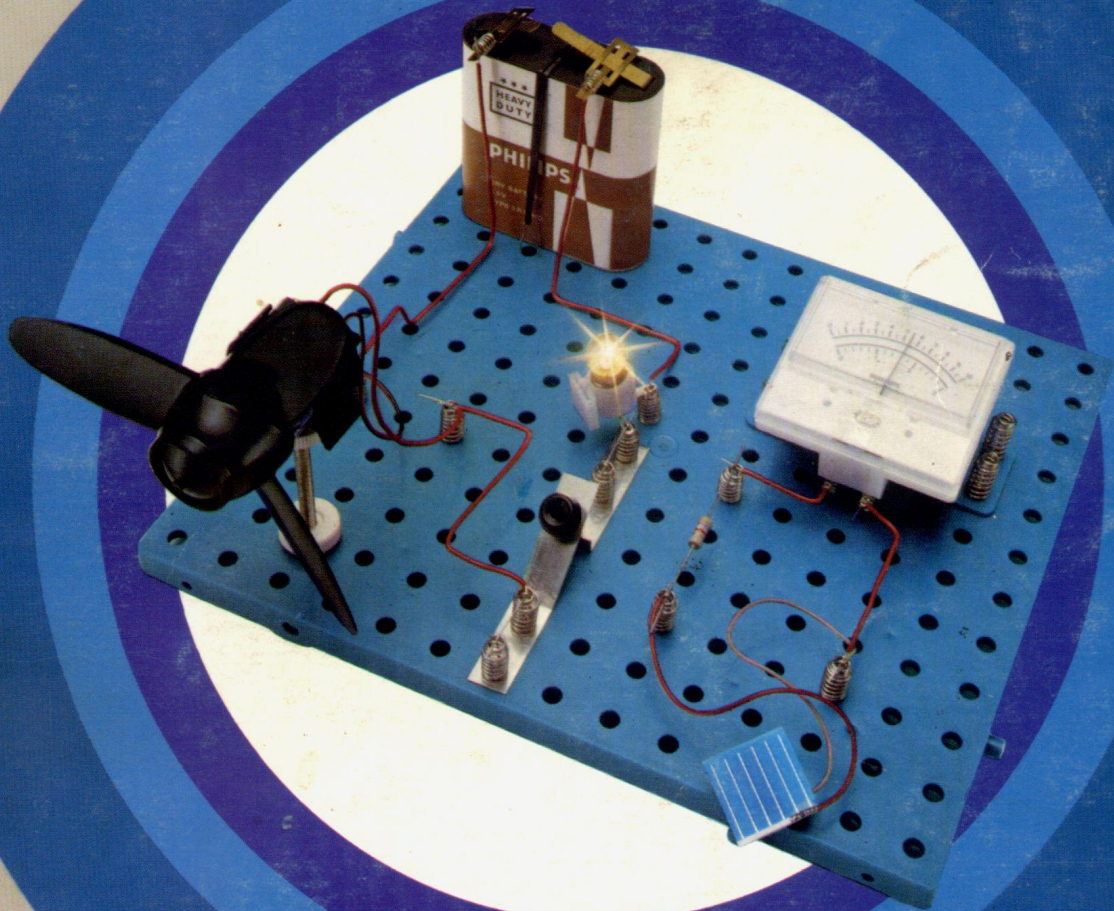


PHILIPS



D

Physik Experimentierkasten PE 1500



© Philips GmbH, Bereich Hobby Technik, Hamburg

**Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und
fotomechanische Wiedergabe – auch aus-
zugsweise – nicht gestattet.**

Technische Änderungen vorbehalten.

Anleitungsbuch
zum Physik-Experimentierkasten
PE 1500









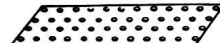

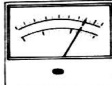
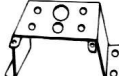

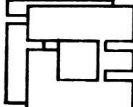

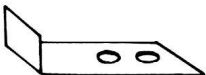

Herausgeber: Philips GmbH

Bereich Hobby-Technik, Mönckebergstraße 7, 2000 Hamburg 1

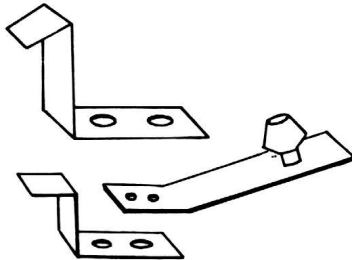




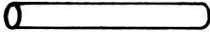
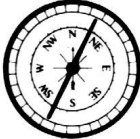
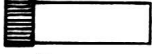

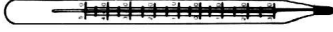

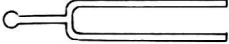




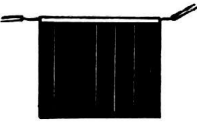


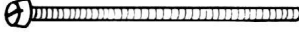

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis		Seite		Seite	
Inhaltsverzeichnis		2	4.	Fliegen und Gleiten	26
Einzelteile		4	4.1.	Eine Kraft wirkt nach oben	26
Vorwort		6	4.2.	Der Winkel ist wichtig	27
			4.3.	Eben oder gewölbt?	27
1.	Hinweise für die Durchführung der Versuche	7	4.4.	Doppelsog	28
			4.5.	Der Sturm deckt Dächer ab	28
2.	Wärme und Kälte	8	4.6.	Windschatten	28
2.1.	Der Temperatursinn trägt	8	4.7.	Luftwirbel	29
2.2.	Wie das Thermometer die Temperatur anzeigt	9	4.8.	Steuern durch Strömung	29
2.3.	Temperaturmessungen	9	4.9.	Ein einfaches Flugmodell	29
2.4.	Ausdehnung auch bei festen Körpern	10	4.10.	Propellerantrieb	30
2.5.	Ein entspannter Draht	10	4.11.	Verstellpropeller	30
2.6.	Ein Luftballon wird gemessen	11	4.12.	Rückstoßantrieb	30
2.7.	Eine zweite Messung	11	4.13.	Ein einfacher Düsenjäger	30
2.8.	Die springende Münze	11			
2.9.	Heißluft	11	5.	Vom Magnetismus	31
2.10.	Zusammengepreßte Luft	12	5.1.	Magnetische Kraft – ständig trainiert	31
2.11.	Unsichtbar angehoben	12	5.2.	Der Magnet ist wählerisch	32
2.12.	Erwärmte Luft kann Arbeit verrichten	12	5.3.	Eisen – magnetisch aufgespürt	32
2.13.	Die Ausnahme	13	5.4.	Wer angelt am besten?	32
2.14.	Gefrorenes Wasser schwimmt	13	5.5.	Der Magnet ist unbestechlich	32
2.15.	Ein Eisberg schmilzt	13	5.6.	Der verlängerte Arm	33
2.16.	Eis verhindert Erwärmung	13	5.7.	Ein „Bart“ aus Eisen	33
2.17.	Kaltes Wasser auf der Heizplatte	13	5.8.	Von Zauberhand bewegt	33
2.18.	Eis taut auch bei Kälte	14	5.9.	So kannst du deine Freunde verblüffen	33
2.19.	Eis schmilzt unter Druck	14	5.10.	Magnetische Kraft überall gleich	33
2.20.	Eine sonderbare Abkühlung	14	5.11.	Eisenfeilspäne zeigen die Pole deutlich an	34
2.21.	Eine angenehme Erfrischung	15	5.12.	Im Bannkreis des Magneten	34
2.22.	Eingeschlossene Flüssigkeit	15	5.13.	Auch der Magnet muß gehorchen	35
2.23.	Wärme wandert	15	5.14.	Die Pole werden gekennzeichnet	35
2.24.	Unterschiedliche Wärmeleitung	15	5.15.	Ein Magnet als Richtungsweiser	35
2.25.	Immer der Reihe nach	16	5.16.	Die magnetische Kraft kann ihre Wirkung umkehren	36
2.26.	Ein Trick mit der Wärmeleitung	16	5.17.	Der Kompaß – eine Orientierungshilfe	37
2.27.	Wasser kocht über Papier	16	5.18.	Es geht auch ohne Kompaß	38
2.28.	Ein Tropfen tanzt	16	5.19.	In der Nacht helfen die Sterne	38
2.29.	Vorsicht, heißes Fett	16	5.20.	Gegensätze ziehen sich an	38
2.30.	Noch einmal Wärmestromung	17	5.21.	Feindliche Brüder	39
2.31.	Auch seitlich Wärme?	17	5.22.	Magnetische Kraft – selbst erzeugt	39
2.32.	Kontrolle mit dem Thermometer	17	5.23.	Magnetische Kraft wird gemessen	40
2.33.	Auf die Oberfläche kommt es an	17	5.24.	Aus Eisenfeilspänen wird ein Magnet	40
			5.25.	Ein Magnet wird geteilt	40
3.	Akustik – Die Lehre vom Schall	18	5.26.	Zwei Magnetfelder wirken aufeinander	41
3.1.	Der schwingende Stahl	18	5.27.	Ein seltsames „Schiff“	41
3.2.	Wasser spritzt im Takt	19	5.28.	Magnetisch ferngesteuert	42
3.3.	Eine Tonerstörung	19	5.29.	Ein selbstgebauter Kompaß	42
3.4.	Wie der Schall übertragen wird	19			
3.5.	Schallausbreitung	19	6.	Elektrizität	43
3.6.	Auf Wellen schwingen	20	6.1.	Eine ganz einfache Lampe	44
3.7.	Schwingungen sichtbar gemacht	20	6.2.	Etwas bequemer	45
3.8.	Geräusch und Knall	20	6.3.	Eine selbstgebaute Leselampe	46
3.9.	Nicht nur Luft überträgt den Schall	21	6.4.	Eine kleine elektrische Anlage	46
3.10.	Der singende Faden	21	6.5.	Strom im Kreisverkehr	47
3.11.	Ein Fadentelefon	21	6.6.	Blitzschnell und doch langsam	47
3.12.	Blitz und Donner	22	6.7.	Eine Sperre für den Strom	48
3.13.	Der Schall wird verstärkt	22	6.8.	Auch ein Schalter	49
3.14.	Hohe und tiefe Töne	22	6.9.	Abwechselnd	50
3.15.	Gummiband erzeugt Töne	23	6.10.	Zwei Lampen und eine Batterie	51
3.16.	Laute und leise Töne	23	6.11.	Ein Hindernis für den elektrischen Strom	52
3.17.	Weite Schwingungen	23	6.12.	Widerstand und Lampe	54
3.18.	Schwingende Luft	23	6.13.	Ein geschlossener Kreis ist wichtig	54
3.19.	Ein gläsernes Musikinstrument	24	6.14.	Licht im Treppenhaus	54
3.20.	Wie die Stimmbänder	24	6.15.	Glühlampen parallel geschaltet	55
3.21.	„Da wackeln die Wände“	24	6.16.	Strom im Haushalt	56
3.22.	Schreck in der Morgenstunde	24	6.17.	Kurzschluß	56
3.23.	Die Uhr tickt unter Wasser	25	6.18.	Ein elektrischer Wächter	56
3.24.	Ein Schalldämpfer	25	6.19.	Es hat schon seinen Grund	57
3.25.	So schläft es sich gut	25	6.20.	Welche Stoffe leiten den Strom?	57
3.26.	Der Schall wird zurückgeworfen	25	6.21.	Ein Außenseiter	58
3.27.	Ein Plattenspieler-Verstärker	25	6.22.	Wie steht's mit dem Wasser?	58

