. Die Laschen fehlen allerdings bei den meisten Fassungen; dafür sind Schraubklemmen für den Anschlußdraht vorhanden.

Abb. 46

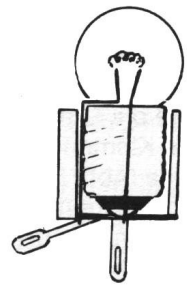


Abb. 47

In den Verdrahtungsplänen der folgenden Versuche findest du die Lampenfassung mit Lampe vereinfacht dargestellt.

32. Nun kannst du dir leicht eine eigene Leselampe bauen. Dazu mußt du über zwei Haarnadelfedern je eine Klemmfeder schieben und dann an jedem Batteriepol eine Klemme befestigen (Abb. 48).
Schiebe dann die Kontaktlaschen der Lampenfassung unter die Haarnadelfedern an beiden Batteriepolen. Nun hält die Fassung so fest, daß sie nicht abfällt (Abb. 49). Damit ist deine Lampe schon fertig. Beim Durchgang des elektrischen Stromes wird der Glühdraht in der Lampe so stark erhitzt, daß er weiß glüht und deshalb Licht aussendet.

Abb. 48

Abb. 49

Abb. 50

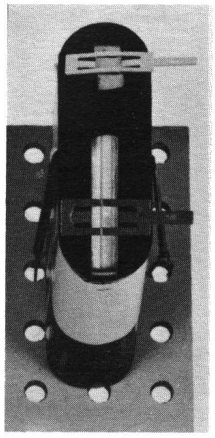


Abb. 51

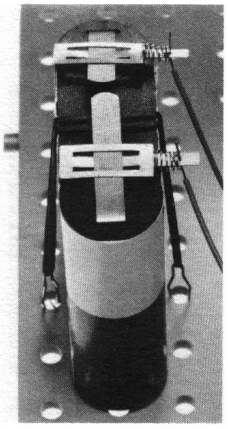


Abb. 52

33. Du sollst noch viele Versuche mit dem elektrischen Strom ausführen. Die folgenden Versuche werden auf der Grundplatte aufgebaut. Wie die Batterie befestigt wird, ist bereits in den Abb. 34 — 38 beschrieben. Eine Verbindung zwischen der Batterie und den übrigen Bauteilen wird mit den beiden Batterie-Anschluß-Klemmen (Abb. 50) und rotem isoliertem Draht hergestellt.
Schiebe die Batterie-Anschlußklemmen auf die Pole der Batterie (Abb. 51). Schneide von dem isolierten Draht zwei Stücke von ca. 10 cm und 15 cm ab und entferne an den Enden 1 cm der Isolierung. Drücke über das kurze Ansatzstück der Batterie-Anschlußklemme je eine Spiralfeder, bis das Loch zu sehen ist. Dann schiebe den Draht hindurch (langer Draht — kurze Batterielasche, kurzer Draht — lange Batterielasche) — er wird von der Feder festgehalten (Abb. 52). Schließe die Drähte an die Klemmen wie in Abb. 53 an. Dazu drückt man die Klemmfeder nieder und steckt den Draht durch die entstandene Öse (Abb. 54).
Die Abb. 53 stellt einen Verdrahtungsplan für diesen Versuch dar. Du erkennst links auf der Grundplatte die Batterie mit den Anschlußklemmen. Die Kreise stellen die Klemmen dar. Zwischen ihnen ist der isolierte Draht, an dessen Enden die Isolierung entfernt sein muß, eingezeichnet. Rechts oben erkennst du die Lampenfassung mit Lampe. Baue diese Schaltung nach Abb. 53 auf.

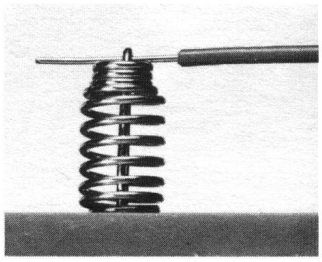


Abb. 54

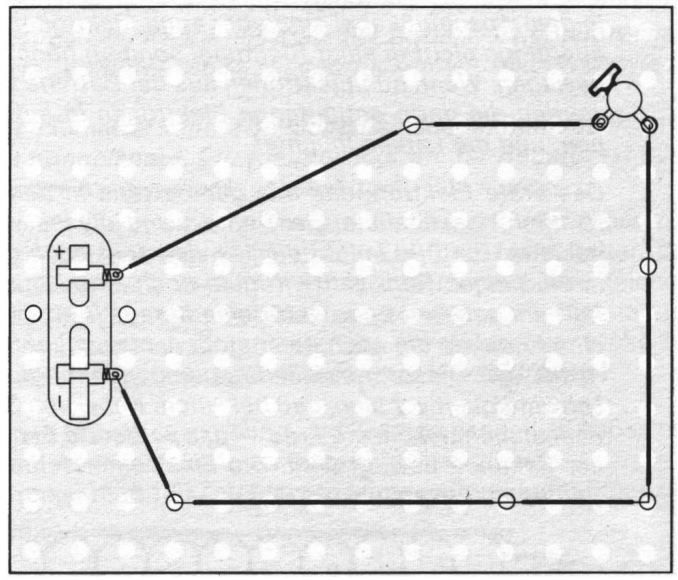


Abb. 53

Du hast bestimmt schnell herausgefunden, daß die Lampe nur leuchtet, wenn jeder Batteriepol mit einer Kontaktlasche der Lampenfassung verbunden ist.

34. Wenn du einen Anschlußdraht zur Glühlampe löst, leuchtet sie natürlich nicht mehr. Findest du noch eine andere Möglichkeit, sie zu löschen?

Richtig, auch wenn du die Lampe in der Fassung lockerst, geht das Licht aus. Eine Glühlampe kann nur dann leuchten, wenn der elektrische Strom von der Batterie durch die Lampe wieder in die Batterie zurückfließen kann. Wir sprechen dann von einem **Stromkreis.**
Jedes elektrische Gerät kann nur dann arbeiten, wenn es in einen Stromkreis geschaltet ist und dieser nicht unterbrochen wird. Tritt dagegen an einer Stelle eine Unterbrechung auf, so kann z. B. eine Lampe nicht mehr leuchten. Das ist immer dann der Fall, wenn ein Draht gelöst, die Lampe gelockert wird oder der Glühfaden der Lampe bricht.

Wenn du die Batterie betrachtest, fällt dir auf, daß sie zwei verschieden lange Pole hat. Der lange ist der Minuspol, der kurze der Pluspol. Diese Kennzeichnung findest du auf jeder Batterie.

35. Kannst du dir nun schon einen einfachen Stromkreis aufbauen? Wenn es dir nicht gleich gelingt, lies noch einmal Vers. 33 nach. Statt des einen kurzen Drahtes verwende jedoch vom Minuspol zur Lampe den Spulendraht, ohne den Ring abzuwickeln. Vorher mußt du die Lackisolierung an den Enden etwa 1 cm sorgfältig mit einem Messer abkratzen. Ob viel Zeit vergeht, bis der Strom durch den langen Draht zur Glühlampe gelangt?

Die Lampe leuchtet ohne Verzögerung sofort auf, auch wenn der Draht noch so lang ist. Die Erklärung dafür ist zwar nicht ganz leicht, du solltest sie aber trotzdem sehr aufmerksam lesen, um zu verstehen, wie der Strom wirkt.
Der elektrische Strom besteht aus unendlich kleinen Teilchen, den **Elektronen.** *Wird eine Lampe mit einer Batterie verbunden, so fließen die Elektronen vom Minuspol durch die Lampe zum Pluspol zurück.*

In dem Anschlußkabel sind aber auch Elektronen enthalten, die sich allerdings nicht in einer Richtung, sondern noch wild durcheinander bewegen. Wenn nun Elektronen aus der Batterie in den Draht fließen, werden die darin enthaltenen Elektronen in eine Richtung geschoben, und die Lampe leuchtet.

Das erste Elektron, das aus der Batterie in den Draht fließt, stößt nämlich das nächste Elektron an und dieses wiederum das übernächste. Ein Bild macht dir das vielleicht noch deutlicher. Wenn du in ein langes Rohr voller Kugeln noch eine Kugel hineinsteckst, so fällt am anderen Ende dafür eine heraus (Abb. 55). Dazu muß immer eine Kugel an die nächste anstoßen, bis schließlich die vorderste erreicht ist. Dieser Anstoß, Impuls genannt, geht mit solcher Geschwindigkeit vor sich, daß bei einem Kabel von 300000 km Länge — über siebenmal um die Erde — das vorderste Elektron schon nach einer Sekunde bewegt wird. Die Elektronen selbst fließen allerdings ziemlich langsam.

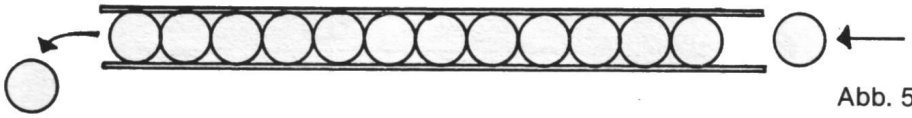


Abb. 55

Der Elektronenstrom fließt von Minus (—) nach Plus (+)

36. Es ist umständlich, die Glühlampe dadurch zu löschen, daß du sie herausdrehst. Jetzt sollst du das einfacher haben. Befestige die Taste (5015) mit zwei Klemmen. Durch die beiden Bohrungen der Taste werden von unten Haarnadelfedern gesteckt und Klemmfedern darübergeschoben (Abb. 56).
Befestige rechtwinklig dazu — auch mit zwei Klemmen — den Einschaltkontakt (5145). Vom Pluspol der Batterie führt ein isolierter Draht zu dieser Klemme, die anderen Anschlüsse werden nach Abb. 57 hergestellt.

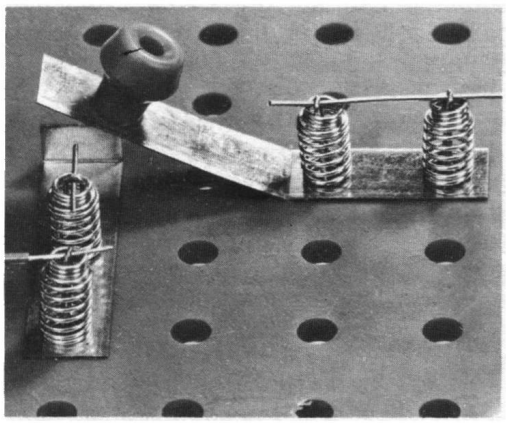


Abb. 56

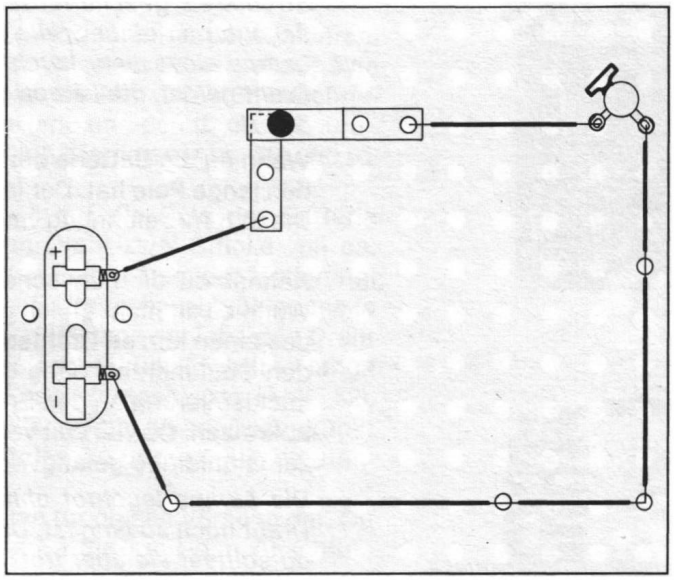


Abb. 57

Drücke die Taste mehrfach nieder und achte auf die Glühlampe.

A ·–
B –···
C –·–·
D –··
E ·
F ··–·
G ––·
H ····
I ··
J ·–––
K –·–
L ·–··
M ––
N –·
O –––
P ·––·
Q ––·–
R ·–·
S ···
T –
U ··–
V ···–
W ·––
X –··–
Y –·––
Z ––··
Ä ·–·–
CH ––––
Ö –––·
Ü ··––
1 ·––––
2 ··–––
3 ···––
4 ····–
5 ·····
6 –····
7 ––···
8 –––··
9 ––––·
0 –––––

Punkt ·–·–·–
Irrtum ·····
SOS ·····
Anfang des Spruchs –·–·–
Ende des Spruchs ·–·–·

Die Lampe leuchtet erst dann auf, wenn die Taste den Kontakt berührt. Drückst du den Knopf nicht, ist der Stromkreis unterbrochen; eine Sperre ist errichtet. Beim Niederdrücken wird der Weg wieder freigegeben.
Einen solchen **Schalter** *kennst du sicherlich schon, wenn auch unter dem Namen Klingelknopf. Ein Klingelknopf an der Haustür ist auch nur ein Schalter für den elektrischen Strom.*

Mit dieser Anlage hast du eine einfache Einrichtung zum Morsen. Für die Nachrichtenübermittlung durch Ein- und Ausschalten des elektrischen Stroms erfand der Amerikaner Morse 1835 sein Zeichensystem. Es ist bis heute im Gebrauch und in seiner Einfachheit unübertroffen. Versuche einmal, einen Text durchzugeben. Links findest du die Zeichen für die Buchstaben, das **Morsealphabet:**

Du merkst, daß Übung dazu gehört, die Zeichen schnell zu geben und aufzunehmen. Aber man kann es lernen!
Ein Schiffsfunker muß 120 Zeichen pro Minute sicher aufnehmen und geben können!