	Seite		Seite		
6.23.	Nun klappt es	58	7.5.	Ein „spannendes Papier“	87
6.24.	Seife und Strom	58	7.6.	Die Zauberschachtel	87
6.25.	Der Kompaß irrt	58	7.7.	Eine Papierexplosion	87
6.26.	Ohne Stromkreis geht es nicht	59	7.8.	Gegen Ladungen abgeschirmt	87
6.27.	Die Richtung ändert sich	59	7.9.	Der verbogene Wasserstrahl	88
6.28.	So ist ein Magnet stärker	60	7.10.	Wie ein Spülmittel	89
6.29.	Eine selbstgewickelte Spule	60	7.11.	Ladungsträger	89
6.30.	Kraftlinien sichtbar gemacht	61	7.12.	Die Haare sträuben sich	89
6.31.	Verstärkte Magnetwirkung	62			
6.32.	Elektrisch magnetisiert	63			
6.33.	Ein Hebekran	63	8.	Optik – die Lehre vom Licht	90
6.33.	Ein Hebekran	63	8.1.	Unsichtbares Licht	91
6.34.	Der Klügere gibt nach	63	8.2.	Licht sichtbar gemacht	91
6.35.	Eine Spule bewegt den Magneten	63	8.3.	Ein Lichtigel	91
6.36.	Auf die Polung kommt es an	64	8.4.	Schattenbildung	91
6.37.	Ein elektromagnetischer Schalter	64	8.5.	Wandernde Schatten	91
6.38.	Ein selbstgebauter Summer	65	8.6.	Schattenraum	92
6.39.	Der Elektromotor	66	8.7.	Kern- und Halbschatten	92
6.40.	Anlaufschwierigkeiten	67	8.8.	Weiß, hellgrau, dunkelgrau, schwarz	92
6.41.	Ein Ventilator	67	8.9.	Die Erde im Schatten	93
6.42.	Eine Motorsteuerung	67	8.10.	Stärke des Lichts	93
6.43.	Stromerzeugung	68	8.11.	Beleuchtungsstärke	94
6.44.	Der Motor erzeugt Strom	68	8.12.	Senkrecht geht es leichter	94
6.45.	Strom durch Windkraft	69	8.13.	Wasser bricht den Stab?	94
6.46.	Energiequelle Sonne	70	8.14.	Über den Rand gucken	95
6.47.	Licht treibt den Motor	71	8.15.	Ein Glas zum Brennen	95
6.48.	Ein Belichtungsmesser	71	8.16.	Ein Bildschirm aus Papier	96
6.49.	Ein Galvanometer	72	8.17.	Die Linse erzeugt ein Bild	96
6.50.	Der elektrische Strom wird gemessen	72	8.18.	Die Bildweite verändert sich	96
6.51.	Überall gleicher Strom	73	8.19.	Die Kerze wird vergrößert	97
6.52.	Ein richtiges Meßgerät	74	8.20.	Ein Vergrößerungsglas	97
6.53.	Ströme messen	74	8.21.	Ferne Gegenstände rücken näher	98
6.54.	Ströme verzweigen sich	75	8.22.	Kleiner Gegenstand ganz groß	98
6.55.	Spannung mit Strom messen?	77	8.23.	Ist unser Auge zuverlässig?	99
6.56.	Spannungen teilen?	79	8.24.	Auch eine Täuschung	100
6.57.	Spannungsteiler mit Widerständen	79	8.25.	Dein Auge – blind?	100
6.58.	Einen starken Strom messen	80	8.26.	Die Linse hilft	100
6.59.	Eine Autobatterie im Kleinformat	81	8.27.	Eine Schlitzblende für Versuche	101
6.60.	Der Akku wird geladen	82	8.28.	Abprallende Lichtstrahlen	102
6.61.	Nun liefert der Akku Strom	82	8.29.	Weißes Papier als Spiegel	102
6.62.	Der Generator kann den Akku laden	83	8.30.	Merkwürdiges zur Spiegelschrift	102
6.63.	Gespeicherte Sonnenenergie	83	8.31.	Sehen wir uns selbst?	102
			8.32.	Um die Ecken sehen	102
7.	Elektrostatik	84	8.33.	Fotografieren ohne Linse?	103
7.1.	Unsichtbare Kräfte	84	8.34.	Ein unscharfes Bild	103
7.2.	Gleiche Ladungen	85	8.35.	Hell und klar	103
7.3.3	Ungleiche Ladungen	85	8.36.	Ein Linsenfehler wird behoben	104
7.4.	Ein Meßgerät für elektrische Ladungen	86	8.37.	Wir zaubern „Tiefenschärfe“	104

Abbildung	Bestell-Nr.	Gegenstand	Inhalt
	349.1004	Drahtwiderstand 2 Watt 1,5 Ohm	1
		Widerstand 1/4 Watt 47 Ohm	2
		470 Ohm	1
		47 000 Ohm	1
		470 000 Ohm	1
	1017	Isolierter Draht	4 m
	1020	Haarnadelfeder	25
	1021	Klemmfeder	25
	1022	Spiralfedern	6
	1026	Lampenfassung	2
	1028	Gummiband	1
	1129	Glühlampe 3,8 V	2
	1130	Grundplatte	1
	1133	Batterieklammer	2
	1218	Meßinstrument	1
	1256	Pultsockel	1
	1265	Klebeetikett	1
	5003	Spulendraht*	10 m
	5004	Spulenkörper	1
	5005	Schloßschraube	1
	5145	Einschaltkontakt	2
	5149	Anker	1

* Kupferlackdraht (Enden abisolieren)

Abbildung	Bestell-Nr.	Gegenstand	Inhalt
	5150	Summerkontakt	1
	5015	Taste	2
	5151	Umschaltkontakt	1
	5018	Stahldraht	1
	5019	Bleiplatte	2
	5020	Stabmagnet	2
	5021	Kompaß	1
	5022	Eisenfeilspäne im Röhrchen	3 g
	5025	Krokodilklemme	2
	5039	Thermometer	1
	5040	Lupe, 50 mm Brennweite	1
	5041	Stimmgabel	1
	5051	Lupe, 200 mm Brennweite mit Griff	1
	5138	Motor	1
	5139	Flügel	1
	5140	Halter für Motor	1
	5141	Solarzelle	1
	5144	Rändelmutter M4	2
	5146	Lötöse	1
	5147	Zylinderskopfschraube M 4 x 55	1
	5148	Gewindemutter M 4	1
	5075	Anleitungsbuch	1

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

1. Hinweise für die Durchführung der Versuche

Dein PHILIPS Physik-Experimentierkasten will dich mit einigen physikalischen Erscheinungen und ihren technischen Anwendungen bekanntmachen. Du wirst etwas über die Wärmelehre, die Akustik und die Aerodynamik erfahren. Es schließen sich Experimente zum Magnetismus, aus dem Bereich der Elektrizität und der Optik an.

- 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 so abgefaßt, daß ein Arbeitsschritt nach dem anderen beschrieben 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 Vergleich gibt dir dann später die genaue Antwort.
- 1.2. Nach der Durchführung eines Versuches solltest du immer alle Teile in das vorgesehene 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. Für einige Experimente wird eine Kerze benötigt. Sei beim Umgang mit offenem Feuer vorsichtig, damit kein Schaden entsteht.
- 1.5. Über die Verwendung des Kupferlackdrahtes lies im Versuch 6.6. nach.
- 1.6. 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!

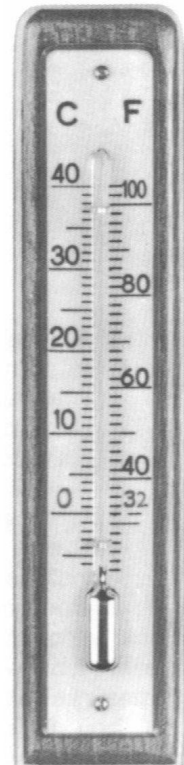
2. Wärme und Kälte

Warm und kalt sind sehr allgemeine Bezeichnungen für den Wärmezustand, die **Temperatur** eines Körpers.

Mit Hilfe unseres Temperatursinns können wir aber diesen Wärmezustand nur sehr ungenau angeben und sind sogar Täuschungen unterworfen. Bei der Beurteilung der Lufttemperatur eines Raumes spielt z. B. die Außentemperatur eine entscheidende Rolle.

Gehen wir im Winter aus einem geheizten Zimmer in einen unbeheizten Raum, so lautet unser Urteil: kalt. Haben wir uns jedoch längere Zeit bei Kälte im Freien aufgehalten und betreten nun den gleichen Raum, so empfinden wir die dort herrschende Temperatur schon als angenehm warm. Obwohl beide Male die gleiche Temperatur herrschte, sind wir auf Grund unseres persönlichen Empfindens zu unterschiedlichen Urteilen gelangt. Für genaue Temperaturbestimmungen benötigen wir deshalb einen unbestechlichen Temperaturmesser, das **Thermometer**.

In den folgenden Versuchen sollst du nun etwas über die Wärme und ihre Auswirkungen auf andere Stoffe erfahren.