37. Nun wäre es sicher eine unbequeme Sache, mit einer solchen Taste die Stubenbeleuchtung zu schalten:
Ständig müßtest du den Finger auf dem Knopf halten. Um eine Lampe für eine Längere Zeit einschalten zu können, muß also ein Dauerkontakt hergestellt werden.
Befestige zusätzlich den Umschaltkontakt 5151 mit zwei Klemmen auf der Grundplatte (Abb. 58) und stelle die Drahtverbindung her (Abb. 59).
Umschaltkontakt im Verdrahtungsplan:

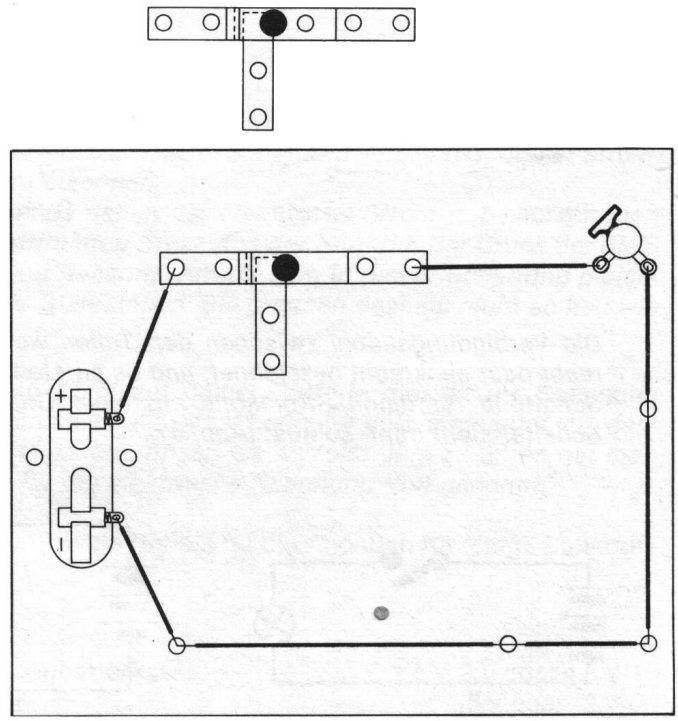


Abb. 59

38. Mit diesem Umschalter kannst du mehr, als nur eine Glühlampe ein- und ausschalten. Führe einmal den Aufbau nach Abb. 60 aus. Kannst du dir denken, was geschieht, wenn du die Taste drückst bzw. losläßt? Versuche doch einmal den Stromkreis für jede Glühlampe anzugeben.

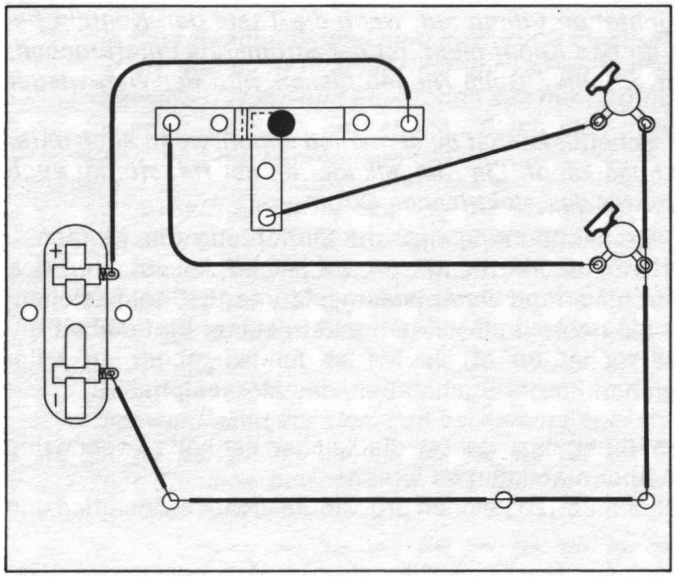


Abb. 60

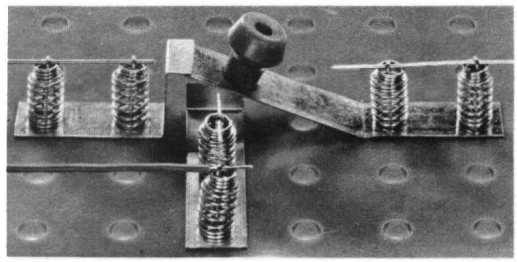


Abb. 58

Es leuchtet immer die Lampe auf, die mit dem jeweiligen Kontakt verbunden ist. Für die andere ist dann der Stromkreis unterbrochen. Vielleicht hast du schon einmal die Zeichnung eines Stromkreises gesehen, die von einem Elektriker angefertigt wurde. Sie unterscheidet sich von denen, die du bisher in diesem Anleitungsbuch gesehen hast. Der Elektriker verwendet nämlich für alle Teile besondere Zeichen, **Schaltzeichen** *oder* **Schaltsymbole** *genannt.*

Die Verbindungskabel zwischen den Teilen werden immer waagerecht oder senkrecht gezeichnet, und es entsteht ein **Schaltbild.** *Ein Schaltbild für einen Stromkreis mit einer Glühlampe und einem Schalter sieht dann so aus: (Abb. 61).*

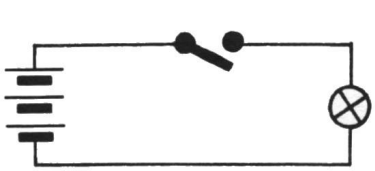


Abb. 61

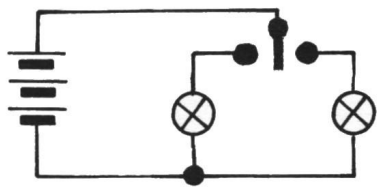


Abb. 62

Werden zwei Lampen abwechselnd geschaltet, wie in diesem Versuch, so wird das Schaltbild erweitert (Abb. 62).

39. Du weißt schon, daß deine Batterie zwei Lampen leuchten lassen kann. Du sollst nun genauer untersuchen, was sich dabei abspielt. Befestige beide Glühlampenfassungen mit den Lampen auf einer Grundplatte wie in Abb. 63.

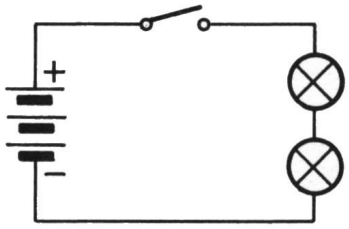


Abb. 64

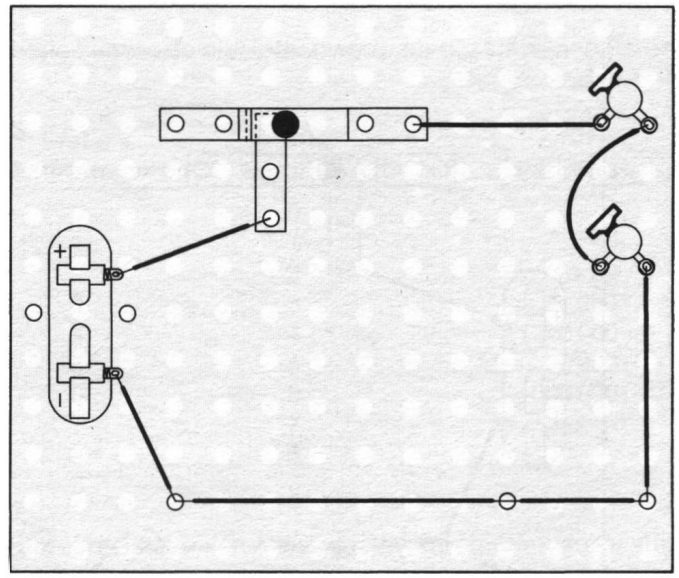


Abb. 63

Achte auf die Lampen, wenn der Stromkreis geschlossen ist!

Zwei Glühlampen brennen so geschaltet dunkler als eine. Der Strom gelangt aus der Batterie in die erste Lampe, von dort in die zweite und dann zur Batterie zurück. Im Schaltbild (Abb. 64) ist dieser Stromkreis deutlich zu erkennen.

Die Elektronen, aus denen der elektrische Strom ja besteht, treten unter einem bestimmten Druck aus der Batterie. Der Druck der Elektrizität, **Spannung** *genannt, verteilt sich in dieser Schaltung gleichmäßig auf beide Glühlampen. Sie brennen deshalb nicht so hell wie eine einzelne.*

Die Bezeichnung 4,5 V auf deiner Batterie gibt dir die Spannung (Druck) der Stromquelle an. Das V bedeutet **Volt,** *abgeleitet von dem Namen des italienischen Physikers A. Volta. Ihm zu Ehren hat man die Maßeinheit für die elektrische Spannung Volt genannt.*

In der folgenden Tabelle findest du die Angaben für einige Spannungen:

Taschenlampenbatterien	1,5 V, 3 V oder 4,5 V
Autobatterien	6 V oder 12 V
Stromnetz im Haushalt	220/380 V
Elektrische Bahnen	15 000 V
Zündanlage im Automotor	15 000 V
Hochspannung im Fernsehgerät	16 000 V
Hochspannungsleitung	110 000 — 380 000 V

40. In elektrische Stromkreise werden oft Bauteile geschaltet, die man **Widerstände** nennt. Einen solchen Widerstand sollst du nun untersuchen. Nimm dazu den Widerstand mit den Farbringen gelb, lila, schwarz, gold und schalte ihn in einen Schaltkreis nach Abb. 65. Achte auf die Helligkeit der Glühlampe. Überbrücke dann den Widerstand mit einem Kabel und beachte wieder die Glühlampe.

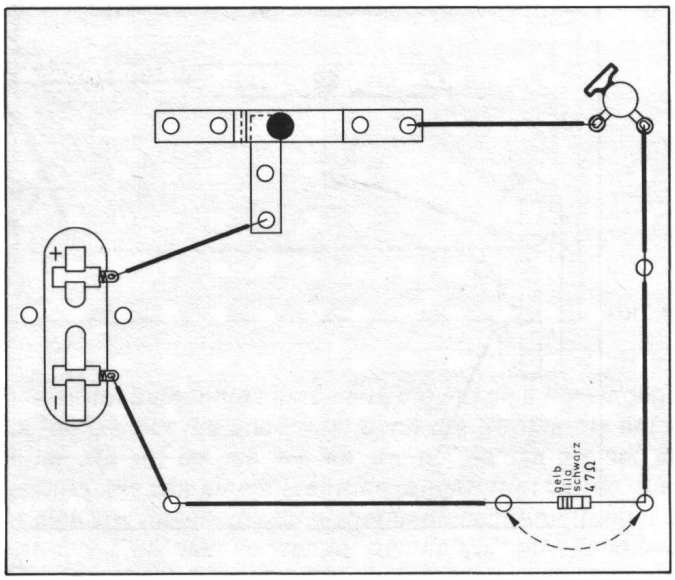


Abb. 65

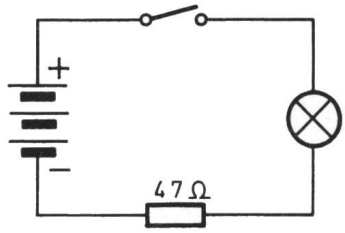


Abb. 66

Bei allen weiteren Versuchen findest du zusätzlich zum Verdrahtungsplan das entsprechende Schaltbild.

Beim Überbrücken des Widerstandes leuchtet die Glühlampe heller auf als mit dem Widerstand in Reihe. Wie der Name erkennen läßt, stellt ein Widerstand für den elektrischen Strom ein Hindernis dar. Du kannst dir seine Wirkungsweise am besten so vorstellen, daß sich die Elektronen durch ihn hindurchzwängen müssen. Dabei werden sie abgebremst und fließen in verminderter Zahl hindurch. Die elektrische Größe des Widerstandes bezeichnet man mit R und mißt ihn in Ohm (Georg Simon Ohm, deutscher Physiker). Dabei schreibt man bei Größenangaben des elektrischen Widerstandes den griechischen Buchstaben Ω = omega. Für praktische Zwecke verwendet man folgende Maßeinheiten für den elektrischen Widerstand:

1000 Ω = 1 kΩ (Kilo-Ohm)
1000000 Ω = 1 MΩ (Meg-Ohm)

Da sich auf so kleine Widerstände schlecht Zahlen aufdrucken lassen, verwendet man Farbringe, an denen man den Wert eines Widerstandes ablesen kann.
Wenn du den Wert bestimmen willst, muß der goldene Farbring immer auf der rechten Seite liegen. Er ist für uns bei der Bestimmung des Wertes ohne Bedeutung. (Manchmal findest du auch einen Widerstand mit einem silbernen Ring anstelle des goldenen). Jede Farbe steht immer für eine bestimmte Zahl.
Außerdem ist noch zu beachten, an welcher Stelle von links nach rechts der Ring steht.

Der erste Farbring bedeutet die erste Ziffer einer Zahl, der zweite Farbring bedeutet die zweite Ziffer einer Zahl, der dritte Farbring sagt dir, wieviel Nullen an die beiden ersten Ziffern angehängt werden müssen.

An dieser Tabelle kannst du die Zahlenwerte für die einzelnen Farben ablesen.

Farbe	Erster Farbring	Zweiter Farbring	Dritter Farbring
schwarz	0	0	—
braun	1	1	0
rot	2	2	00
orange	3	3	000
gelb	4	4	0 000
grün	5	5	00 000
blau	6	6	000 000
lila	7	7	
grau	8	8	
weiß	9	9	

Nun kannst du versuchen, den Wert des Widerstandes zu bestimmen:

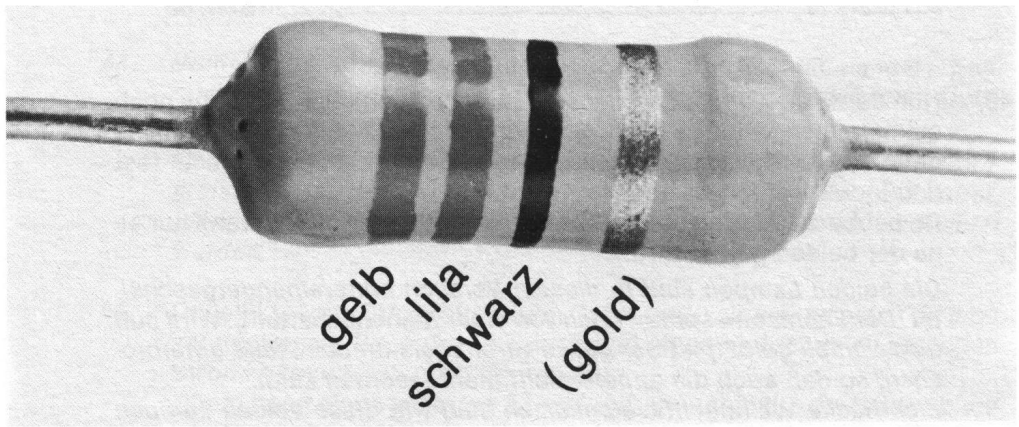


Abb. 67

Du mußt von links ablesen:
1. Farbring: gelb = 4
2. Farbring: lila = 7
3. Farbring: schwarz = keine Null (oder 0 Nullen)

Ergebnis: 47 Ohm

41. Mit dem elektrischen Widerstand sollst du noch weiter experimentieren.
Baue dazu den Versuch nach Abb. 68 auf. Achte auf die Helligkeit der Lampe A, wenn einmal der Widerstand und das andere Mal die Lampe B in Reihe geschaltet sind.
Die Lampe A leuchtet beide Male etwa gleich hell. Das Versuchsergebnis zeigt, daß auch die Lampe selbst einen elektrischen Widerstand besitzt. Wenn nämlich 2 Lampen hintereinander in einen Stromkreis geschaltet sind, brennt jede von ihnen nur so hell wie eine Lampe mit einem entsprechenden Widerstand. So wie die Glühlampe, ist jeder Verbraucher ein Widerstand für den elektrischen Strom.