Zimmerthermometer

Abb. 1

2.1. Der Temperatursinn trügt

Stelle drei Schüsseln nebeneinander. Fülle in die erste Wasser von etwa 40 Grad, in die mittlere von 25 Grad und in die dritte von 10 Grad (Wasser von 10 Grad kannst du dir bereiten, indem du Eiswürfel in Leitungswasser schmelzen läßt). Überprüfe die Wassertemperatur jeweils mit dem Thermometer. Tauche nun die rechte Hand in die Schüssel mit 40 Grad warmem Wasser, die linke Hand in die mit 10 Grad warmem Wasser. Nach kurzer Zeit tauche dann beide Hände gleichzeitig in die mittlere Schüssel. Was stellst du fest?

Zu deinem Erstaunen erkennst du, daß die rechte Hand das Wasser in der mittleren Schüssel als kalt, die linke es aber als warm empfindet. Unser Temperatursinn hat uns bei der Beurteilung der Wassertemperatur in der mittleren Schüssel einen Streich gespielt, weil die Ausgangssituation für jede Hand eine andere war. Nur die Temperaturmessung mit dem Thermometer ist unabhängig von äußeren Umständen.

Die Abb. 2 zeigt dir die Teile eines Thermometers.

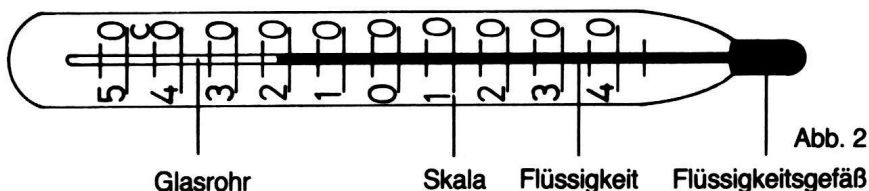


Abb. 2

2.2. Wie das Thermometer die Temperatur anzeigt

Halte das Thermometer aus deinem Physik-Experimentierkasten etwa 15 cm über die Kerzenflamme. Anschließend tauche es in kaltes Wasser.

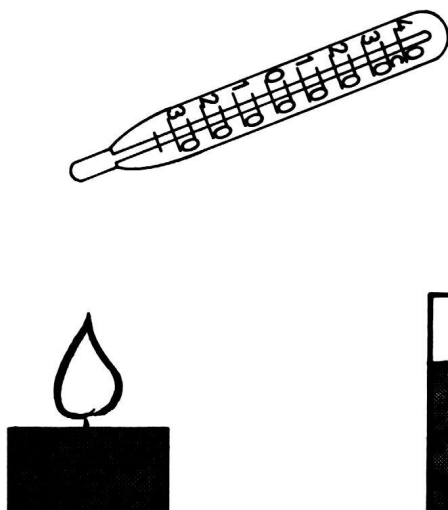


Abb. 3

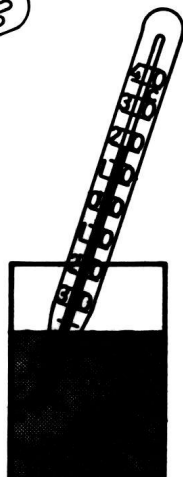


Abb. 4

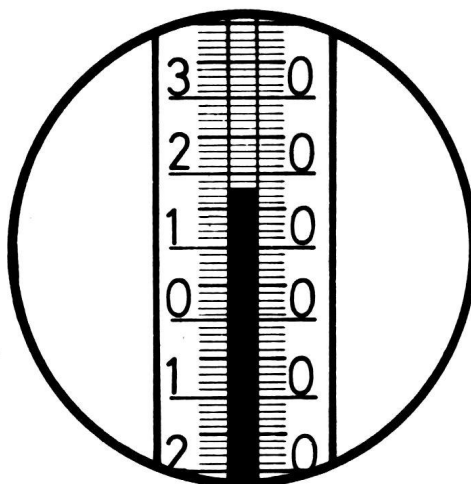


Abb. 5

Das Thermometer zeigt
18° C an

*Wenn das Thermometer erwärmt wird, steigt die Flüssigkeit im Glasrohr, wird es abgekühlt, fällt die Flüssigkeit. Auf der Skala mit Stricheinteilung können wir die Temperatur ablesen. Jeder Strich auf der Gradeinteilung des Thermometers bedeutet **ein Grad**.*

In der Abb. 5 siehst du, daß die Flüssigkeit im Glasrohr bis zur 18 auf der Gradeinteilung reicht. Die Temperatur beträgt also 18 Grad. Für Grad gibt es eine Abkürzung: 18 Grad oder 18°. Allgemein gebräuchlich ist heute das Thermometer, das der schwedische Naturforscher Celsius entworfen hat. Der Abstand zwischen zwei Teilstrichen heißt Celsiusgrad oder 1° Celsius, abgekürzt 1° C.

2.3. Temperaturmessungen

Führe mit dem Thermometer aus deinem Experimentierkasten verschiedene Temperaturmessungen in deiner Umgebung durch (Leitungswasser, Badewasser, Zimmertemperatur, deine eigene Körpertemperatur usw.). Beobachte dabei die Flüssigkeit im Glasrohr!

Die blaue Flüssigkeit steigt im Glasrohr auf und ab. Durch den unterschiedlichen Flüssigkeitsstand im Steigrohr läßt sich die Temperatur auf der Skala ablesen (vgl. Abb. 5).

Der Wärmezustand der jeweiligen Umgebung wirkt auf die Thermometerflüssigkeit. Sie dehnt sich bei Erwärmung aus und steigt deshalb im Glasrohr. Beim Erkalten zieht sie sich zusammen und sinkt entsprechend. Die meisten Thermometer enthalten gefärbten Alkohol oder Quecksilber. Damit können auch Temperaturen unter dem Gefrierpunkt des Wassers gemessen werden.

2.4. Ausdehnung auch bei festen Körpern?

Um zu untersuchen, ob sich auch feste Körper beim Erwärmen ausdehnen, nimm einen Schlüssel, durch dessen Öffnung am Griff sich eine Münze, z. B. ein 2-Pfennigstück, **gerade noch** hindurchdrücken läßt (du mußt dazu evtl. mehrere Schlüssel durchprobieren). Halte die Münze mit der Zange oder einer Pinzette und erhitze sie über einer Kerzenflamme. Prüfe, ob sich die Münze jetzt auch noch durch die Öffnung schieben läßt (Abb. 6). Nach dem Erkalten des Geldstückes wiederhole die Probe.

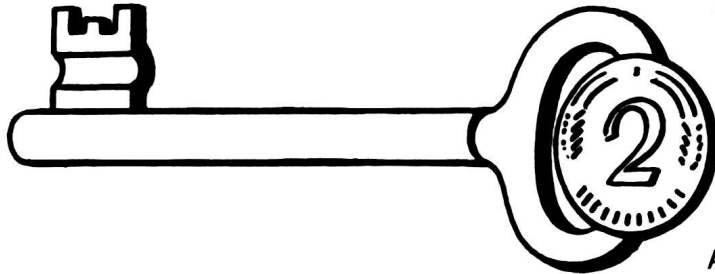


Abb. 6

Die stark erhitzte Münze läßt sich nicht mehr durch die Öffnung am Schlüsselgriff schieben, nach dem Erkalten paßt sie jedoch wieder hindurch. Beim Erhitzen hat sich die Münze ausgedehnt, sie ist größer geworden. Während des Abkühlens zieht sie sich zusammen und nimmt schließlich ihre ursprüngliche Form wieder an.

Die Tatsache, daß sich auch feste Stoffe bei Erwärmung ausdehnen, muß beim Bau langer Brücken oder beim Verlegen von Eisenbahnschienen berücksichtigt werden. Betonstraßen (Autobahnen) haben aus diesem Grunde in gewissen Abständen mit Teer ausgefüllte Zwischenräume (Dehnungsfugen), um das Brechen der Oberfläche durch Ausdehnung bei starkem Erwärmen zu verhindern.

2.5. Ein entspannter Draht

Stelle zwei Stühle etwa im Abstand von 2 m auf und spanne zwischen den Lehnen einen dünnen Draht. Günstig ist es, wenn du die Sitzflächen der Stühle noch mit Büchern oder ähnlich schweren Gegenständen belastest, damit die Stühle nicht verrutschen können. In der Mitte des Drahtes befestige eine größere Schraube oder einen entsprechenden Gegenstand. Erwärme nun den Draht an einer Stelle mit der Kerzenflamme (Abb. 7). Was kannst du beobachten, und was geschieht nach dem Erkalten des Drahtes?

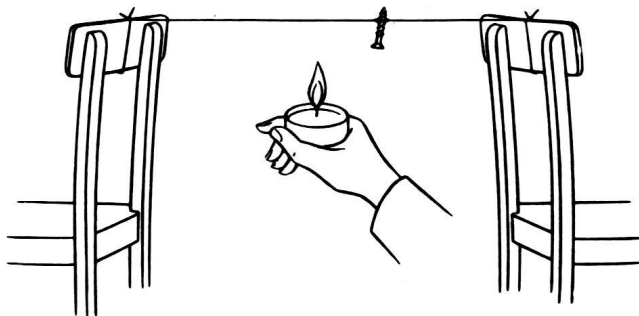


Abb. 7

Nach kurzer Zeit schon hängt der Draht durch. Durch die Erwärmung dehnt sich das Metall aus, dabei „entspannt“ sich der Draht. Nach dem Erkalten kehrt er in die Ausgangsstellung zurück.

2.6. Ein Luftballon wird gemessen

Blase einen Kinderluftballon mäßig stark auf und verschließe ihn gut. Es darf auf keinen Fall Luft entweichen. Markiere mit einem Filzstift eine Linie rund um den Ballon und miß an dieser Linie den Umfang mit einem Schneiderbandmaß. Anschließend lege den Ballon eine Stunde in den Kühlschrank oder kühle ihn einige Minuten unter fließendem kalten Wasser ab. Miß dann erneut den Umfang und vergleiche die Ergebnisse!

Die Messung nach dem Abkühlen zeigt einen kleineren Wert. In der Kälte ziehen sich auch Gase, in unserem Falle die Luft im Ballon, zusammen. Dadurch verringert sich der Rauminhalt, der Umfang des Ballons wird kleiner.

2.7. Eine zweite Messung

Gib den aufgeblasenen Luftballon aus Vers. 2.6. nun in einen zur Hälfte mit heißem Wasser gefüllten Eimer und decke ihn ab. Nach einiger Zeit miß wieder den Umfang des Ballons und vergleiche mit den Ergebnissen aus Vers. 2.6.!

Die Luft im Ballon wird durch das heiße Wasser erwärmt und dehnt sich aus. Die Messung ergibt: der Umfang des Luftballons hat sich vergrößert.

Alle Stoffe, ob fest, flüssig oder gasförmig, dehnen sich beim Erwärmen aus und ziehen sich beim Abkühlen zusammen.

2.8. Die springende Münze

Kühle eine leere Wein- oder Bierflasche unter kaltem Leitungswasser gut ab. Dann lege ein angefeuchtetes 10-Pfennig-Stück so auf die Öffnung, daß diese gut verschlossen ist. Anschließend nimm die Flasche fest in beide Hände (Abb. 8) und beobachte das 10-Pfennig-Stück!

Nach kurzer Zeit hebt sich die Münze leicht an und fällt wieder auf die Öffnung zurück. Dieser Vorgang wiederholt sich zwei- bis dreimal.

Das Leitungswasser kühlt die Luft innerhalb der Flasche ab. Die Luft zieht sich zusammen. Durch das Auflegen der Hände (Körperwärme) wird die Luft erwärmt, dehnt sich aus und hebt die Münze an, um zu entweichen.



Abb. 8

2.9. Heißluft

Stecke in den Hals einer leeren Flasche ein Stück Papier, entzünde es und stoße es in die Flasche. Warte ab, bis das Papier verbrannt ist und die Flamme erlischt. Spanne dann sofort ein Stückchen Gummihaut von einem Luftballon fest über die Flaschenöffnung.

Nach kurzer Zeit wölbt sich die Ballonhaut immer weiter in die Flasche hinein. Beim Verbrennen des Papiers wird die Luft in der Flasche erwärmt, dehnt sich aus und entweicht zum Teil durch die Öffnung. Ist die Flamme erloschen, kühlt die Luft ab und zieht sich wieder zusammen. Da jetzt die Ballonhaut über die Öffnung gespannt ist, kann keine Luft von außen einströmen. Der Luftdruck auf die Ballonhaut bewirkt die Wölbung nach innen.

Wenn du die Gummihaut aufstichst, zerplatzt sie mit einem Knall.

2.10. Zusammengepreßte Luft

Sicher ist es dir schon aufgefallen, daß sich beim Aufpumpen des Fahrrades das untere Ende der Luftpumpe erwärmt. Halte das Flüssigkeitsgefäß des Thermometers an die Öffnung einer Fahrradpumpe und führe einige Pumpenstöße aus (Abb. 9).

Auf dem Thermometer kannst du ein Ansteigen der Temperatur ablesen. Wenn Luft zusammengedrückt wird, erwärmt sie sich. Das gilt auch für andere Gase.

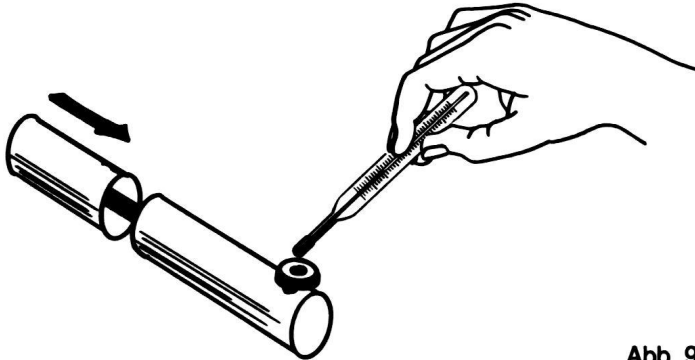


Abb. 9

2.11. Unsichtbar angehoben

Lege auf die Öffnung einer Pappröhre, wie sie zum Aufwickeln von Toilettenpapier benutzt wird, ein Blättchen dünnes Papier (Seidenpapier). Halte die untere Öffnung der Röhre in einem solchen Abstand über eine Kerzenflamme, daß sich die Pappe nicht entzündet (Abb. 10). Beobachte das Papierstückchen!

Das Papierblättchen hebt sich. Wenn es nicht zu schwer ist, fällt es seitlich herunter. Durch die Kerzenflamme wird die Luft in der Pappröhre erwärmt. Sie dehnt sich aus, steigt auf und drückt das aufliegende Papier weg. Mit strömender Luft kann Wärmeenergie transportiert werden. Diesen Vorgang nennt man **Wärmeströmung**.

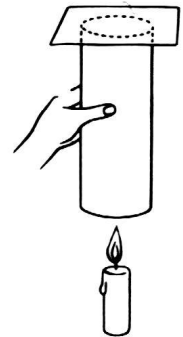


Abb. 10

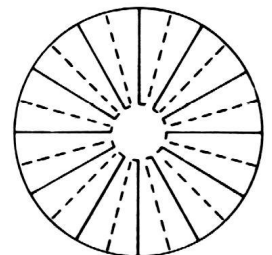


Abb. 11

2.12. Erwärmte Luft kann Arbeit verrichten

Fertige dir wie in Abb. 11 ein Flügelrad aus festem Papier. Setze dieses Rad auf die Spitze einer Stricknadel und stecke die untere Spitze der Nadel so in einen Korken, daß sie senkrecht steht. Stelle dann ein oder zwei kleine Kerzen (Kerzenstummel) unter das Flügelrad (Abb. 12). Entzünde die Kerzen und beobachte das Rad!

Schon nach kurzer Zeit setzt sich das Flügelrad in Bewegung. Evtl. mußt du beim ersten Mal durch einen kleinen Anstoß etwas nachhelfen, weil das Rad zu fest auf der Nadel sitzt.

Wie in Vers. 2.11. dehnt sich die erwärmte Luft aus, steigt auf, und die Wärmeströmung versetzt das Flügelrad in Bewegung. Nach diesem Prinzip werden auch die „Weihnachtsmühlen“ angetrieben.

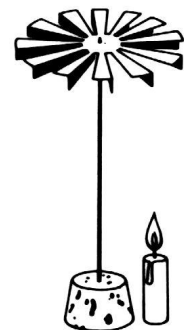


Abb. 12

2.13. Die Ausnahme

Fülle ein verschraubbares Tablettenröhrchen oder Medizinfläschchen vollständig mit Wasser. Verschließe das Röhrchen und gib es in einen kleinen Plastikbeutel. Dann lege es für die Nacht in das Eisfach des Kühlschranks. Welche Beobachtung kannst du am nächsten Morgen machen?

Durch die Eisbildung sind die Wände des Gefäßes gesprengt worden. In den vorigen Versuchen hast du erfahren, daß sich alle Körper beim Erwärmen ausdehnen und bei Abkühlung zusammenziehen. Wasser dehnt sich bei Erwärmung wie alle anderen Körper ebenfalls aus. Außerdem findet eine sprunghafte Ausdehnung beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand statt, d. h. wenn Wasser gefriert. Die bei dieser Ausdehnung frei werdenden Kräfte sind so stark, daß selbst eiserné Gefäße (Wasserrohre) platzen, wenn es darin zur Eisbildung kommt.

2.14. Gefrorenes Wasser schwimmt

Bereite dir im Eisfach des Kühlschranks Eiskwürfel. Fülle dann ein Einweckglas mit Wasser, gib die Eiskwürfel hinein und beobachte, wo sie sich sammeln!

Die Eiskstückchen schwimmen auf der Oberfläche. Eis ist leichter als Wasser. Diese Erscheinung ist dir sicher bei Eisschollen schon aufgefallen. In polaren Gewässern schwimmen auf Grund dieser Tatsache Eisberge, die die Schifffahrt gefährden.

2.15. Ein Eisberg schmilzt

Gib einen großen Eiskwürfel in ein Glas und fülle es dann bis zum Rand mit Wasser. Wie du aus Versuch 2.14. schon weißt, schwimmt der Eiskwürfel. Ein Teil ragt jetzt über den Glasrand hinaus. Was glaubst du: Wird das Wasser überlaufen, wenn der Eiskwürfel geschmolzen ist?

Nach dem Schmelzen läuft kein Wasser über den Rand des Glases. Da Wasser sich beim Gefrieren um $\frac{1}{11}$ seines Volumens ausdehnt, wird es leichter als Wasser. Beim Schmelzen geht die größere Ausdehnung wieder verloren, und der Eiskwürfel füllt genau den Raum aus, den er im Wasser eingenommen hat.

2.16. Eis verhindert Erwärmung

Bereite dir wie in Vers. 2.14. Eiskwürfel und gib sie in ein Weckglas, das zur Hälfte mit Leitungswasser gefüllt ist. Rühre die Flüssigkeit immer wieder vorsichtig mit dem Thermometer um und achte auf die Temperatur!

*Nach einiger Zeit sinkt die Temperatur auf 0°C ab und bleibt auf diesem Stand, bis alle Eiskwürfel geschmolzen sind. Das Eis entzieht dem Wasser laufend Wärme, die es zum Schmelzen benötigt. Die so verbrauchte Wärme bezeichnet man als **Schmelzwärme**.*

2.17. Kaltes Wasser auf der Heizplatte

Fülle einen kleinen Topf zur Hälfte mit Wasser und gib wieder Eiskwürfel hinein. Ist die Temperatur auf 0°C abgesunken, erhitze das Wasser mit den Eiskstückchen auf der Herdplatte. Rühre ständig mit dem Thermometer um und achte auf die Temperatur!

Das Eis schmilzt jetzt schneller. Aber auch bei verstärkter Wärmezufuhr steigt die Temperatur erst dann über 0°C , wenn die Eiskstückchen geschmolzen sind. Solange wird die gesamte Wärme zum Schmelzen des Eises verbraucht (vgl. Vers. 2.16.).

2.18. Eis taut auch bei Kälte

Gib in ein Marmeladenglas etwa vier Löffel zerkleinerte Eisstückchen und drei Eßlöffel Kochsalz. Miß die Temperatur und beobachte die Eisstückchen! Die Eisstückchen schmelzen („tauen“), die Temperatur sinkt trotzdem ab, und zwar bis auf -10°C und darunter. Die Lösung von Salz und Eiswasser wird kälter, obwohl man auf Grund des schmelzenden Eises das Gegenteil vermutet. Eine solche Mischung bezeichnet man auch als **Kältemischung**. Durch die Zugabe von Kochsalz wird der Gefrierpunkt wesentlich herabgesetzt, denn das Salz benötigt zum Auflösen ebenfalls Wärme, die sogenannte **Lösungswärme**. Selbst bei -10°C sind solche Salzlösungen noch flüssig.