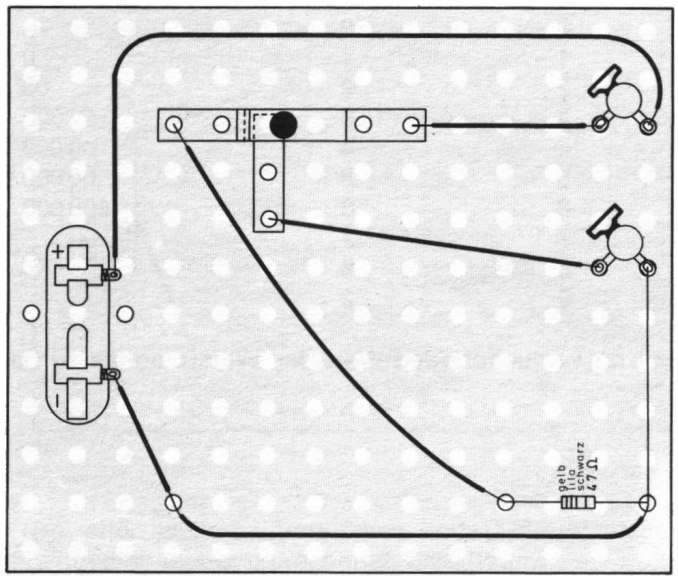


Abb. 68

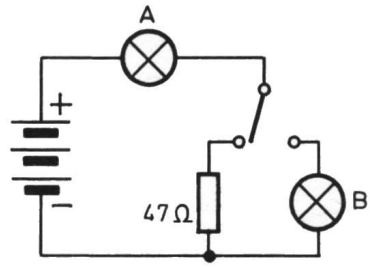


Abb. 69

42. Nun sollst du weitere Lampenschaltungen kennenlernen. Baue noch einmal einen Versuch nach Abb. 63 mit zwei Glühlampen auf. Löse dann eine Lampe in der Fassung. Drehe sie anschließend wieder fest und lockere dafür die andere.
Du beobachtest, daß beide Glühlampen erlöschen, auch wenn nur eine der beiden gelöst wird.
Die beiden Lampen sind in diesem Versuch hintereinandergeschaltet. Der Fachmann spricht auch von einer **Reihenschaltung.** *Wird nun eine Lampe gelöst, ist der ganze Stromkreis an der Stelle unterbrochen, so daß auch die andere nicht mehr leuchten kann.*
Elektrische Weihnachtsbaumkerzen sind wie diese beiden Lampen in Reihe geschaltet. Wenn du eine in ihrer Fassung löst, erlöschen alle anderen auch. Die Christbaumkerzen werden an das Haushaltsnetz mit einer Spannung von 220 V angeschlossen, und wenn z. B. 12 in einer Reihe geschaltet sind, so erhält jede Kerze eine Spannung von 220:12, also etwa 18 V.

43. Elektrische Geräte im Haushalt können natürlich nicht in Reihe geschaltet werden. Denn jedes ist nämlich für eine Spannung von 220 V ausgelegt, und das Haushaltsnetz liefert auch nur diese Spannung. Schalte die beiden Glühlampen nach Abb. 70 mit der Batterie zusammen. Achte dann auf die Lampen! Kannst du das Schaltbild zeichnen?

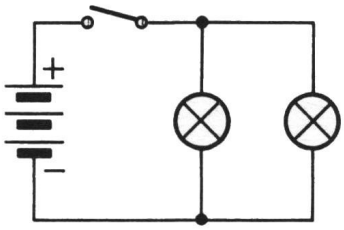


Abb. 71

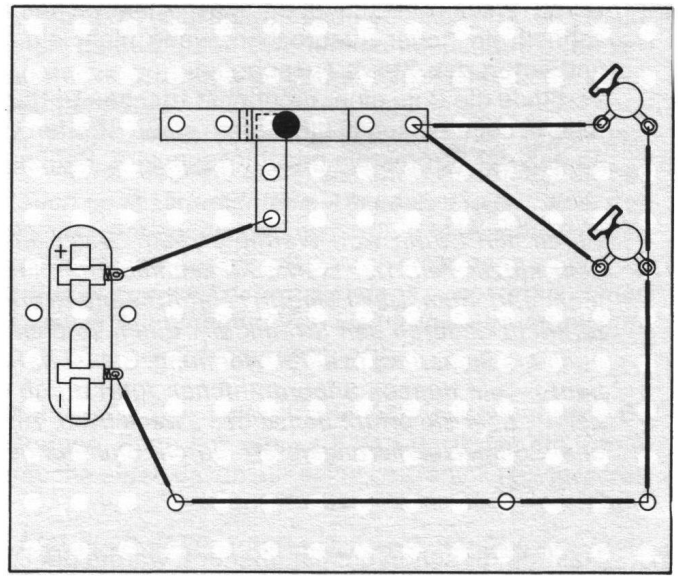


Abb. 70

Beide Glühlampen brennen so hell, als sei nur eine einzelne angeschlossen.
Aus dem Schaltbild ersiehst du, daß eigentlich jede Glühlampe einen eigenen, unabhängigen Stromkreis hat (Abb. 71). Deshalb bekommt auch jede die volle Spannung von 4,5 V. Sind Lampen oder Elektrogeräte so geschaltet, dann spricht man von einer Parallelschaltung. Bei parallel geschalteten Verbrauchern wird deine Batterie allerdings schneller leer, weil wohl die Spannung gleichbleibt, die Zahl der Elektronen, die aus der Batterie heraustreten, sich jedoch vergrößert. Für die Menge der Elektronen hat der Fachmann den Begriff **Stromstärke** *geprägt.*

44. Wenn du im Aufbau nach Abb. 70 erst die eine Glühlampe in der Fassung und, nachdem sie wieder brennt, die andere löst, brennt trotzdem eine Lampe weiter.

Bei einer Parallelschaltung hat jede Lampe ihren eigenen Stromkreis. Im Haushalt sind alle Stromverbraucher parallel geschaltet. Wenn ein Gerät ausfällt, können trotzdem die anderen weiter benutzt werden.

45. Der elektrische Strom birgt auch Gefahren in sich. Eine sollst du jetzt kennenlernen. Baue dazu noch einmal einen einfachen elektrischen Stromkreis mit einer Glühlampe auf.
Nimm dann einen weiteren Anschlußdraht und halte die beiden blanken Enden kurzfristig an die beiden Kontaktlaschen der Lampenfassung. Entferne dann sofort wieder den Draht!

Sowie der Draht die beiden Kontakte der Fassung berührt, erlischt die Lampe. Scheinbar passiert dann gar nichts weiter, aber das täuscht nur. Der Draht schließt nämlich den Stromkreis, ohne die Lampe mit einzubeziehen. Der Weg durch den dicken Draht ist für den Strom bequemer als durch den sehr dünnen Glühfaden der Lampe. Das ist ein Kurzschluß (Abb. 72). Ein sehr starker Strom fließt jetzt von einem Pol der Batterie zum anderen, und schon nach kurzer Zeit wäre sie entladen. Deshalb mußt du den Draht sofort wieder entfernen.

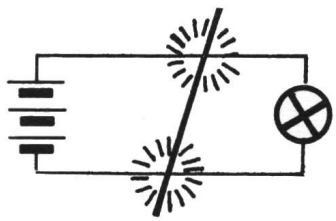


Abb. 72

46. Durch einen Kurzschluß in einer elektrischen Anlage kann sehr schnell ein Feuer ausbrechen, wenn nicht ein „Wächter" aufpaßt und sofort den Strom ausschaltet.
Verbinde die Pole einer möglichst frischen Batterie mit zwei Klemmfedern. Lege zwischen die Federn einen Streifen Weihnachtslametta, so daß der Stromkreis geschlossen wird. Beobachte das Lametta!

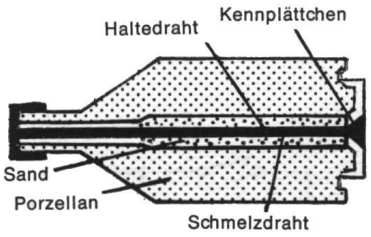


Abb. 73

Durch den Strom wird Wärme erzeugt. Das Lametta schmilzt nach sehr kurzer Zeit. Der starke Kurzschlußstrom kann nun kein Unheil mehr anrichten: Das Lametta schmilzt einfach an einer Stelle und unterbricht dadurch den Stromkreis. Einen solchen „Wächter" gibt es auch als Sicherung in eurer Wohnung. Sie ist natürlich anders aufgebaut — ein dünnes Silberdrähtchen führt durch einen Porzellankörper —, aber sie erfüllt denselben Zweck (Abb. 73). Heute werden solche Schmelzsicherungen oft durch Sicherungsautomaten ersetzt (Abb. 74).

47. Hast du dir schon einmal überlegt, warum die Drähte, mit denen du die Glühlampe anschließt, mit einem Überzug versehen sind? Der nächste Versuch soll dir eine Antwort darauf geben. Baue dir wieder einen Stromkreis mit einer Glühlampe. Unterbrich die Drahtverbindung an einem Anschluß der Glühlampe und befestige daran einen dritten Draht. Nun hast du zwei freie Drahtenden (Abb. 75). Berühren sie sich, so muß die Lampe leuchten.

Halte die Drahtenden nebeneinander (sie dürfen sich nicht berühren!) an verschiedene Gegenstände in deiner Umgebung, wie z. B. Pappe, Papier, Glas, Holz und Kunststoff.

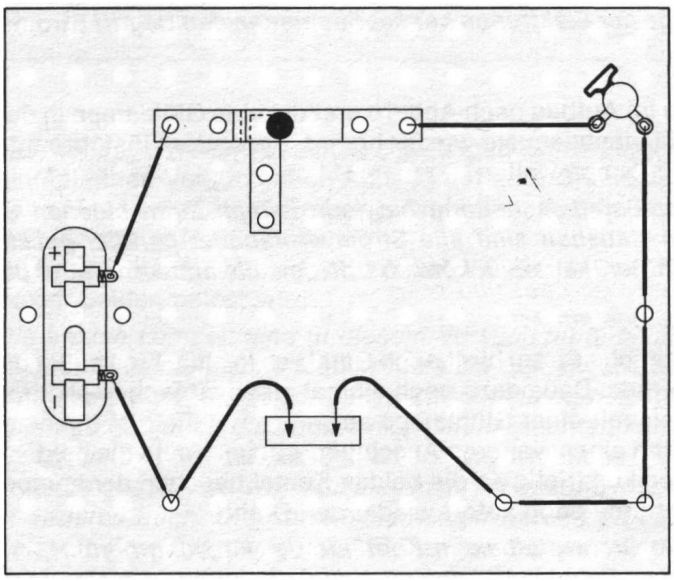


Abb. 75

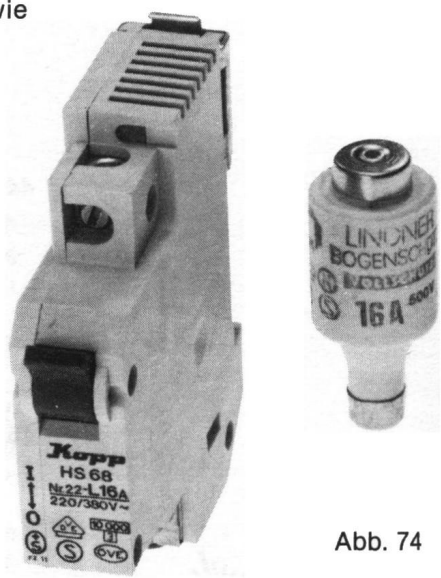


Abb. 74

Die Lampe leuchtet nicht, an welche der genannten Teile du auch die beiden Drahtenden hältst. Alle diese Gegenstände leiten den elektrischen Strom nämlich nicht, sie werden deshalb auch **Nichtleiter** *genannt. Jetzt ist dir sicherlich klar, warum Drähte und Kabel mit einem Kunststoffüberzug versehen sind: Er soll verhindern, daß du an einem stromführenden Kabel Schaden nimmst. Auch Stecker, Steckdosen und die Gehäuse vieler elektrischer Geräte sind aus solchem nichtleitenden Kunststoff hergestellt.*

48. Was eignet sich zum Leiten des elektrischen Stromes? Um das zu untersuchen, halte die beiden freien Drahtenden nacheinander an verschiedene Metallstücke (Stahldraht, Schrauben, Geldstücke usw.). Achte auf die Glühlampe!

Die Glühlampe leuchtet immer, denn alle Metalle leiten den elektrischen Strom. Sie werden deshalb **Leiter** *genannt. Allerdings gibt es zwischen ihnen auch noch Unterschiede. Am besten leitet Silber den Strom, doch du kannst dir denken, daß man Silber für Kabel nicht verwendet, weil es zu teuer ist. Kupfer leitet zwar nicht ganz so gut, ist aber wesentlich billiger und wird darum meistens genommen. Neuerdings nimmt man auch Aluminium dafür, weil Kabel aus Aluminium wesentlich leichter sind als solche aus Kupfer.*

49. Ein Material nimmt unter den Leitern eine Sonderstellung ein. Du sollst es kennenlernen. Baue aus alten 1,5-Volt-Batterien die Kohlestäbe aus. Untersuche einen davon auf seine Leitfähigkeit wie in Versuch 48.

Die Lampe leuchtet auch dann, wenn ein Kohlestab in den Stromkreis geschaltet wird. Außer den Metallen ist Kohle der einzige feste Leiter für den elektrischen Strom.

50. Probiere einmal aus, ob Flüssigkeiten den elektrischen Strom leiten. Für diesen Versuch benötigst du ein Marmeladenglas voll Wasser. In das Wasser tauchst du zwei Kohlestäbe, an die du mit Büroklammern Drähte befestigst. Einen Draht führst du zu einer Lampe, den anderen zur Batterie. Du schließt den Stromkreis, indem du mit einem weiteren Kabel Glühlampe und Batterie verbindest.
Achte auf die Glühlampe!

Die Lampe leuchtet nicht. Nach den vorigen Versuchen mußt du nun annehmen, daß Leitungswasser den Strom nicht leitet. Doch das stimmt nicht: Es läßt nur nicht genügend Strom durch, um die Lampe zum Leuchten zu bringen.

51. Du kannst es aber erreichen, daß die Lampe leuchtet, indem du unter Rühren in das Marmeladenglas mit Wasser nach und nach Kochsalz gibst. Achte zwischendurch immer auf die Lampe. Die Kohlestäbe dürfen sich allerdings nicht berühren!

Nachdem du zwei bis drei Löffel voll Salz im Wasser gelöst hast, glimmt die Lampe auf und brennt immer heller, je mehr Salz dem Wasser zugegeben wird. Wasser leitet den elektrischen Strom nur dann, wenn es z. B. mit Salz verunreinigt ist. Chemisch reines Wasser, auch destilliertes Wasser genannt, leitet den Strom dagegen nicht. Leitungswasser, das du im vorigen Versuch verwendet hast, enthält nur wenig gelöste Salze. Es leitet zwar den Strom, jedoch nicht genug, um dann noch die Lampe zum Leuchten zu bringen.