In einer Kältemischung wird die Temperatur durch zwei Vorgänge gesenkt: **Schmelzwärme** ist notwendig zum Schmelzen des Eises, **Lösungswärme** wird für das Auflösen des Salzes verbraucht.

Diese physikalischen Erkenntnisse verwendet man schon seit langem, um z. B. vereiste Fahrbahnen mit Salz „aufzutauen“.

2.19. Eis schmilzt unter Druck

Bereite dir im Kühlschrank eine Eisplatte. Dazu kannst du die Schale für Eiswürfel benutzen, mußt jedoch das Plastikgitter herausnehmen. Stelle in einem kühlen Raum oder auf dem Balkon zwei Stühle eng nebeneinander und lege die Eisplatte dazwischen. Über das Eisstück führe ein Stück dünnen Draht, an dessen Enden du je ein Gewicht (Ziegelsteine, schweres Werkzeug) befestigst (Abb. 13). Welche Veränderung kannst du nach einiger Zeit feststellen?

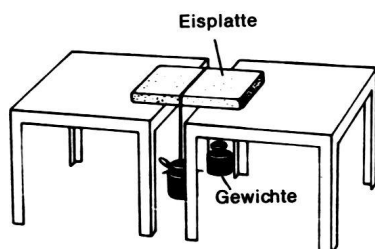


Abb. 13

Unter dem Druck, den der Draht durch die anhängenden Gewichte ausübt, schmilzt das Eis. Über der Einschnittsstelle friert es jedoch gleich wieder zusammen, so daß der Eisblock als Stück erhalten bleibt, obwohl der Draht hindurchgewandert ist.

Der gleiche Vorgang ermöglicht das Schlittschuhlaufen: Unter dem Druck der Kufen schmilzt das Eis, und es bildet sich an dieser Stelle ganz wenig Schmelzwasser, wodurch das Gleiten auf der Eisfläche möglich wird. Auf einer Glasplatte könnten wir mit Schlittschuhen überhaupt nicht vorwärts kommen, obwohl sie ebenso glatt ist wie eine Eisfläche.

Anmerkung: Im Winter läßt sich dieser Versuch besser durchführen, weil das Eis durch die niedrige Außentemperatur am Schmelzen gehindert wird.

2.20. Eine sonderbare Abkühlung

Tränke einen Wattebausch mit Brennspritus oder Feuerzeugbenzin (**Vorsicht:** Im Raum darf keine offene Flamme brennen!)

Halte das Thermometer in den Wattebausch und beobachte die Temperatur!

Das Thermometer zeigt ein Absinken der Temperatur an. Die Flüssigkeit verdunstet und verbraucht dabei Wärme. Sie wird der Umgebung entzogen. Diesen Wärmeverbrauch bezeichnet man als **Verdunstungskälte**. Auch auf der Haut ist dieser Wärmeverbrauch durch eine „kühle Empfindung“ zu spüren. Wenn du dich im Sommer nach dem Baden nicht abtrocknest, kannst du trotz großer Hitze frieren, weil zur Verdunstung des Wassers auch dem Körper Wärme entzogen wird.

2.21 Eine angenehme Erfrischung

Reibe dein Handgelenk mit Kölnisch Wasser ein und puste darüber. Wie schon in Versuch 2.20. wirst du eine angenehme Frische durch Abkühlung empfinden. Auch Kölnisch Wasser – es enthält zum größten Teil Alkohol – verdunstet auf der Haut und entzieht dem Körper dabei Wärme.

2.22. Eingeschlossene Flüssigkeit

Nimm eine Dose mit Körper- oder Haarspray. Halte die Dose so, daß das Ventil nach unten zeigt. Öffne durch Druck auf den Knopf ganz kurz das Ventil und sprühe gegen deine Hand. Aus der Öffnung spritzt eine Flüssigkeit. Ihr Siedepunkt liegt sehr niedrig, nämlich bei -30°C . Bei Zimmertemperatur verdampft sie deshalb an der Luft sofort.

2.23. Wärme wandert

Fasse eine Stricknadel am äußersten Ende mit Zeigefinger und Daumen und halte das andere Ende in die Flamme einer Kerze (Abb. 14). Was beobachtest du?

Nach kurzer Zeit wird die Nadel auch an dem von der Flamme entfernten Ende heiß, so daß du sie nicht mehr festhalten kannst. Die Wärme breitet sich durch den Draht aus und erreicht das entgegengesetzte Ende. Diese Erscheinung nennt man **Wärmeleitung**.

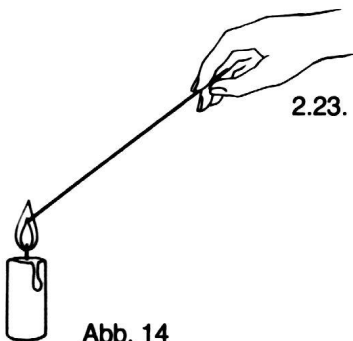


Abb. 14

2.24. Unterschiedliche Wärmeleitung

Stelle in einen Topf mit siedendem Wasser den Stahldraht und einen etwa gleichlangen Holzstab. Berühre die Gegenstände am herausragenden Ende und vergleiche die Temperatur!

Während du beim Holzstab kaum eine Temperaturveränderung wahrnehmen kannst, ist der Stahldraht deutlich wärmer geworden.

In den verschiedenen Stoffen wird die Wärme unterschiedlich weitergeleitet. Man unterscheidet **gute** und **schlechte** Wärmeleiter.

Metalle sind gute Wärmeleiter.

Wärmeleitfähigkeit	
Kupfer	gut ↓ schlecht
Aluminium	
Blei	
Glas	
Wasser	
Holz	
Kunststoffe	schlecht
Luft	

2.25. Immer der Reihe nach

Forme aus erwärmtem Kerzenwachs kleine Kügelchen und befestige sie so an dem Stahldraht, daß die erste Kugel 3 cm von der Spitze entfernt haftet. Die beiden anderen sollen jeweils einen Abstand von 2 cm zur vorherigen haben. Halte nun die Stahlnadel mit der Spitze in die Kerzenflamme (Abb. 15) und beobachte!

Beim Erhitzen fallen die Wachskügelchen der Reihe nach ab. Die Wärme wird in der Stahlnadel weitergeleitet. Wird in der Stahlnadel die Schmelztemperatur des Kerzenwachses (54° C) erreicht, lösen sich die Kugeln von der Nadel.

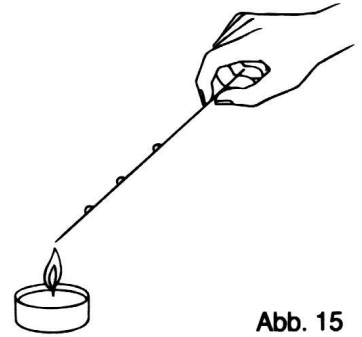


Abb. 15

2.26. Ein Trick mit der Wärmeleitung

Nimm ein Stück Leinentuch und lege es über eine größere Münze (2- oder 5-Mark-Stück). Dann bitte deinen Vater oder einen anderen Raucher, eine brennende Zigarette auf dem Tuch genau über der Münze auszudrücken! Du kannst ruhig vorhersagen, daß das Tuch nicht beschädigt wird.

Das Tuch wird durch die Glut der Zigarette tatsächlich nicht beschädigt. Die Wärmeleitung der Metallmünze ist so stark, daß die Temperatur am Tuch rasch absinkt und das Gewebe nicht angesengt wird. Mit diesem Trick kannst du auch deine Freunde verblüffen.

2.27. Wasser kocht über Papier

Entferne aus einer kleinen leeren Konservendose den Boden und ersetze ihn durch einen Bogen Pergamentpapier, den du mit einem Stück Bindfaden wasserdicht an der Dose befestigst. Dann fülle diesen „Topf“ vorsichtig etwa zur Hälfte mit Wasser und stelle ihn auf zwei Ziegelsteine. Zwischen die Ziegelsteine stelle eine brennende Kerze und erhitze das Wasser. Die Flamme darf jedoch nicht direkt den Papierboden berühren (Abb. 16).

*Das Wasser kocht nach einiger Zeit, ohne daß der Papierboden verbrennt. Weil das Wasser ständig Wärme ableitet, kann das Papier nicht warm genug werden, um sich entzünden zu können. Die **Siedetemperatur** des Wassers liegt unterhalb der **Entzündungstemperatur** des Papiers.*

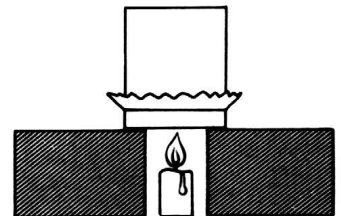


Abb. 16

2.28. Ein Tropfen tanzt

Gib einen Wassertropfen auf die kalte Herdplatte und beobachte! Anschließend trockne die Platte ab und erhitze sie durch Einschalten des elektrischen Stroms. Dann laß wieder einen Wassertropfen auf die Herdplatte fallen und vergleiche.*

Auf der kalten Herdplatte liegt der Wassertropfen ruhig und zerfließt. Wird die Herdplatte stark erhitzt, bildet sich eine kleine Wasserkugel, die einige Zeit tanzt. Auf der heißen Platte verdampft etwas vom Wassertropfen. Es bildet sich zwischen Herdplatte und Tropfen etwas Wasserdampf, der für einige Zeit verhindert, daß der ganze Tropfen die Platte berührt und sofort in Wasserdampf übergeht.

** Ist keine elektrische Heizplatte vorhanden, kann der Versuch auch in einem Topf über einer Gasflamme ausgeführt werden.*

2.29. Vorsicht, heißes Fett

Wenn deine Mutter einmal Fett zum Braten in der Pfanne ausgelassen hat, bitte sie um die Erlaubnis, daß du **einen** Wassertropfen in das siedende Fett fallen lassen darfst. Was beobachtest du?

Wenn der Wassertropfen in das heiße Fett fällt, prasselt es, und kleine Tröpfchen von heißem Fett spritzen hoch. Fett hat eine Siedetemperatur von ca. 180°C , Wasser dagegen von nur 100°C . Kommt Wasser in das siedende Fett, wird es sofort zu Wasserdampf. Im Fett eingeschlossen bilden sich Dampfblasen, die dann herausgeschleudert werden und dabei Fetttropfen mitreißen.

2.30. Noch einmal Wärmeströmung

Entzünde eine Kerze und halte deine Hand in angemessener Höhe über die Flamme! Du spürst die Wärme, weil die erwärmte Luft aufsteigt und an deiner Handfläche vorbeiströmt (vgl. Vers. 2.11. und 2.12.).