52. Leitet Wasser auch den elektrischen Strom, wenn es mit Seife „verunreinigt" ist? Um das zu untersuchen, schabe mit einem Messer von einem Stück Seife etwa einen Löffel voll Seifenflocken ab und löse sie in einem Marmeladenglas mit Wasser. Tauche dann wieder die Kohlestäbe ein und beobachte!

Die Glühlampe leuchtet auch auf, wenn Seife sich in Wasser aufgelöst hat. Neben Seifenwasser gibt es noch andere Flüssigkeiten, die den elektrischen Strom leiten. Dazu gehört auch Essig. Vielleicht gibt deine Mutter dir soviel davon, daß du diesen Versuch mit Essig einmal ausprobieren kannst. (Mehr darüber kannst du erfahren, wenn du dir einen PHILIPS Chemie-Experimentierkasten schenken läßt!)

53. Du sollst nun eine weitere Wirkung des elektrischen Stromes untersuchen.
Baue dir die Versuchsanordnung nach Abb. 76 auf. Stelle dann den Kompaß mit S und N unter einen Draht, der zur Lampe führt. Drehe die Grundplatte so, daß die Kompaßnadel auf N und S steht. Schalte den Strom mit dem Tastschalter ein und beobachte! Achte auf die Nadel, auch wenn die Lampe erloschen ist.

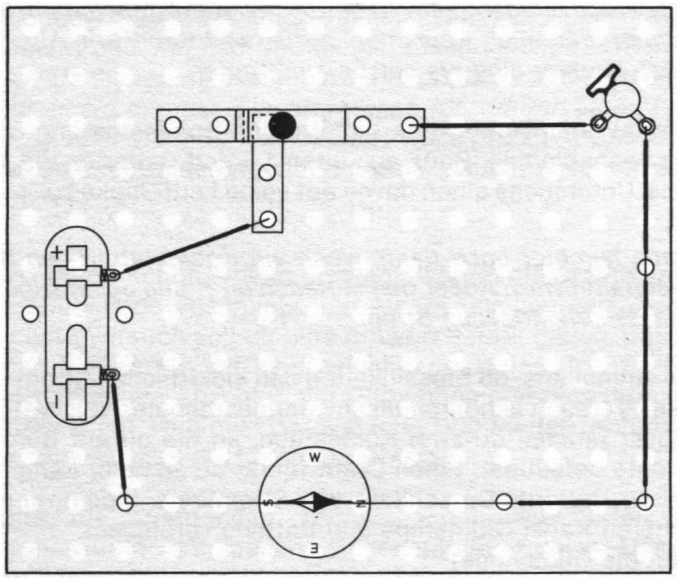


Abb. 76

Sowie die Glühlampe aufleuchtet, bewegt sich die Kompaßnadel. Sie zeigt dann nicht mehr wie ursprünglich nach Norden, sondern sie weicht von dieser Richtung ab. Wird der Stromkreis unterbrochen, pendelt die Nadel auch wieder in die vorherige Stellung zurück. Sehr viel deutlicher wird der Ausschlag, wenn du kurzzeitig die Glühlampe mit einem Draht überbrückst. Du hast schon erfahren, daß eine Kompaßnadel von einem Magneten abgelenkt wird. Hier muß also auch eine Magnetkraft vorhanden sein, die die Ablenkung der Nadel bewirkt. Diese magnetische Kraft kann nur vom elektrischen Strom herrühren.

54. Um zu untersuchen, ob die Batterie allein auch die Kompaßnadel ablenken kann, löse deine Stromquelle von der Grundplatte. Halte dann die beiden Pole der Batterie gegen das Glas des Kompaßgehäuses! Achte darauf, daß sie nicht den Aluminiumrahmen berühren!
Die Kompaßnadel bewegt sich nicht. Die Batterie ist also nicht in der Lage, die Nadel abzulenken. Erst dann, wenn ein Strom im Kreis fließt, bildet sich um die Nadel ein Magnetfeld.

55. Wiederhole den Versuch 53 mit der Kompaßnadel im Stromkreis. Merke dir, nach welcher Seite die Kompaßnadel ausschlägt. Vertausche dann die Anschlüsse an der Batterie und beobachte wieder die Magnetnadel.
Nach dem Umwechseln der Batterieanschlüsse schlägt die Magnetnadel in die andere Richtung aus. Daraus ersiehst du, daß dieses Magnetfeld, das sich um das Kabel bildet, auch einen Nordpol und einen Südpol besitzt.

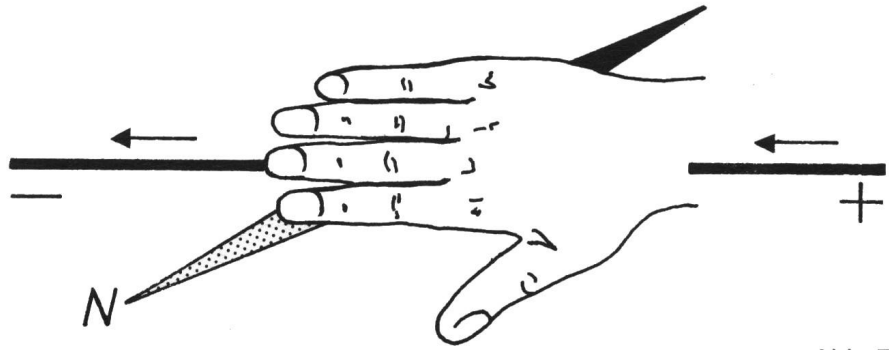


Abb. 77

Der dänische Physiker H. Chr. Oersted entdeckte schon 1820, daß um einen stromdurchflossenen Leiter ein Magnetfeld entsteht. Um die Richtung der Ablenkung bestimmen zu können, stellte Oersted die **Rechtehandregel** *auf. Sie lautet: Lege deine rechte Hand mit der Handfläche nach unten auf das Kabel. Die Fingerspitzen müssen zum Minuspol der Batterie weisen. Der Nordpol der Magnetnadel wird dann in Richtung des abgespreizten Daumens abgelenkt (Abb. 77).*

Untersuche doch einmal, ob das bei dir auch stimmt!

56. Eine weitere Besonderheit der Magnetkraft durch Strom kannst du mit der Rolle Kupferlackdraht untersuchen. Setze sie wie in Abb. 78 in den Stromkreis (den Lack an den Enden abkratzen). Schalte den Strom ein und nähere dann langsam den Kompaß dem Draht. Achte darauf, in welcher Entfernung schon eine Ablenkung der Magnetnadel zu bemerken ist!

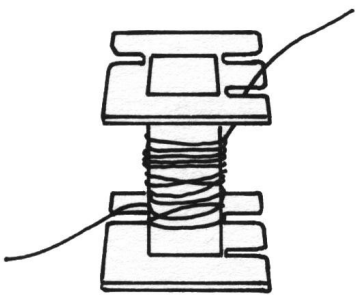


Abb. 79

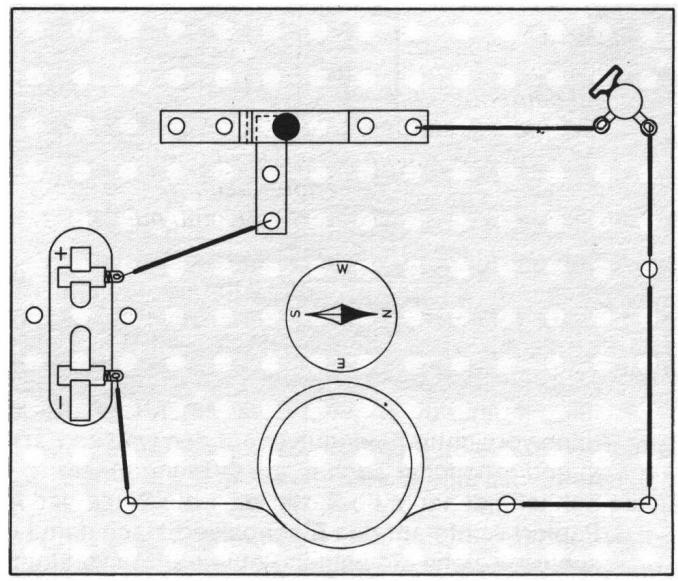


Abb. 78

Die Nadel bewegt sich schon, wenn du mit dem Kompaß noch einige cm entfernt bis. Bei einem aufgewickelten Draht, **Spule** *genannt, ist die Magnetwirkung wesentlich stärker als bei einem einzelnen Kabel. Die Magnetfelder der einzelnen Wicklungen wirken nämlich gemeinsam. Die Wirkung erhöht sich mit der Zahl der Windungen auf der Spule. Sehr viel deutlicher wird der Ausschlag, wenn du kurzzeitig die Glühlampe mit einem Draht überbrückst.*

57. Für die folgenden Versuche benötigst du eine besondere Spule. Schneide von dem Kupferlackdraht etwa 3 m ab und wickle ihn sorgfältig um den Spulenkörper (5004), so daß eine Wicklung dicht neben der anderen liegt (Abb. 79). Achte darauf, daß an beiden Enden die Isolierung entfernt ist.
Schalte deine Spule dann wieder nach Abb. 78 in den Stromkreis und untersuche, mit welcher Kraft die Nadel jetzt abgelenkt wird. Schlägt sie nicht aus, mußt du den Kompaß ein wenig um die Spule herumbewegen!
Deine selbstgewickelte Spule auf dem Spulenkörper erzeugt ein stärkeres Magnetfeld als der locker gewickelte Draht, weil die Zahl der Windungen größer ist. Die durch den elektrischen Strom erzeugte Magnetkraft bezeichnet man als **Elektromagnetismus.**

58. Beim Umgang mit Magneten hast du bereits erfahren, daß man die Kraftlinien eines Stabmagneten sichtbar machen kann. Das sollst du nun auch mit der Spule durchführen. Dazu mußt du dir zwei gleiche Stückchen weißen Karton nach Abb. 80 zurechtschneiden.

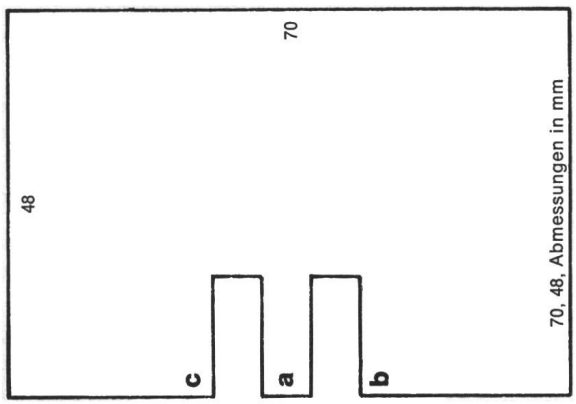


Abb. 80

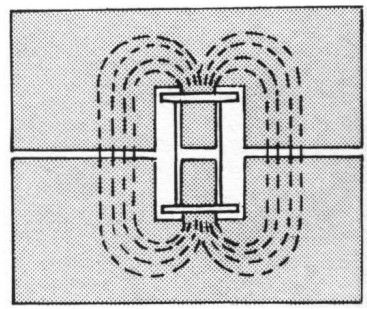


Abb. 81

Schiebe sie dann von jeder Seite so gegen den Spulenkörper, daß der Steg a des Papiers in die Öffnung der Spule paßt. (Wenn du den Draht sehr locker gewickelt hast, mußt du bei b und c etwas mehr abschneiden.)
Nun ist die Spule ganz von Papier umgeben. Damit es völlig eben liegt, kannst du an jeder Seite einen Bleistift darunterlegen. Streue dann vorsichtig Eisenpulver auf den weißen Karton rund um die Spule und möglichst auch in die Öffnung hinein.
Schließe danach die Batterie an die Spule und klopfe leicht auf das Papier! Achte auf das Eisenpulver! Nach dem Lösen der Batterieanschlüsse ziehe die beiden Papierhälften vorsichtig auseinander, und schiebe sie neben der Spule wieder zusammen.
Wenn Strom durch die Spule fließt, ordnen sich die Eisenteilchen und machen dadurch die Kraftlinien sichtbar. Dabei fällt auf, daß ihr Verlauf genau dem der Kraftlinien eines Stabmagneten entspricht. Auch hier führen die Kraftlinien von einem Pol zum anderen. Am stärksten ist das Magnetfeld im Innern der Spule, wo die Linien „gebündelt" verlaufen (Abb. 81).

59. Durch einen ganz einfachen Trick kannst du die Wirkung dieses Elektromagneten noch erhöhen. Lege den Kompaß in etwa 6 — 8 cm Entfernung neben die Spule, so daß die Nadel quer zur Spulenöffnung zeigt. Betätige die Taste und beobachte die Nadel. Schiebe nun langsam die Schloßschraube (5005) in die Spulenöffnung und beobachte die Nadel!
Wiederhole mehrfach. Schalte dann den Strom aus und bewege nun die Schraube in derselben Entfernung. Kannst du etwas beobachten?

Wenn die Schraube, in diesem Fall **Eisenkern** *genannt, in das Innere der stromdurchflossenen Spule geführt wird, bewegt sich die Kompaßnadel. Fließt kein Strom mehr, so kann die Schraube allein in derselben Entfernung keine Wirkung erzielen.*
Durch das Kraftfeld im Inneren der Spule werden die Elementarmagnete des Eisenkerns geordnet. Er wirkt darum zusätzlich wie ein Magnet und verstärkt die gesamte elektromagnetische Wirkung. Wird der Strom ausgeschaltet, so verschwindet der Magnetismus bis auf einen kleinen Rest, weil die Elementarmagnete in eine ungeordnete Lage zurückkehren (vergl. Vers. 22).
Eine stromdurchflossene Spule mit Eisenkern ist ein **Elektromagnet.**
Die Kraft eines Elektromagneten läßt sich aus- und einschalten.

Abb. 82

Elektrokran, Werkfoto Demag

60. Jetzt kannst du dir einen Kran bauen, mit dem du elektromagnetisch heben kannst. Führe die Schloßschraube durch den Spulenkörper und schraube die Mutter auf das Gewinde. Wenn du deinen Elektromagneten nun mit zwei Drähten über den Schalter mit der Batterie verbindest, ist dein Hebekran schon fertig. Vergiß nicht, die Drahtenden abzuisolieren. Du darfst ihn allerdings nicht zu lange eingeschaltet lassen, weil sonst deine Batterie schnell leer ist.

Dort, wo viele Eisenstücke transportiert werden müssen, wird häufig ein Elektrokran verwendet (Abb. 82). Die Last muß nicht an Haken oder Seilen befestigt werden, sondern der Kranführer schaltet lediglich den Strom ein: Das Eisenstück wird angezogen. Beim Abschalten fällt es wieder zu Boden.

61. Mit der Spule sollst du noch einige Experimente ausführen.
Halte eine Stecknadel, die du möglichst noch nicht für deine Magnetversuche benutzt hast, an die Kompaßnadel. Beobachte, wie stark sie angezogen wird. Lege dann die Stecknadel in die Öffnung der Spule und laß für einen kurzen Augenblick Strom hindurchfließen. Halte die Nadel wieder an den Kompaß und prüfe!

Die Magnetnadel wird wesentlich stärker angezogen, wenn die Stecknadel einen Augenblick im Magnetfeld der Spule gelegen hat. Im Gegensatz zum Eisen bleibt Stahl auch dann noch magnetisch, wenn der Strom bereits ausgeschaltet ist. Stahl kann also nicht als Eisenkern für einen Elektromagneten verwendet werden, weil der Magnetismus auch nach Abschalten des Stroms noch erhalten bleibt.

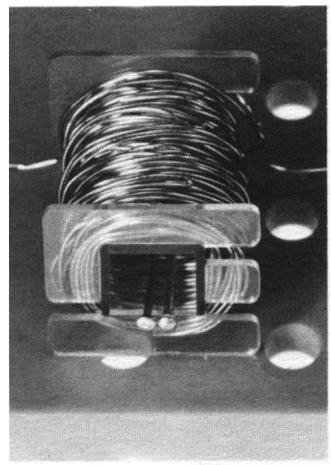


Abb. 83

62. Lege zwei Stecknadeln nebeneinander in das Innere der Spule, nachdem du den Kern wieder entfernt hast. Stelle den Spulenkörper dann etwas schräg und schließe für einen Augenblick die Batterie an (Abb. 83). Achte auf die Stecknadeln!

Beim Einschalten des elektrischen Stroms rollt die eine Stecknadel aufwärts und bleibt dort so lange liegen, bis der Stromkreis wieder unterbrochen ist. Dann rollt sie zurück.
Wenn Strom durch die Spule fließt, werden die Nadeln im Innern magnetisiert. Da sie aber beide gleich magnetisiert werden — Nordpol neben Nordpol und Südpol neben Südpol —, stoßen sie einander ab. Das Ergebnis: eine Nadel rollt davon, kehrt aber nach dem Abschalten des Stroms zurück, weil der Restmagnetismus nicht ausreicht, um den Abstand zu halten.

63. Mit dem Elektromagnetismus kann man auch Bewegung erzeugen. Halte vor die Öffnung einer stromdurchflossenen Spule einen Stabmagneten. Laß den Stabmagneten dicht vor der Spulenöffnung pendeln und betätige die Taste (Abb. 84).

Die Bewegung des Magneten hört auf, ein Pol des Magneten zeigt auf die Öffnung des Spulenkörpers und wird hineingezogen. Der eine Pol des Elektromagneten zieht einen Pol des Stabmagneten an, der andere wird abgestoßen. Für den nächsten Versuch markiere die Seite, die angezogen wurde, mit einem Papieraufkleber.
Der Versuch zeigt die Bewegungsvorgänge in einem Elektromotor. Mehr darüber erfährst du ab Versuch 70.

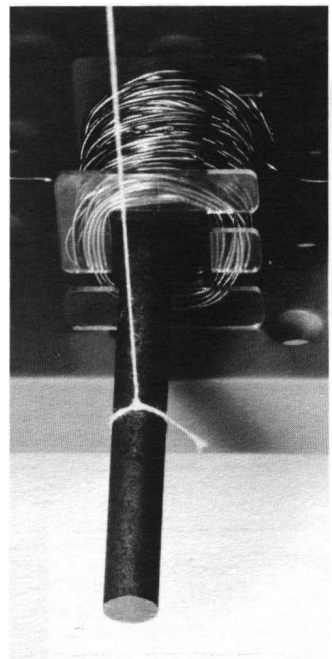


Abb. 84

64. Wiederhole Versuch 63 und vertausche einmal die Anschlüsse an der Batterie. Halte den Stabmagneten wieder vor die Spule und betätige die Taste.

Beim Niederdrücken der Taste wird der andere Pol des Stabmagneten von der Spule angezogen. Durch die Vertauschung der Batterieanschlüsse haben sich auch die Pole des Elektromagneten umgekehrt. Deshalb wird jetzt auch der andere Pol des Stabmagneten angezogen.

65. Mit dem Elektromagnetismus kann auch geschaltet werden. Um das auszuprobieren, schraube die Spule aus Vers. 64 mit der Schloßschraube und der Mutter auf der Grundplatte fest (Abb. 85). Befestige unmittelbar neben der Spule den Summerkontakt 5150 mit Haarnadel- und Klemmfedern, und auf der gegenüberliegenden Seite stecke von unten die lange Zylinderkopfschraube durch ein Loch der Grundplatte. Drehe beide Rändelmuttern auf die Schraube und

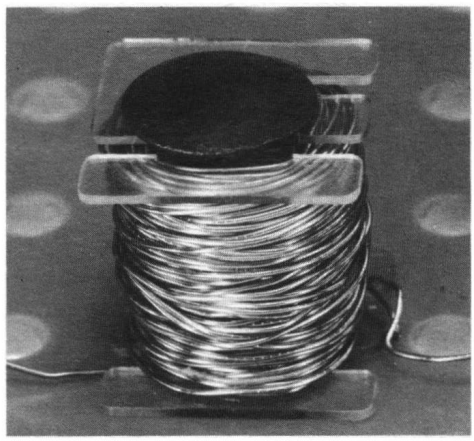


Abb. 85

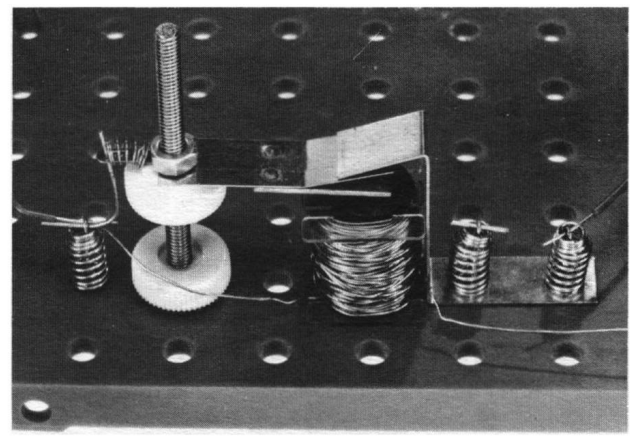
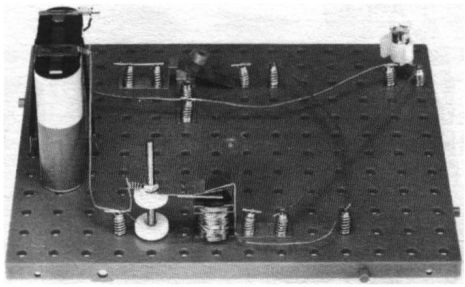


Abb. 86



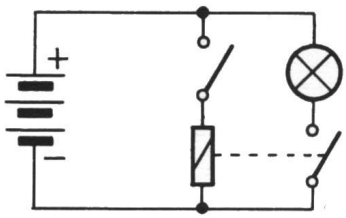


Abb. 87

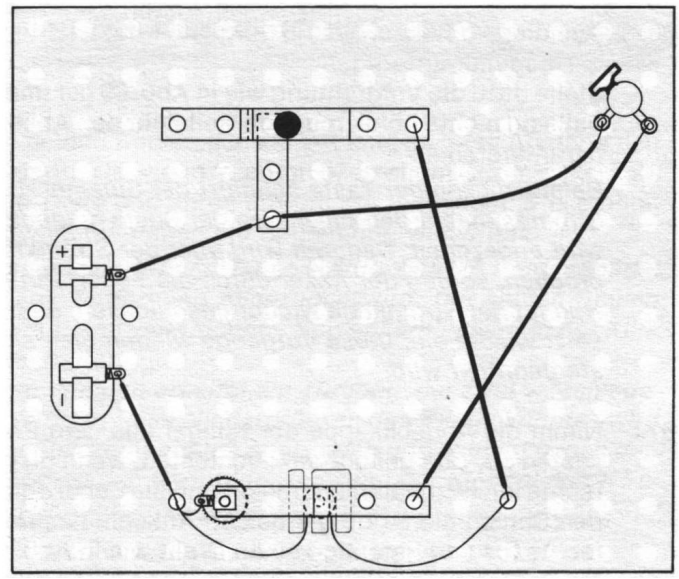


Abb. 88

stecke den Anker (5149) und die Lötöse (5146) ebenfalls darauf. Ziehe dann mit einer Mutter M 4 den Anker fest, so daß er etwa 1 mm über dem Kopf der Schloßschraube steht und den Summerkontakt von unten berührt (Abb. 86).
Stelle die Anschlüsse wie in Abb. 87 her. An der Lötöse wird der Draht mit einer Spiralfeder befestigt. Betätige die Taste.

Die Lampe leuchtet. Beim Betätigen der Taste ertönt jedoch ein Klicken, und die Lampe erlischt. Läßt du die Taste los, leuchtet die Lampe wieder auf. Vor dem Niederdrücken der Taste fließt der Strom durch den Summerkontakt, den Anker und die Glühlampe. Sowie du die Taste drückst, wird der Stromkreis für die Spule geschlossen, und um die Spule herum entsteht ein Magnetfeld, durch das der Anker angezogen wird. Nun ist die Verbindung zwischen dem Summerkontakt und dem Anker unterbrochen, und deshalb erlischt die Glühlampe (Abb. 89).
Eine solche Vorrichtung, bei der der Strom elektromagnetisch geschaltet wird, heißt **Relais.**
Eventuell mußt du den Anker durch Drehen an der Rändelmutter nach oben oder unten verschieben.

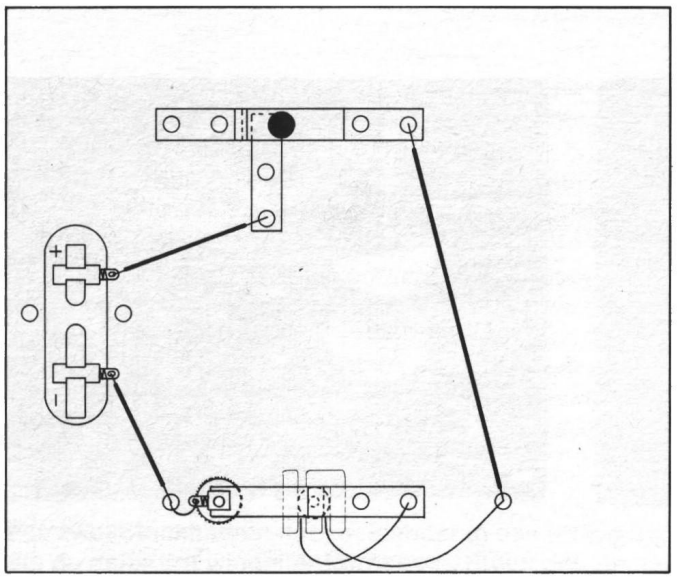


Abb.89

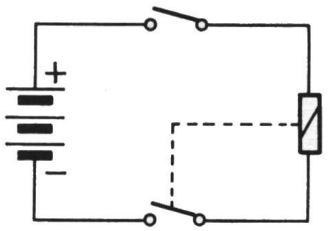


Abb. 90

66. Aus diesem Relais, das du aufgebaut hast, läßt sich leicht ein richtiger Summer anfertigen.
Stelle dazu die Verdrahtung wie in Abb. 89 her und betätige die Taste. Falls du nichts hörst, mußt du vielleicht den Anker etwas herauf-oder herunterdrehen.

Beim Drücken der Taste schnarrt der Summer. Das Einschalten des Stromes macht den Eisenkern der Spule magnetisch, und der Anker wird angezogen. Dadurch wird aber der Stromkreis am Anker unterbrochen, so daß der Anker durch die Federführung zurückschwingt. Nun ist der Stromkreis wieder geschlossen, und die Magnetwirkung setzt wieder ein. Diese Vorgänge wiederholen sich, so lange die Taste gedrückt wird.

67. Nimm die Abdeckkappe der Klingel aus dem Physik-Experimentierkasten ab. Das gelingt am leichtesten, wenn du die Kappe links und rechts leicht zusammendrückst und sie dabei abhebst. Unter den beiden Spulen siehst du die beiden Anschlußschrauben. Schraube die rechte los und befestige einen Draht wie in Abb. 91. Halte den anderen Draht an die Regulierschraube und betätige mehrfach die Taste.

Beim Schließen des Stromkreises wird der Anker mit dem Klöppel der Klingel sehr kräftig gegen die Glockenschale gezogen und erzeugt einen kurzen Ton. Die Klingel läutet aber nicht.

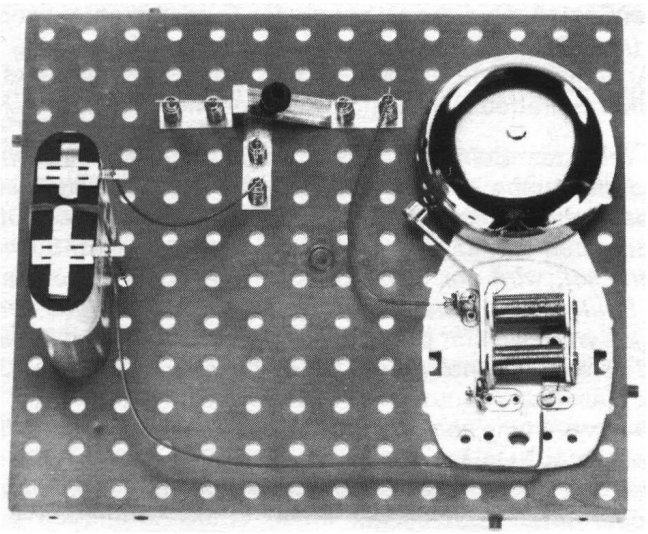


Abb. 91

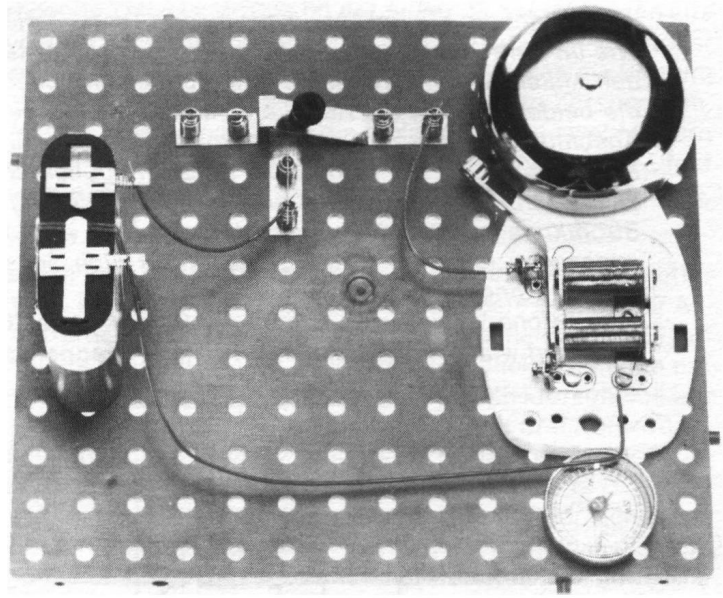


Abb. 93

68. Lege neben die beiden Spulen der Klingel in etwa 3 cm Abstand den Kompaß und schalte sie wie in Versuch 67 in einen Stromkreis (Abb. 93). Betätige die Taste und achte auf die Kompaßnadel. Stelle dann den Kompaß etwa 8 cm neben die Spulen und wiederhole.