2.31. Auch seitlich Wärme?

Halte beide Hände seitlich in einem Abstand von ca. 10 cm neben die brennende Kerze (Abb. 17). Kannst du auch jetzt eine Erwärmung an deinen Handflächen wahrnehmen?

Wie du schon aus vorangegangenen Versuchen weißt, steigt die erwärmte Luft auf. Trotzdem spürst du auch jetzt neben der Kerze eine Erwärmung an deinen Handflächen.

Abb. 17

2.32. Kontrolle mit dem Thermometer

Halte statt deiner Hände (Vers. 2.31.) das Thermometer im Abstand von ca. 10 cm seitlich neben die Kerzenflamme und kontrolliere, ob du einen Temperaturanstieg feststellen kannst.

Das Thermometer zeigt deutlich einen Anstieg der Temperatur an. Ebenso wie in Vers. 2.31. kann es sich hier **nicht** um Wärmeströmung handeln. Diese Art der Wärmeausbreitung wird **Wärmestrahlung** genannt.

Auf diese Weise erreicht uns auch die Wärme der Sonne. Im luftleeren Weltenraum bleiben die Wärmestrahlen ohne Wirkung. Erst wenn sie auf die Erde treffen, werden sie wirksam, und wir empfinden die Sonnenwärme.



2.33. Auf die Oberfläche kommt es an

Fertige dir aus schwarzem Papier und aus Stanniol, wie es für Zigarettenverpackung verwendet wird, je eine kleine Tasche (ca. 4×4 Zentimeter). Stecke nun das Thermometer zunächst in die Tasche aus schwarzem Papier und halte sie im Abstand von ca. 10 cm 4 Minuten neben die Kerzenflamme (Abb. 18). Dann lies die Temperatur ab!

Wenn die Flüssigkeitssäule im Thermometer wieder auf den Ausgangspunkt abgesunken ist, wiederhole den Versuch mit der Tasche aus Stanniolpapier (Abb. 18). Vergleiche die Ergebnisse!

In der schwarzen Tasche zeigt das Thermometer einen höheren Temperaturanstieg als in der aus Stanniolpapier. Das schwarze Papier hat sich unter dem Einfluß der Wärmestrahlen stärker erwärmt als das helle Stanniol.

Schwarze Körper nehmen die Wärmestrahlen gut auf, während helle oder glänzende Körper sie zum größten Teil wieder zurückwerfen, wie ein Spiegel das Licht. Wenn Wärmestrahlen von hellen, glänzenden Oberflächen zurückgeworfen werden, spricht man von **Reflektion**. Solche Körper erwärmen sich deshalb auch nur wenig.

Diese Tatsache findet auch praktische Verwendung. So tragen z. B. die Kühlwagen der Bundesbahn einen hellen Farbanstrich, um eine Erwärmung von außen möglichst gering zu halten.

Abb. 18

3. Akustik – Die Lehre vom Schall

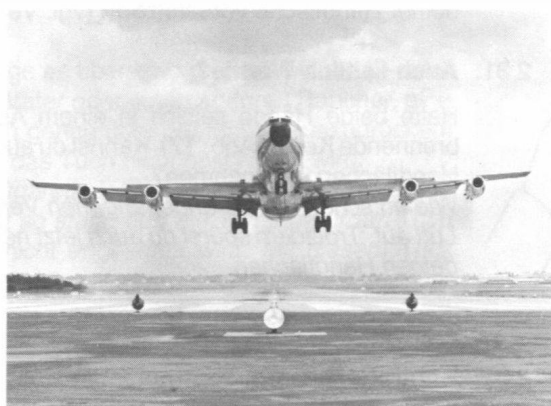
Auf einer belebten Straße nimmt unser Ohr sehr viele Töne und Geräusche auf. Autos hupen, Mopeds knattern, Straßenbahnen klingeln, Motoren brummen und Menschen unterhalten sich. Manchmal fliegt noch ein Flugzeug darüber und verursacht besonders großen Lärm. Es kann auch vorkommen, daß ein Geräusch schmerzhaft laut ist.

Alle Sinneseindrücke, die wir mit den Ohren wahrnehmen, bezeichnen wir als **Schall**. Der Gegenstand, der den Schall erzeugt, wird **Schallquelle** genannt.

In diesem Kapitel über die Lehre vom Schall sollst du einiges über Schallquellen, die Schallerzeugung und die Schallausbreitung erfahren.



Abb. 19



Schallquellen

Abb. 20

3.1. Der schwingende Stahl

Schlage die Zinken der Stimmgabel leicht an einer Tischplatte an und nähere sie deinem Ohr. Schlage die Gabel dann erneut an und drücke sie mit dem Stiel auf die Tischplatte (Abb. 21, 22).

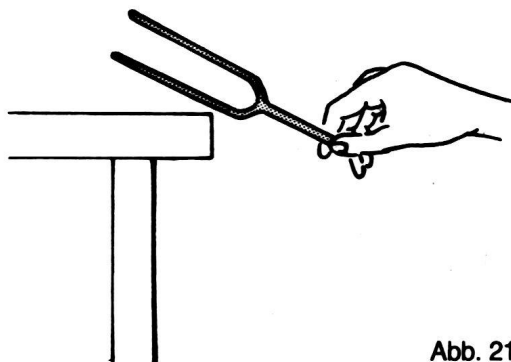


Abb. 21

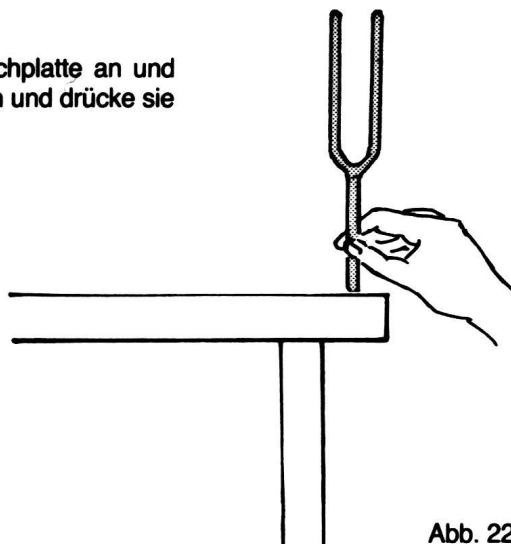


Abb. 22

Wenn die Stimmgabel angeschlagen wird, so erzeugt sie einen Ton, den wir mit dem Ohr wahrnehmen. Wird sie auf die Tischplatte gedrückt, so erzeugt sie zusammen mit der Tischplatte einen viel lauterem, singenden Ton. Beim Anschlagen werden die Zinken der Stimmgabel aus ihrer Ruhelage zu einer Seite gedrückt. Durch die Elastizität des Stahls pendeln sie aber wieder zurück und gelangen dadurch in eine schwingende Bewegung, die wir als Ton wahrnehmen.

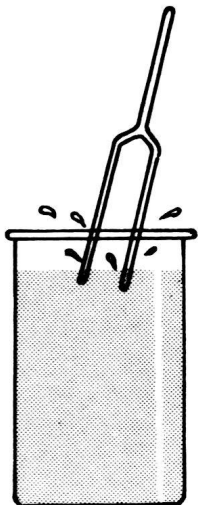


Abb. 23

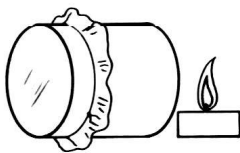


Abb. 24

3.2. Wasser spritzt im Takt

Schlage die Stimmgabel erneut kräftig an und tauche die Zinken dann schnell einige Millimeter in ein Glas mit Wasser (Abb. 23). Was beobachtest du?

Beim Eintauchen in das Wasser werden die Schwingungen der Gabel darauf übertragen, so daß das Wasser spritzt. Kleine Wassertröpfchen werden sogar aus dem Glas herausgeschleudert.

3.3. Eine Tonstörung

Stelle dir aus starkem Karton ein Rohr von etwa 5 cm Durchmesser und 10 cm Länge her. Lege über ein Ende ein Blatt Pergamentpapier und binde es fest.

Stelle vor die Öffnung eine Kerze und klopfe mit dem Finger gegen das Pergamentpapier (Abb. 24). Achte auf die Kerzenflamme.

Nach dem Klopfen flackert die Kerze einmal hin und her und brennt dann ruhig weiter. Durch die Erschütterung des Papiers werden die Luftteilchen davor einmal angestoßen. Diese Bewegung pflanzt sich fort, bis sie die Kerze erreicht hat, die dadurch einmal flackert.

3.4. Wie der Schall übertragen wird

Wie gelangt der Schall an unser Ohr?

Lege eine Reihe von vier oder fünf gleichen Geldstücken nebeneinander auf den Tisch. Schnippe dann ein weiteres Geldstück kräftig gegen das erste der Reihe, wiederhole mehrfach und achte auf die übrigen Münzen (Abb. 25).

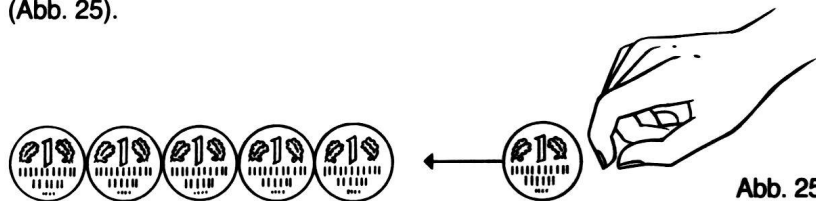


Abb. 25

Wenn das Geldstück gegen die Reihe prallt, so pflanzt sich der Stoß fort, und das letzte Stück fliegt etwas davon. Ähnlich breitet sich der Schall von der Stimmgabel aus. Durch das Schwingen der Zinken werden die benachbarten Luftteilchen in Bewegung versetzt, diese wiederum stoßen die nächsten an usw. Die letzten Teilchen gelangen dann in unser Ohr, und wir vernehmen einen Ton.

Der Schall wird durch die Luft übertragen.

Auf dem Mond, wo keine Luft vorhanden ist, kann Schall also auch nicht übertragen werden, und man muß sich auf andere Weise verständigen.

3.5. Schallausbreitung

Tauche in die Mitte einer wassergefüllten Schüssel mit einem Bleistift mehrfach hintereinander ein (Abb. 26). Achte darauf, daß die Zeitabstände möglichst gleich sind.