Der Elektromagnet in der Klingel ist so kräftig, daß die Kompaßnadel auch aus größerer Entfernung angezogen wird. Die beiden Spulen mit den durch ein Blech verbundenen Spulenkernen sind in der Klingel in Reihe geschaltet.

So wie in diesem Versuch arbeitet ein Türgong, der zwei verschiedene Klangstäbe enthält: Beim Niederdrücken des Klingelknopfes wird ein Klöppel vom Elektromagneten angezogen und schlägt gegen den einen Stab. Läßt man den Knopf los, schwingt der Klöppel durch Federwirkung zurück gegen den anderen Klangstab.

69. Schraube nun auch den zweiten Anschlußdraht an der anderen Anschlußschraube fest und drücke den Tastschalter (Abb. 94).

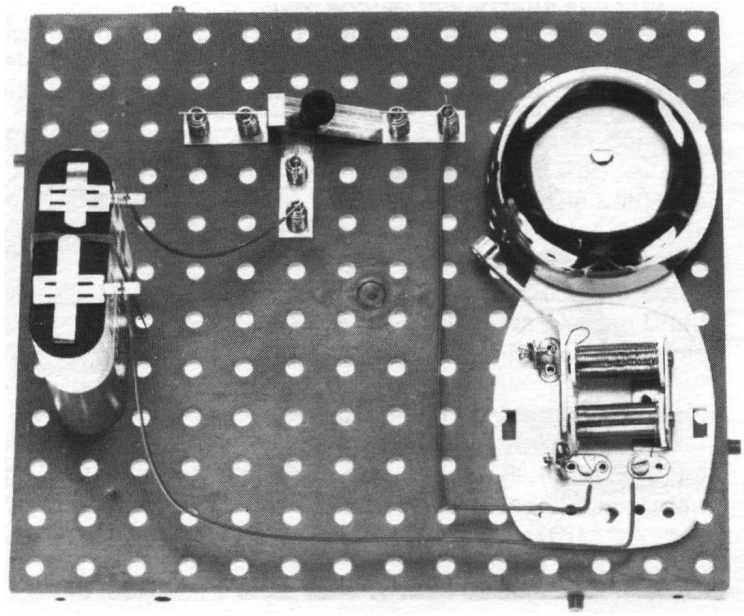


Abb. 94

Jetzt läutet die Klingel schrill, bis du den Tastschalter wieder losläßt. Wie im Versuch 65 zieht der Magnet bei geschlossenem Stromkreis den Anker an. Der Stromkreis führt vom einen Pol der Batterie durch die beiden Spulen, die Regulierschraube, den Anker und die zweite Anschlußschraube zum anderen Pol der Batterie. Ist der Anker aber angezogen, wird der Stromkreis an der Regulierschraube unterbrochen. Dann schnellt der Anker durch Federwirkung zurück, und der Stromkreis ist nun wieder geschlossen. Jetzt wird der Anker wieder angezogen und der Vorgang wiederholt sich so schnell, daß der schrille Klingelton entsteht.
Eine solche Vorrichtung, bei der der Stromkreis selbstätig unterbrochen und wieder geschlossen wird, heißt **Wagnerscher Hammer.**

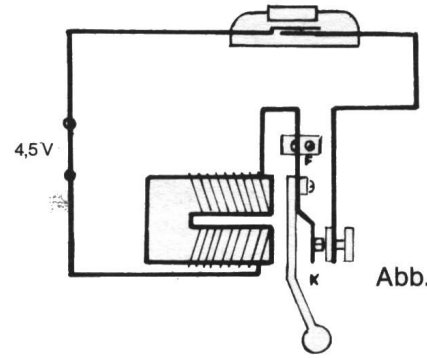


Abb. 95

70. Die folgenden Versuche zeigen dir, wie man einen Elektromotor zusammenbaut und wie er funktioniert. Klebe die beiden Stabmagnete mit Klebeband so zusammen, daß Nordpol und Nordpol bzw. Südpol und Südpol nebeneinanderliegen. Klemme dann beide Magnete zwischen die Poleisen (5154) und verschraube sie mit der Messingschraube 40 mm und Mutter (Abb. 96).
Lege die Poleisen mit den Magneten unter einem Blatt Papier auf den Tisch und streue Eisenfeilspäne auf das Papier. Klopfe vorsichtig mit dem Finger darauf.
Die Eisenfeilspäne zeigen die Lage der Poleisen und auch die Pole der Magneten. Zwischen den Poleisen sind deutlich die Feldlinien zu erkennen (Abb. 97). Da der Magnetismus der Stabmagneten durch die Eisenteile fortgeführt wird, stellt das eine Poleisen den Nordpol und das andere den Südpol dar.
Schraube die verbundenen Poleisen mit den Magneten auf die Grundplatte, so daß 3 Lochreihen zwischen den Befestigungen liegen. Verwende dazu zwei Schrauben M 5 x 10 und Muttern.

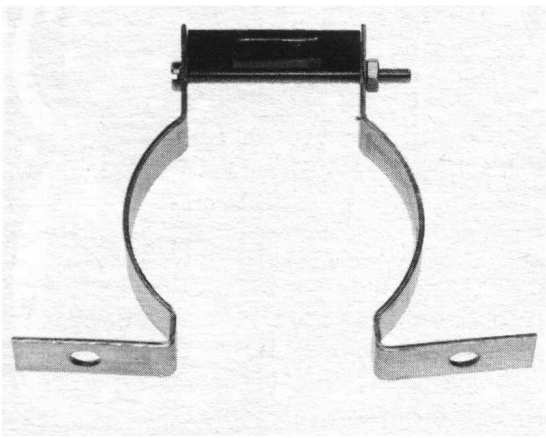


Abb. 96

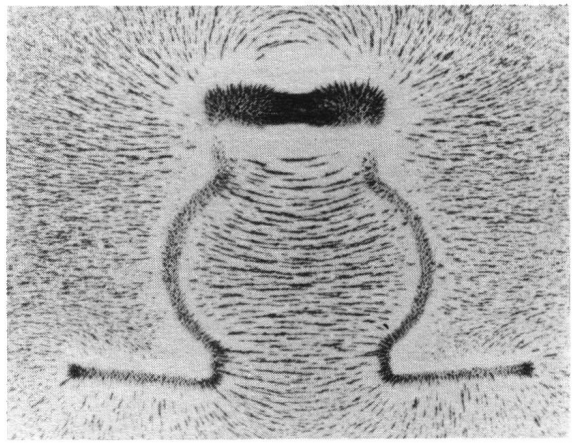


Abb. 97

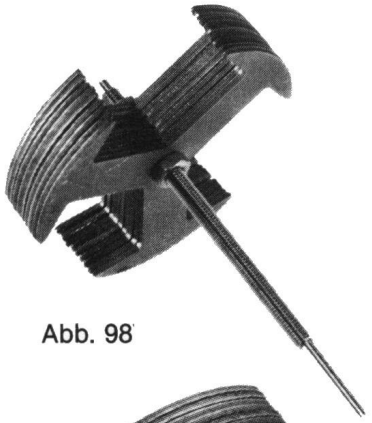


Abb. 98

71. Der sich drehende Teil des Motors ist der Anker. Er besteht innen aus 9 Ankerblechen (5155), und außen aus zwei Isolationen für Anker (5156). Stecke dann die Achse für den Motor (5160) durch die Bohrungen der Ankerbleche, daß auf einer Seite etwa 5 mm herausragen. Schraube nun die Ankerbleche und die Isolationen mit zwei Muttern M 3 — auf jeder Seite der Ankerbleche und Isolationen eine — fest zusammen. Knicke die Laschen der Isolationen um die Ankerbleche.

Abb. 99

Auf den langen Teil der Motorachse drehst du eine weitere Mutter M3 so weit, bis sie 13 mm von der Mutter für die Befestigung der Ankerbleche entfernt ist. Stecke eine der Kollektorscheiben (5159) auf die Achse bis an die Mutter und schraube die Kollektorscheibe mit einer weiteren Mutter fest. Bevor du die zweite Kollektorscheibe auf der Achse befestigst, stecke die langen Lötösen der drei Kollektorlamellen (5158) durch die Bohrungen der ersten Kollektorscheibe — jedes zweite Loch in der Kollektorscheibe bleibt frei.
Drücke anschließend die zweite Kollektorscheibe auf der Achse gegen die Kollektorlamellen, so daß die Zapfen der Lamellen in die Bohrungen der Scheibe passen. Presse mit einer weiteren M3-Mutter die Kollektorscheibe fest gegen die Lamellen.
Damit hast du die Motorachse fertig zusammengebaut. Vergleiche mit der Abb. 99, ob du alle Teile an der richtigen Stelle hast.

72. Zum Wickeln des Ankers mußt du dir von dem Spulendraht 3 Stücke von je 7 m Länge abschneiden und die Lackisolierung an den Enden sorgfältig abkratzen. Schiebe nun auf eine Lötöse einer Kollektorlamelle eine Spiralfeder, drücke sie zusammen und stecke ein Ende eines Stücks Spulendraht (7 m) hinein. Wenn du die Feder losläßt, ist der Draht festgeklemmt.
Wickle anschließend den gesamten Draht fest um einen der naheliegenden Pole des Ankers. Wichtig ist, daß du den Draht immer in derselben Richtung aufwickelst.
Das andere Ende des Drahts befestigst du ebenfalls mit einer Spiralfeder an der Lötöse der Kollektorlamelle, die auf der anderen Seite dieses Pols steht (Abb. 100).
Halte für einen Augenblick die beiden Anschlußdrähte von der Batterie an die beiden Lötösen und prüfe mit einem Eisennagel, ob dieser Pol des Ankers wie ein Elektromagnet den Nagel anzieht.

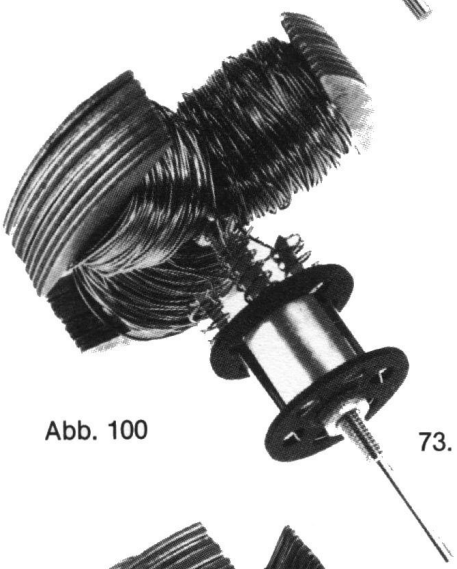


Abb. 100

73. Die anderen beiden Pole des Ankers müssen nun ebenfalls gewickelt werden. Du mußt sehr darauf achten, daß der Draht in derselben Richtung um die Pole gewickelt wird wie beim ersten Pol!
Klemme den Anfang des zweiten 7-m-Drahtes mit an die Lötöse, an der du das Ende des ersten Drahtes befestigt hast. Wickle dann den Draht fest in der gleichen Richtung um den benachbarten Pol wie den um den ersten Pol. Schiebe zum Schluß auf die dritte Lötöse ebenfalls eine Spiralfeder und klemme das Ende des zweiten Drahts damit fest. (Hast du daran gedacht, den Lack am Ende des Drahtes zu entfernen?)
Der letzte Draht wird an die Lötöse mit dem Ende des zweiten Drahts geklemmt und dann fest um den dritten Pol des Ankers gewickelt. Achte auch hierbei darauf, daß du in der richtigen Richtung wickelst. Das Ende dieses Drahtes klemmst du an die Lötöse mit dem Anfang des ersten Drahtes. Damit ist der Anker fertig (Abb. 101).

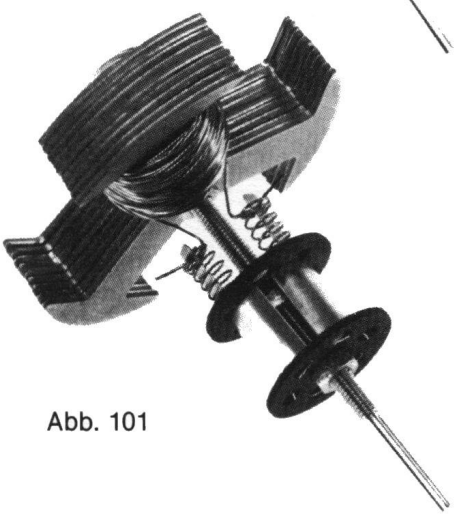


Abb. 101

74. Nach dem Wickeln des Ankers ist der schwierigste Teil beim Zusammenbau des Motors geschafft. Als nächstes sind die beiden Ankerwinkel (5153) mit zwei M 5-Schrauben und Muttern wie in Abb. 102 auf der Grundplatte festzuschrauben. Bevor du allerdings den zweiten ganz festschraubst, muß die komplette Motorachse in die Bohrungen der Ankerwinkel gesteckt werden, so daß der Anker zwischen den Poleisen liegt. Dann die Befestigungsschrauben gut festziehen. Nun muß sich die komplette Achse leicht drehen lassen, ohne daß der Anker die Poleisen berührt.
Wenn das gelingt, halte die Anschlußkabel von der Batterie an zwei Lötösen und achte auf den Anker. Wiederhole mit zwei anderen Lötösen.