Von dem Bleistift gehen kreisförmige Wellen aus, die immer den gleichen Abstand besitzen, wenn der Bleistift ganz gleichmäßig eintaucht.

Wie hier auf der ebenen Wasseroberfläche werden die Luftteilchen von der Schallquelle ganz regelmäßig angestoßen. Sie erzeugen allerdings keine ebenen Wellen, sondern der Schall breitet sich kugelförmig um die Quelle herum aus.



Abb. 26

3.6. Auf Wellen schwingen

Lege auf die Oberfläche einer wassergefüllten Schüssel einige kleine Korkstückchen. Tauche nun einmal einen Bleistift in der Mitte der Schüssel ein (Abb. 27). Achte auf die Standorte der Korkteilchen.

Die Korkstücke verändern ihren Standort nicht, sondern sie tanzen nur einmal auf und nieder. Beim Schall bewegen sich auch nicht die einzelnen Luftteilchen von der Schallquelle bis zum Hörer. Sie vollführen nur eine Schwingung an ihrem Ort, bewegen sich aber nicht weiter.



Abb. 27

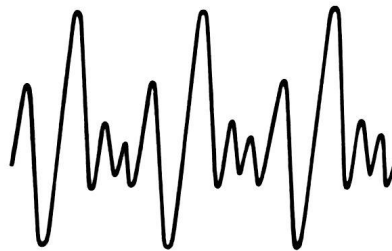
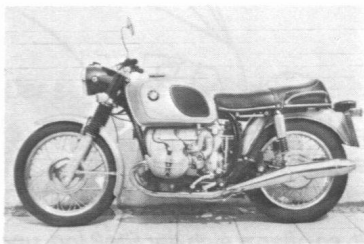
3.7. Schwingungen sichtbar gemacht

Klebe oder binde an einen Zinken der Stimmgabel eine Stecknadel. Beruße dann eine Glasplatte mit einer Kerzenflamme. Schlage nun die Stimmgabel kräftig an und ziehe dann die Nadel über die beruhte Platte. Was siehst du? *Die Stecknadel erzeugt auf der Platte eine regelmäßige Wellenlinie, die in den Ruß eingeritzt wird. (Mit Tesafilm kannst du übrigens diese Linie ablösen!)*

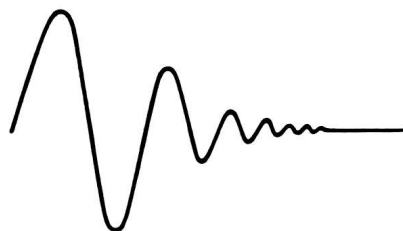
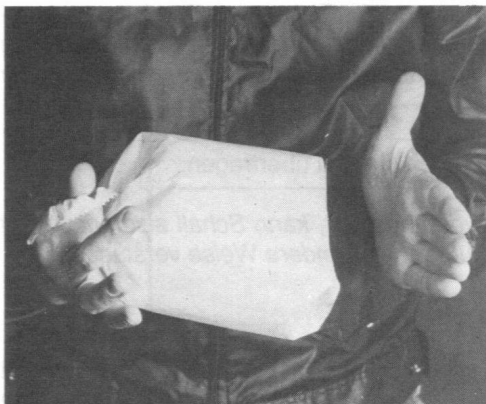
Immer dann, wenn eine Schallquelle eine solche regelmäßige Schwingung ausführt, erzeugt sie einen Ton.

3.8. Geräusch und Knall

Nimm einen großen Bogen Papier (eine alte Zeitung) und knülle ihn mit den Händen zusammen. Achte auf den Schall, der dabei ausgesendet wird. Blase dann eine Papiertüte auf und schlage mit einer Hand kräftig dagegen. Vergleiche diesen Schall mit dem, der durch die Zeitung, und jenem, der durch die Stimmgabel erzeugt wird.



Oszillogramm bei Geräusch Abb. 28



Oszillogramm bei Knall Abb. 29

*Beim Zusammendrücken der Zeitung entsteht ein sehr unregelmäßiger Schall, den wir als **Geräusch** bezeichnen (Abb. 28). Beim Zerschlagen der aufgeblasenen Papiertüte entsteht nur ein **Knall** (Abb. 29). Diese beiden Schallarten unterscheiden sich wesentlich von dem **Ton**. Mit einem besonderen Gerät, Oszilloskop genannt, kann man auch die Schwingungen sichtbar machen, die bei einem Geräusch und bei einem Knall entstehen.*

3.9. Nicht nur Luft überträgt den Schall

Schlage wieder die Stimmgabel kräftig an und achte auf den Ton. Stelle dann den Fuß der Gabel auf einen Tisch und lege ein Ohr auf die Tischplatte. Bemerkest du etwas?

Das Ohr auf der Tischplatte nimmt den Ton der Stimmgabel ebenfalls wahr. Der Schall wird also nicht nur durch die Luft übertragen, sondern ebenfalls durch das Holz der Tischplatte.



Abb. 30

3.10. Der singende Faden

Binde an den Fuß der Stimmgabel einen etwa 1,5 m langen Zwirnsfaden. Wickle das andere Ende des Fadens um einen Zeigefinger und stecke ihn in ein Ohr. Schlage dann die Stimmgabel kräftig an und laß sie frei hängen (Abb. 30).

Der Ton der Stimmgabel ist sehr gut zu hören. Durch den Faden wird er direkt an unser Ohr geleitet, so daß wir den Ton lauter hören als bei der Übertragung durch die Luft.

3.11. Ein Fadentelefon

Die Erkenntnis, daß ein Faden den Schall leitet, sollst du ausnutzen, um dir ein einfaches Telefon zu bauen (Abb. 31).

Bohre in den Boden von zwei Konservenmilchdosen, deren Deckel du herausgeschnitten hast, je ein Loch. Ziehe den Faden jeweils vom Boden her durch das Loch und binde ein Streichholz an jedem Ende des Fadens fest. Bitte dann deinen Freund, in eine Dose zu sprechen. Der Faden muß aber straff gespannt sein. Kannst du ihn verstehen?

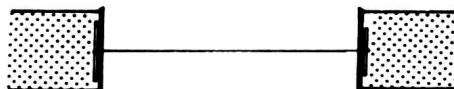


Abb. 31

Du kannst deinen Gesprächspartner verstehen. Der Schall versetzt den Boden der Dose in Schwingungen, die dann auf den Faden übertragen werden. An deiner Dose wird dadurch der Boden ebenfalls zum Schwingen gebracht, und durch die Luft darin gelangen die Worte an dein Ohr.

3.12. Blitz und Donner

Sicherlich ist dir bei einem Gewitter schon aufgefallen, daß der Donner immer später zu hören als der Blitz zu sehen ist. Kannst du eine Erklärung dafür geben?

Das Licht, das vom Blitz ausgeht, breitet sich mit unvorstellbarer Geschwindigkeit aus, nämlich mit 300 000 km/sec. Da bei einem Schall aber ein Luftteilchen das nächste anstoßen muß, ist seine Geschwindigkeit viel langsamer. Sie beträgt nur 333 m/sec.

Die Geschwindigkeit des Schalls beträgt in der Luft 333 m pro sec.

Du kannst also leicht ausrechnen, wie weit ein Gewitter von deinem Standort entfernt ist. Vom Aufleuchten des Blitzes bis zum Beginn des Donnergeräus zählst du die Sekunden. Die Zeit multiplizierst du mit 333, und schon weißt du, wie weit das Gewitter entfernt ist.

Geschwindigkeit des Schalls in verschiedenen Materialien			
Luft bei 0° C	333 m/sec	Hartholz	3500 m/sec
Luft bei 20° C	340 m/sec	Ziegelstein	3650 m/sec
Süßwasser	1440 m/sec	Glas	5000 m/sec
Salzwasser	1500 m/sec	Stahl	5100 m/sec

3.13. Der Schall wird verstärkt

Schlage erneut die Stimmgabel kräftig an und achte auf den Ton. Stelle dann den Fuß der Stimmgabel auf eine leere Zigarrenkiste. Bemerkst du einen Unterschied?

Auf der Zigarrenkiste erscheint der Ton der Stimmgabel viel lauter. Ihre Schwingungen werden dann nicht nur auf die Luft übertragen, sondern ebenfalls auf das Holz. Dadurch, daß mehrere Teile schwingen, wird der Ton verstärkt.

Neben anderen Musikinstrumenten haben Gitarren und Geigen einen Klangkörper, der die Schwingungen der Saiten dadurch verstärkt, daß er selbst mitschwingt. Elektrische Gitarren benötigen den Klangkörper nicht, da bei ihnen die Töne elektronisch verstärkt werden.

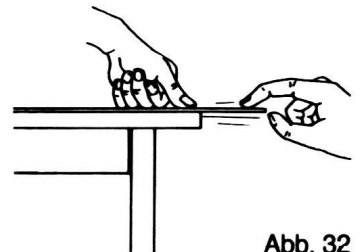


Abb. 32

3.14. Hohe und tiefe Töne

Halte den Stahldraht so an der Tischkante fest, daß etwa die Hälfte darüber hinausragt. Schlage gegen den Draht. Achte auf den Ton und das Schwingen. Verkürze dann das freie Stück und schlage an. Achte wieder auf den Ton und die Schwingung. Wiederhole den Versuch mit einem Lineal (Abb. 32).

Wenn ein langes Stück des Drahtes schwingt, so entsteht ein tiefer Ton. Der Draht schwingt dabei langsam hin und her. Je kürzer aber das freie Ende ist, desto schneller ist die Bewegung, und es entsteht dabei ein höherer Ton.

Je schneller eine Schallquelle schwingt, desto höher ist der erzeugte Ton.

Die Stimmgabel erzeugt immer denselben Ton, da bei ihr durch die Größe und das Material die Tonhöhe festgelegt ist.

3.15. Gummiband erzeugt Töne

Befestige ein Gummiband an einem Fenster- oder Türgriff. Zupfe das Band an und spanne es dabei. Achte auf die Tonhöhe (Abb. 32). Beim Spannen wird der Ton, den das Gummiband erzeugt, immer höher, weil es immer schneller hin- und herschwingt.

Die Tonhöhe kann physikalisch genau angegeben werden. Dazu wird die **Schwingungszahl** (Frequenz) der Schallquelle gemessen. Sie gibt an, wie oft die Schallquelle in einer Sekunde hin- und zurückschwingt.