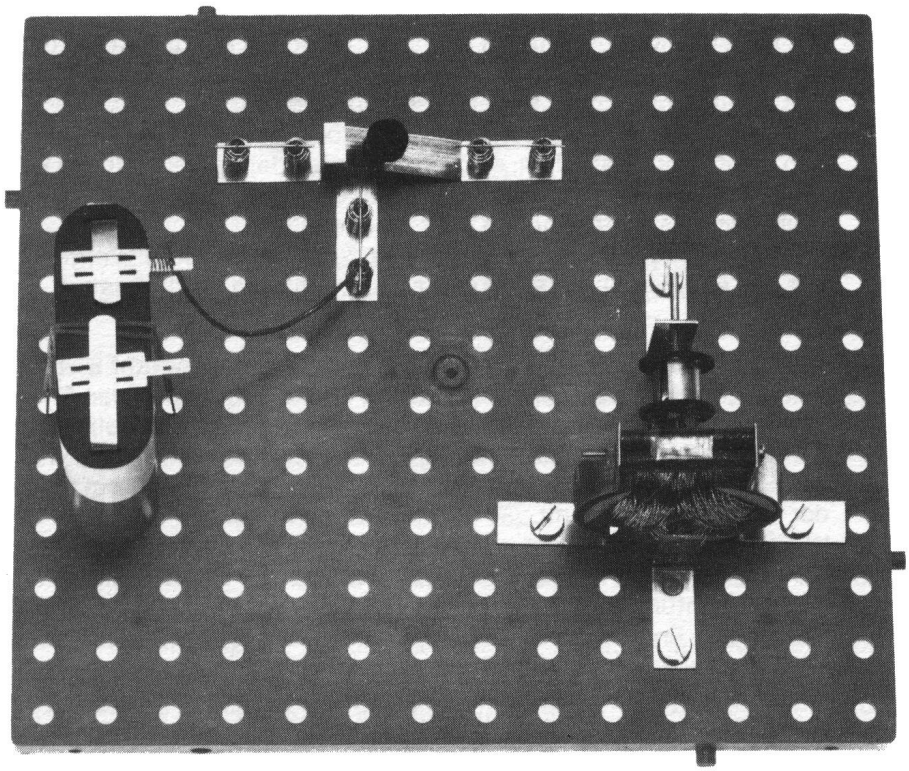


Abb. 102

75. Nach dem bisherigen Aufbau kann sich dein Motor noch nicht ständig drehen, sondern nur kurze, ruckartige Bewegungen ausführen. Damit er sich dreht, müssen die beiden Stromabnehmer (5157) wie in Abb. 103 mit zwei M 5-Schrauben und Muttern über den Lötösen (5161) auf die Grundplatte geschraubt werden, so daß sie die Kollektorlamellen mit dem oberen Teil leicht berühren (Abb. 103).

Wenn ein Pol das Ankers an die Batterie angeschlossen wird, so setzt er sich mit einem kurzen Ruck in Bewegung, bleibt dann aber gleich wieder stehen.
Fließt Strom durch die Drahtwicklungen eines Ankerpols, so entsteht um den Draht herum ein Magnetfeld mit einem Nordpol und einem Südpol. Gleichzeitig sind die Poleisen mit den dazwischenliegenden Magneten ebenfalls mit einem Nord- und einem Südpol magnetisch. Liegt nun beim Anlegen des Stroms an den Anker z. B. ein Nordpol neben einem Nordpol, so stoßen sich beide Pole ab. Das bedeutet, daß sich der Anker wegdreht.
Liegen unterschiedliche Pole nebeneinander, dann ziehen sie sich gegenseitig an, und der Anker dreht sich zum Poleisen hin (Abb. 102).

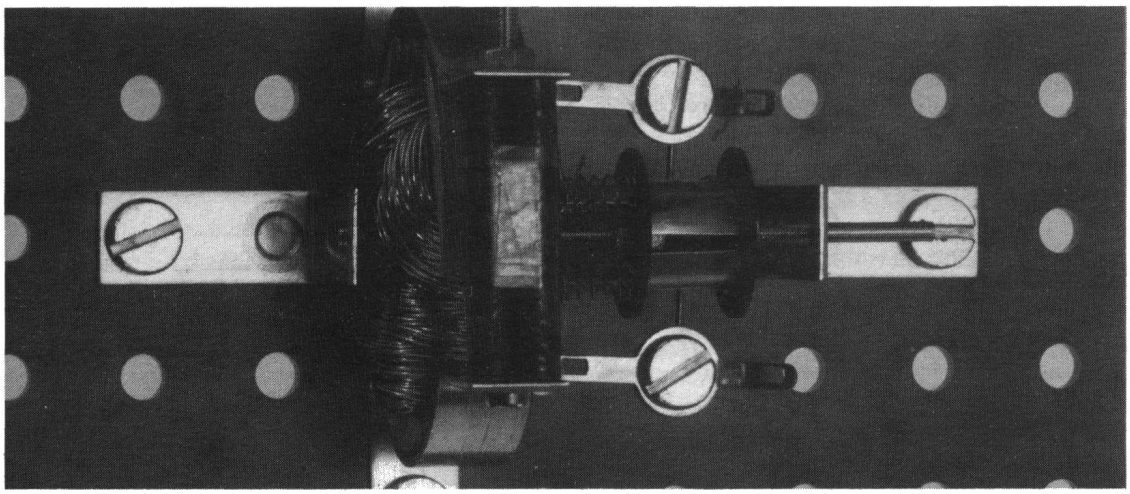


Abb. 103

Schließe nun den Motor wie in Abb. 104 an die Batterie an und betätige den Taster. Vielleicht mußt du den Anker etwas vor- oder zurückdrehen, eventuell auch die Stromabnehmer leicht biegen.

Nach dem Niederdrücken des Tastschalters setzt sich der Motor in Bewegung und dreht sich mit großer Geschwindigkeit.
Zwischen den beiden Poleisen erstreckt sich ein magnetisches Feld mit einem Nord- und einem Südpol. Beim Betätigen des Tasters wird auch der Anker zu einem Magneten mit einem Nord- und einem Südpol. Engegengesetzte Pole stoßen sich ab, und der Nordpol des Ankers dreht sich vom Nordpol der Poleisen fort.
Der Nordpol des Ankers würde allerdings stehenbleiben, wenn er dem Südpol der Poleisen gegenüberstünde. Mit dem Drehen des Ankers bewegen sich aber auch die Kollektorlamellen, über die der Strom den Ankerpolen zugeführt wird. Dadurch wird nun um den nächsten Ankerpol herum ein Nordpol aufgebaut, und auch dieser Ankerpol wird vom Nordpol der Poleisen abgestoßen
Das Umpolen am Stromabnehmer wiederholt sich ständig, und deshalb bleibt der Motor in Bewegung. Weil der Stromabnehmer die wichtige Aufgabe hat, den Strom durch die verschiedenen Ankerpole zu lenken, heißt er auch Stromwender.

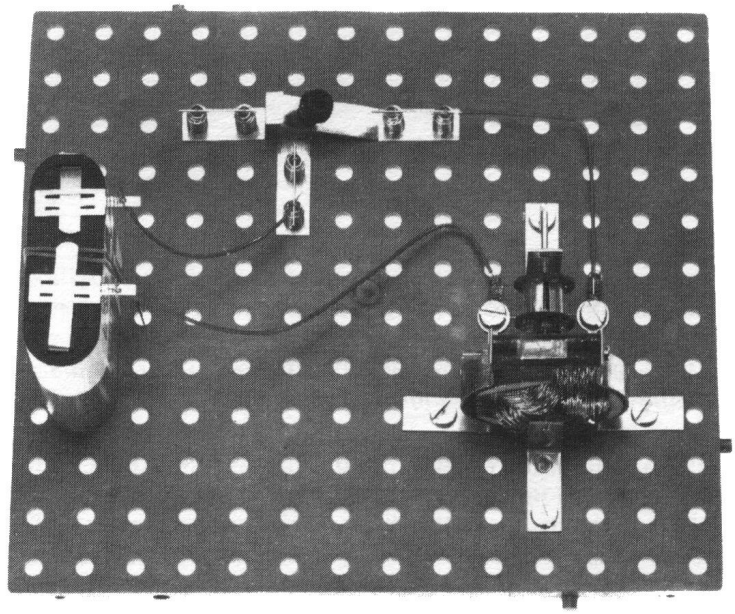


Abb. 104

76. Vertausche die beiden Batterieanschlüsse am Motor und betätige nun wieder den Tastschalter. Achte darauf, in welcher Richtung sich der Motor nun dreht.

Nach dem Vertauschen der Batterieanschlüsse dreht sich der Motor in entgegengestzter Richtung. Durch einfaches Umpolen der Spannung läßt sich erreichen, daß dieser Motor in entgegengesetzter Richtung läuft.

77. Wiederhole den Versuch 75 und schalte einen Widerstand von 47 Ω in den Stromkreis von der Batterie zum Motor (Abb. 105). Betätige den Taster.

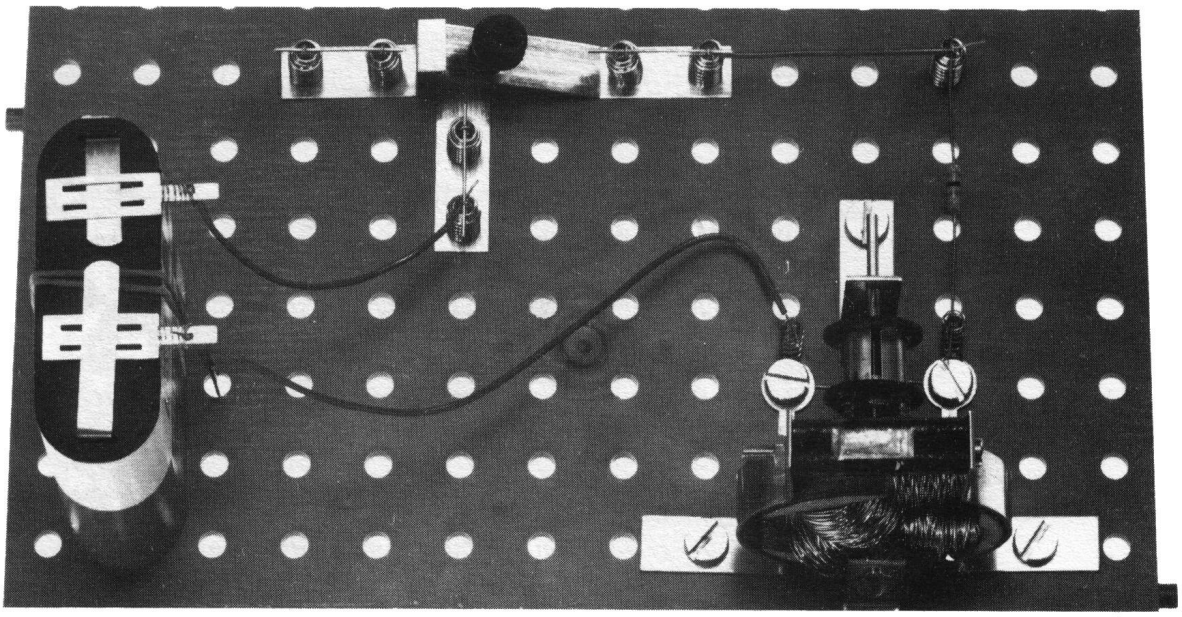


Abb. 105

Durch den zusätzlichen Widerstand im Motorstromkreis verringert sich die Drehzahl des Motors. Überbrückst du den Widerstand mit einem Draht, erhöht sich die Drehzahl wieder. Mit einem veränderbaren Widerstand (Potentiometer) läßt sich die Drehzahl eines Motors stufenlos regeln.

Elektrostatik

Sicher hast du schon erlebt, daß es beim Berühren der Türklinke manchmal in den Fingern zuckt oder daß beim Ausziehen eines Kleidungsstückes im Dunkeln Funken sprühen.
Diese Erscheinungen gehen auf elektrostatische Vorgänge zurück. Auch das Anziehen von Staub von der Glasscheibe eines Fernsehgeräts läßt sich durch die Elektrostatik erklären.
Bereits im Altertum entdeckte man in Griechenland, daß Bernstein — es führt die griechische Bezeichnung **elektron** — nach dem Reiben kleine Teilchen anziehen kann. Über Jahrhunderte hinweg glaubte man, daß Bernstein eine geheimnisvolle Kraft besitze. Erst im 17. und 18. Jahrhundert konnte man die Erklärung für diese Erscheinung geben.
Worauf diese im Bernstein und anderen Stoffen enthaltene Kraft zurückzuführen ist, soll in den folgenden Experimenten untersucht werden.

Abb. 106

78. Die elektrostatischen Kräfte kann man an ihren Wirkungen erkennen. Reibe mit einem Wolltuch ein Kunststofflineal etwa 1 Minute und halte es dann über kleine Papierstücke aus einem Bürolocher. Wiederhole den Versuch mit dem Stahldraht. Reibe danach mit einem Messerrücken über beide Stäbe und versuche dann, Papierstücke aufzunehmen.

Nur wenn das Lineal mit dem Wolltuch gerieben wird, zieht es anschließend kleine Papierstücke an. Der Stahldraht ist dazu nicht in der Lage, der Kunststoff allerdings auch nicht, wenn er mit dem Metall des Messers gerieben wurde.

Wenn zwei nichtleitende Stoffe — in diesem Beispiel Wolle und Kunststoff — sehr fest aneinander gerieben werden, so gibt der eine Stoff Elektronen an den anderen ab. Diese Elektronen sammeln sich an der Oberfläche, und das Material ist elektrisch geladen. Nähert man einen solchen geladenen Stoff den nicht geladenen Papierstücken, so werden diese angezogen. Eine ähnliche Beobachtung konntest du bereits bei den Magneten machen, allerdings wirken hier andere Kräfte.

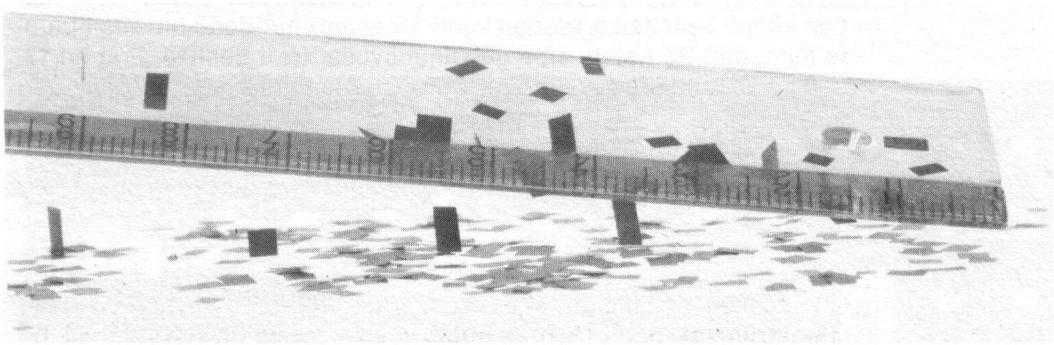


Abb. 107

79. Wie die elektrostatischen Kräfte bei gleichartigen Ladungen wirken, zeigt der folgende Versuch.
Schneide dir aus einer Tragetüte aus Kunststoff zwei etwa gleichgroße Streifen. Lege sie auf einen trockenen Tisch und reibe kräftig über beide mit einer Bürste. Nimm sie dann auf und halte sie etwa 1 cm voneinander. Achte darauf, wie sie sich verhalten.

Nähert man die beiden Streifen einander, so stoßen sie sich kräftig ab.
Beim Reiben mit einer Bürste werden die Kunststoffstreifen elektrisch aufgeladen. Da aber beide aus demselben Material bestehen und mit derselben Bürste bearbeitet werden, laden sie sich auch beide gleich auf. Man sagt, sie besitzen die gleiche elektrische Ladung. Deshalb stoßen sich die beiden Streifen ab.

Gleiche elektrische Ladungen stoßen sich ab.

80. Um die elektrostatischen Kräfte bei ungleichen Ladungen zu untersuchen, bürste noch einmal kräftig über einen der Kunststoffstreifen und reibe anschließend mit der Bürste über eine trockene, leere Flasche. Nähere dann langsam den Streifen der Flasche. Was fällt dir auf?

Bereits aus einer Entfernung von mehr als 10 cm wölbt sich der Kunststoff zur Flasche hin und haftet schließlich fest daran.
Wie Kunststoff wird auch Glas beim Reiben elektrisch aufgeladen, und trotzdem besteht ein Unterschied.
Seitdem man weiß, daß alle Stoffe aus Atomen aufgebaut sind, kann man aus dem Bau der Atome die Erklärung für das elektrische Aufladen ableiten. Ein Atom besteht aus einem Kern mit positiver elektrischer Ladung und Elektronen mit gleicher negativer Ladung. Die positiven und negativen Ladungen heben sich in ihrer Wirkung nach außen auf. Reibt man nun kräftig Glas, so gehen Elektronen in die Bürste über.

Abb. 108

An der Oberfläche des Glases sind **zu wenig Elektronen,** *und diesen Zustand bezeichnet man als positive Ladung.*
Umgekehrt gehen beim Reiben an Kunststoff Elektronen aus der Bürste in den Kunststoff über. Hier befinden sich nun **zu viele Elektronen,** *und diesen Zustand bezeichnet man als* **negative** *Ladung. Nähert man solche Träger unterschiedlicher Ladungen einander, so ziehen sie sich stark an.*

Unterschiedliche elektrische Ladungen ziehen sich an.

Bereits wenn sich der Kunststoff dem Draht nähert, steigt der Alustreifen auf. Er erreicht den größten Abstand, wenn man den Draht mit dem Kunststoff berührt.
Berührt der Kunststoff den Draht, treten Elektronen auf den Draht und den Alustreifen über, so daß in beiden ein Elektronenüberschuß herrscht.

81. Zum Messen der elektrischen Ladungen eignet sich ein übliches Meßinstrument nicht. Dazu benötigt man ein **Elektroskop,** das sich leicht anfertigen läßt.
Biege einen Stahldraht oder einen gleich langen Kupferdraht von mindestens 2 mm Stärke in der Mitte rechtwinklig ab. Entzünde dann eine Kerze und drücke den Draht dicht an der Biegung in das flüssige Wachs. Blase die Kerze aus und halte den Draht so lange, bis das Wachs erstarrt ist. Klebe anschließend einen Streifen Alufolie von etwa 3 mm Breite mit Alleskleber kurz unterhalb der Biegung an den Draht. Berühre nun das freie Ende des Drahtes mit einem geladenen Kunststoffstreifen aus Versuch 79 und achte auf die Alufolie.

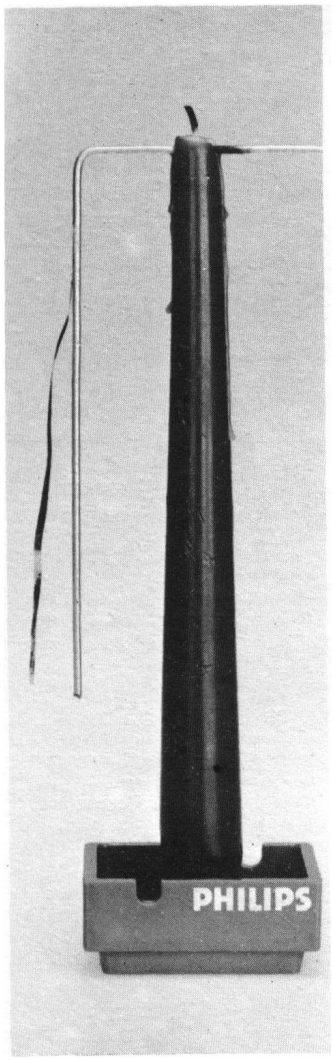


Abb. 109

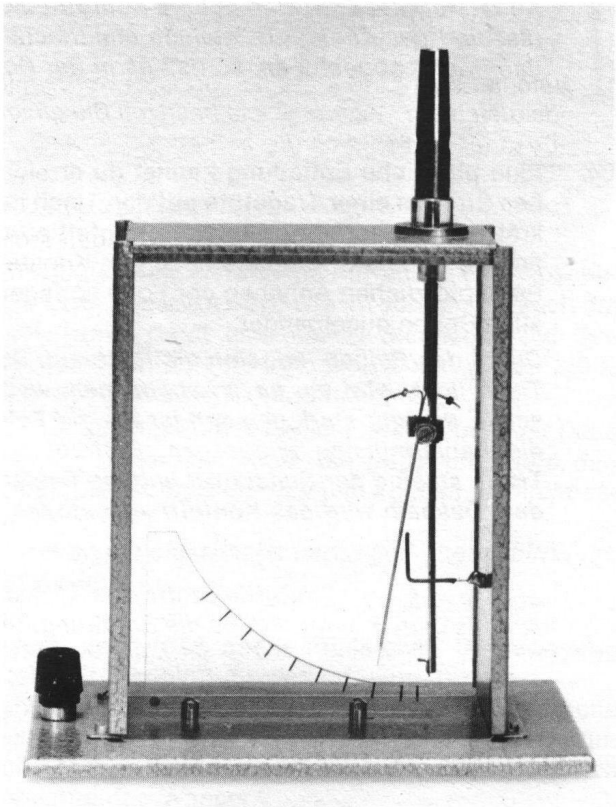


Abb. 110

82. Untersuche, ob auch gewöhnliches Papier elektrische Ladungen aufnehmen kann. Wärme dazu einen Bogen Schreibpapier gut an. Reibe dann mit trockener Hand oder einer Bürste mehrfach über den Bogen. Führe das Papier an das Elektroskop heran und achte auf den Ausschlag. Wiederhole nun den Versuch mit einem Bogen Papier, über den du mit angefeuchteter Hand streichst.

Der Zeiger des Elektroskops schlägt nur aus, wenn das trockene Papier herangeführt wird. Ist das Papier feucht, verringert sich die Isolationseigenschaft, und die elektrischen Ladungen können sich wie bei Metallen im Papier verteilen.
Beim Reiben können Nichtleiter so weit aufgeladen werden, daß zur Umgebung ein Spannungsunterschied von mehreren zehntausend Volt auftritt. Da sich die Elektronen im Gegensatz zum elektrischen Strom aber nicht bewegen, nennt man diese elektrische Aufladung auch **ruhende oder statische Elektrizität.** *Die auftretenden hohen Spannungen sind für Menschen zwar unangenehm, aber nicht gefährlich, weil beim Entladen nur kleine Stromstärken kurzzeitig auftreten.*

83. Mit statischer Elektrizität lassen sich ungewöhnliche Effekte erzielen, die auf nicht eingeweihte Personen wie Zauberei wirken.
Lege in eine trockene, durchsichtige Kunststoffschachtel, wie sie zum Verkauf von Salaten verwendet werden, einige Papierstücke aus einem Bürolocher und verschließe die Schachtel. Berühre dann den Boden mit einem aufgeladenen Kunststofflineal und beobachte die Konfettistücke.

Beim Berühren der Dose mit dem elektrisch geladenen Kunststoff „tanzen" die Papierteilchen in der Dose.
Die negative Ladung des geriebenen Kunststoffs fließt auf den Kunststoff der Dose und auf die Konfettistücke über. Da nun das Papier und der Kunststoff gleiche elektrische Ladungen tragen, wird das Papier abgestoßen, so daß es in der Dose tanzt.

84. Eine plötzliche Entladung kannst du erreichen, wenn du einen großen Streifen einer Tragetüte auf den Tisch legst und mit einer Bürste kräftig darüber reibst. Gib dann Konfettistücke aus dem Bürolocher auf die Kunststoffolie und hebe den Kunststoff ganz plötzlich an.
Beim plötzlichen Anheben der Folie springen die Papierstücke nach allen Seiten auseinander.

Durch das Reiben lädt sich die Folie auf. Solange sie aber auf dem Tisch liegt, wird sie davon angezogen, weil die Oberfläche des Tisches weniger stark geladen ist als die Folie. Ebenso werden auch die Papierteilchen angezogen. Entfernt man aber die Folie vom Tisch, so sind der Kunststoff und die Papierstücke gleichartig geladen. Deshalb wird das Konfetti abgestoßen.

Abb. 112

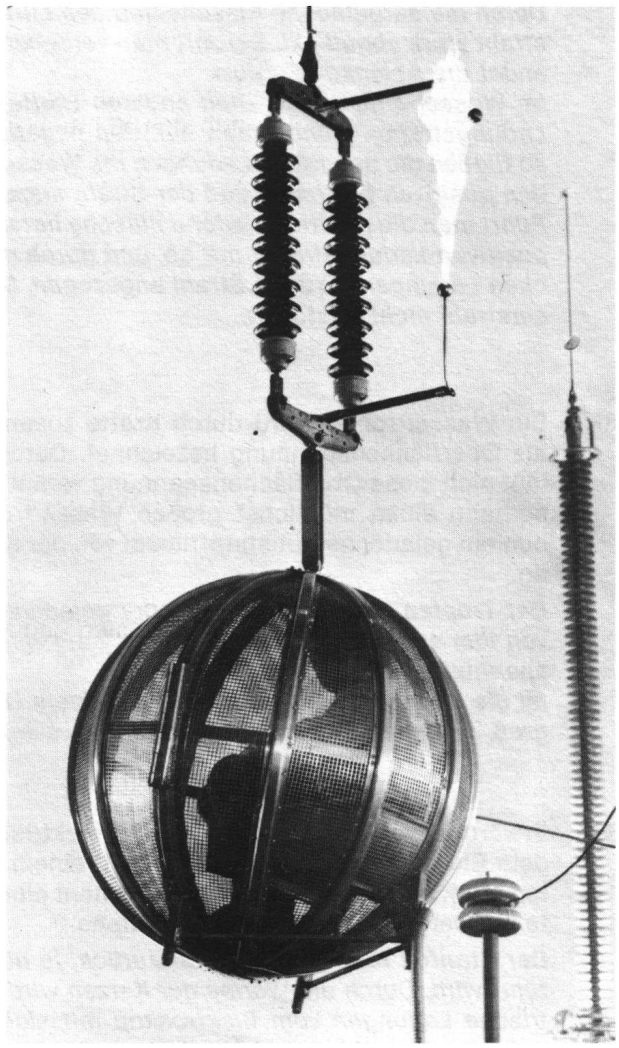


Abb. 111

85. Es ist auch möglich, gegen elektrostatische Aufladung eine Abschirmung vorzunehmen. Lade zunächst dazu wie im vorigen Versuch die Folie elektrisch auf. Stelle dann eine kleine Blechdose auf den Kunststoff und gib das Konfetti in die Dose. Hebe nun wieder plötzlich die Folie an und achte auf die Papierstücke.

Bei diesem Versuch bleiben die Konfettistücke unbewegt in der Dose liegen. Die leitenden Wände und der Boden der Dose verhindern, daß die Papierteilchen aufgeladen werden. Deshalb können sie nicht abgestoßen werden.
Ein solcher Raum, der gegen elektrische Ladungen abgeschirmt ist, heißt **Faradayscher Käfig.**

86. Der folgende Versuch zeigt, daß sogar Flüssigkeit in Bewegung durch statische Elektrizität beeinflußt werden kann.
Lade einen aufgeblasenen Luftballon und eine trockene Flasche durch kräftiges Reiben mit einer Bürste oder der trockenen Hand auf. Nähere dann nacheinander beide einem dünnen, gleichmäßigen Wasserstrahl. Beobachte das Wasser.

Durch die aufgeladene Flasche und den Luftballon wird der Wasserstrahl stark abgelenkt. Berührt man versehentlich den Wasserstrahl, endet die Ablenkung sofort.
Im Wasser sind wie in allen anderen Stoffen positive und negative Ladungsträger. Nähert man nun den negativ geladenen Luftballon, so fließen die negativen Ladungen ins Wasser mit ab. Die verbleibenden positiven bewirken, daß der Strahl angezogen wird.
Führt man die positiv geladene Flasche heran, fließen im Wasser die positiven Ladungsträger mit ab, und durch die wieder unterschiedlichen Ladungen wird der Strahl angezogen. Man kann also den Wasserstrahl nicht abstoßen.

87. Ein Wassertropfen wird durch Kräfte zusammengehalten, die man als Oberflächenspannung bezeichnet. Durch elektrische Ladungen läßt sich diese Oberflächenspannung verändern. Laß an einem Wasserhahn einen möglichst großen Wassertropfen entstehen. Führe nun ein geladenes Kunststofflineal von der Seite an den Tropfen heran.

Der Tropfen fällt ab, wenn sich der geladene Kunststoff nähert. Die von ihm ausgehende elektrische Ladung verringert die Oberflächenspannung des Wassers.
Ist die Masse des Tropfens für die kleinere Oberflächenspannung zu groß, fällt der Tropfen ab.

88. Erwärmung ruft Veränderungen im elektrischen Feld hervor. Lade dein Elektroskop aus Versuch 81 mit einem aufgeblasenen Luftballon stark auf und nähere dem Instrument eine brennende Kerze. Achte auf den Ausschlag des Alustreifens.

Der Streifen fällt um so weiter zurück, je näher die Kerze herangeführt wird. Durch die Wärme der Kerzen wird die Luft angeregt, elektrische Ladungen vom Elektroskop mit sich fortzutragen. Deshalb geht der Ausschlag des Streifens zurück.
Wer hat nicht schon erlebt, wie sich durch einen Kamm die Haare sträuben. Noch eindrucksvoller ist die Wirkung, wenn man sich eine Schallplatte über den Kopf hält, die gerade auf dem Plattenspieler gespielt wurde (Abb. 106). Mit dem folgenden Versuch kann man dieselbe Wirkung erzielen.

Binde um das Ende eines Drahtes etwa 15 bis 20 Streifen Seidenpapier von ca. 2 mm Breite und 8 cm Länge. Stecke den Draht in eine Kerze und führe den aufgeladenen Luftballon an den Draht heran.
Die Papierstreifen gehen gleichmäßig auseinander. Durch die gleiche Ladung, die sich auf allen Streifen verteilt, sträuben sich die Papierstücke.

Unsere Anschrift lautet:

in Deutschland PHILIPS GMBH
Bereich Hobby-Technik
Postfach 10 14 20
2000 Hamburg 1

in Österreich Spiel-Sport-Stadlbauer Ges. m. b. H.
5027 Salzburg, Postfach 83

in der Schweiz Witeco-Spielwaren AG
Birsstraße 58
4052 Basel

PE 1540

D