Wenn eine Schallquelle in einer Sekunde 100mal hin- und herschwingt, so hat sie eine Frequenz von 100 Hertz (Hz). Nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz wurde das Maß für die Frequenz benannt. Menschen können Töne zwischen 16 Hz und 18 000 Hz hören.

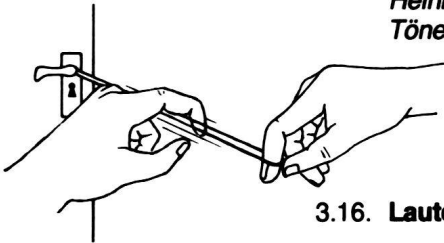


Abb. 33

3.16. Laute und leise Töne

Schlage die Stimmgabel leicht mit einem Fingernagel an und danach wieder kräftig an der Tischkante. Halte jedesmal einen Bogen Papier gegen die Zinken. Welchen Unterschied bemerkst du?

Wenn die Gabel nur leicht angeschlagen wird, so erzeugt sie nur einen leisen Ton. Das Papier schwingt nur wenig mit. Beim kräftigen Anschlagen dagegen wird ein lauter Ton erzeugt, und das Papier schwingt kräftig mit. Du kannst daraus also ableiten:

Je stärker eine Schallquelle schwingt, desto lauter ist der erzeugte Ton.

3.17. Weite Schwingungen

Prüfe mit dem Gummiband nach, ob tatsächlich leichte Schwingungen leise Töne und starke Schwingungen laute Töne hervorrufen. Spanne es dazu wieder am Fenster- oder Türgriff fest. Zupfe es dann zunächst ganz leicht und danach sehr kräftig an (Abb. 33).

Auch mit dem Gummiband läßt sich beweisen, daß leise Töne durch eine wenig schwingende, laute Töne durch eine kräftig schwingende Schallquelle erzeugt werden.

Die Lautstärke einer Schallquelle wird in **Phon** gemessen.

Lautstärken in Phon			
Taschenuhrticken	10	Motorrad ohne Schalldämpfer	100
Gespräch	50	Preßlufthammer	110
Straßenlärm	70	Flugzeugmotor	120
Lauter Fabrikraum	90	Schmerzschwelle	130

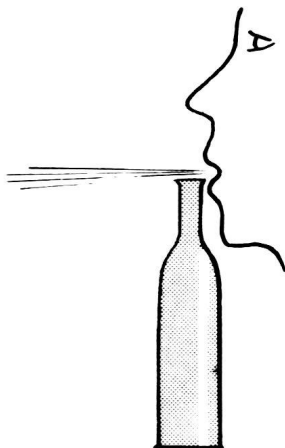


Abb. 34

3.18. Schwingende Luft

Halte eine leere Flasche an die Unterlippe und blase dann kräftig über die Öffnung. Was hörst du (Abb. 34)?

Es entsteht ein tiefer Ton. Durch das Blasen werden die Luftteilchen in der Flasche in Schwingungen versetzt, so daß ein Ton entsteht.

Nach diesem Prinzip werden in vielen Blasinstrumenten Töne erzeugt. Dort schwingt auch immer Luft.

3.19. Ein gläsernes Musikinstrument

Auf mehreren Trinkgläsern, die verschieden hoch mit Wasser gefüllt sind, kannst du Melodien spielen.

Fülle in ein Glas etwas Wasser und erzeuge durch Anschlagen mit einem Bleistift einen Ton. Prüfe, ob der Ton deinen Vorstellungen entspricht. Fülle evtl. etwas Wasser hinzu oder gieße etwas ab. Verfahre dann mit den anderen Gläsern ebenso, bis du eine Tonleiter spielen kannst. Wenn du nun ein bißchen übst, gelingt es dir sicherlich bald, ein Lied zu spielen.

3.20. Wie die Stimmbänder

An einem einfachen Versuch kannst du dir klarmachen, wie die Stimmbänder im menschlichen Kehlkopf Töne erzeugen. Blase einen Luftballon kräftig auf. Ziehe die Öffnung verschieden stark auseinander und laß die Luft ausströmen. Bemerkst du einen Unterschied?

Wenn die Luft durch den engen Spalt aus dem Luftballon herausströmt, so entsteht ein quietschendes Geräusch, dessen Ton höher wird, wenn du kräftiger ziehst. Die vorbeiströmende Luft versetzt das Gummi in Schwingungen, die du als Ton wahrnimmst. Wenn das Gummi stramm gespannt ist, so muß es schneller schwingen, und deshalb entsteht ein höherer Ton.

Ähnlich werden auch im Kehlkopf des Menschen durch die Stimmbänder Töne erzeugt, die allerdings noch durch die Zunge und die Lippen besonders geformt werden.

3.21. „Da wackeln die Wände“

Du kennst sicher diesen Satz, den man anwendet, wenn besonders großer Lärm herrscht.

Halte einen großen Bogen Papier an einer Ecke vor den Lautsprecher eines Radios. Drehe dann die Lautstärke auf. Was fällt dir auf? Gehe dann etwas weiter vom Radio fort (Abb. 35).

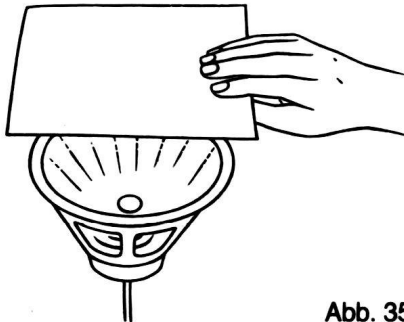


Abb. 35

Das Blatt Papier vibriert im Rhythmus der Sprache oder der Musik, die aus dem Radio ertönt. Selbst wenn du weiter fortgehst, sind die Schwingungen noch zu spüren, wenn auch nicht mehr so stark. Im Versuch 3.4. hast du gelernt, daß die Luft den Schall überträgt. Die Luftteilchen können, wie beim Radio, so stark schwingen, daß selbst ein Blatt Papier vibriert. Damit auch Wände wackeln, muß allerdings die Luft noch viel stärker schwingen.

3.22. Schreck in der Morgenstunde

Vielleicht ärgert dich morgens auch immer der Wecker, der so laut klingelt, und sicherlich hast du dir schon überlegt, wie du das Gerassel dämpfen kannst. Ob es hilft, wenn du den Wecker in die Nachttischschublade legst? Probiere es doch aus: Laß den Wecker einmal auf der Platte und dann in der Schublade läuten.

In der Schublade ist das Läuten viel lauter zu hören als auf der Platte. Denn jetzt schwingt nicht nur die Luft, sondern es vibrieren auch noch die Holzteile, so daß dadurch das Rasseln verstärkt wird.

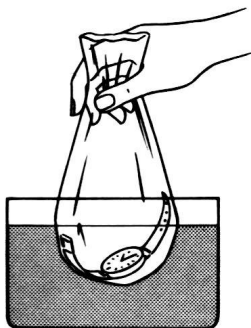


Abb. 36

3.23. Die Uhr tickt unter Wasser

Daß nicht nur Holz den Schall gut leitet, wie du im vorigen Versuch erfahren hast, sondern auch andere Stoffe, sollst du nun kennenlernen.

Besorge dir zunächst eine **völlig** wasserdichte Plastiktüte. Merke dir nun, wie laut deine Armbanduhr aus einer Entfernung von etwa 20–30 cm zu hören ist. Stecke sie dann in den Plastikbeutel und tauche ihn in eine wassergefüllte Schüssel. Horche nun aus derselben Entfernung wie vorher. Fällt dir etwas auf (Abb. 36)?

Unter Wasser ist das Ticken der Uhr lauter zu hören als in der Luft. Das Wasser leitet den Schall auch viel besser als die Luft.

Diese Erfahrung hast du sicherlich auch schon beim Tauchen in einer Badeanstalt gemacht. Unter Wasser kannst du viele Geräusche besser hören als in der Luft.

3.24. Ein Schalldämpfer

Neben den Stoffen, die den Schall besser leiten als die Luft, gibt es auch solche, die ihn schlechter leiten. Das kannst du nachprüfen.

Laß Wasser mit einem kräftigen Strahl in einen Eimer fließen. Achte auf die Lautstärke. Gib dann etwas Spülmittel in den Eimer und warte, bis sich Schaum bildet. Achte wieder auf die Lautstärke.

Sowie sich Schaum auf dem Wasser bildet, wird das Geräusch des einlaufenden Wassers stark gedämpft. Die vielen kleinen Bläschen, aus denen der Schaum besteht, dämpfen den Lärm dadurch, daß jede von ihnen etwas „verschluckt“.

3.25. So schläft es sich gut

Auch Federkissen können Geräusche dämpfen. Prüfe das nach, indem du eine Uhr auf den Tisch legst und aus 20–30 cm Entfernung horchst. Lege dann ein Federkissen darauf und lausche!

Die Uhr unter dem Kissen ist nicht mehr zu hören. Das Kissen mit den vielen Federn verschluckt auch Geräusche, so daß das Ticken nicht mehr durchdringt.

Wenn du schlafen willst, ziehst du dir sicherlich auch manchmal das Federbett über den Kopf, damit du nicht durch Geräusche gestört wirst.



Abb. 37

3.26. Der Schall wird zurückgeworfen

Lege eine Armbanduhr auf einen Schwamm in ein hohes Weckglas. Achte darauf, ob du das Ticken hörst, wenn du einen Schritt beiseite gehst. Bitte nun einen Freund, schräg über das Glas ein Stück Karton zu halten. Hörst du die Uhr (Abb. 37)?

Wenn du von dem Weckglas fortgehst, ist das Ticken der Uhr nicht mehr zu vernehmen. Der Schall tritt nämlich nach oben aus dem Glas und gelangt deshalb nicht an dein Ohr. Du hörst es aber wieder, wenn der Karton über das Glas gehalten wird, weil das Ticken von dort zurückgeworfen wird.

3.27. Ein Plattenspieler-Verstärker

Stecke in eine Postkarte eine Stecknadel, so daß die Spitze über den Kartenrand hinausragt. Bitte nun deine Eltern um eine alte Schallplatte, die du auf den Teller eines Plattenspielers legst. Fasse die Postkarte an einer Ecke an und laß die Nadel langsam auf die sich drehende Platte hinunter (Abb. 38).

Die Musik der Schallplatte ist zu hören, obwohl der Tonarm nicht aufliegt. Bei der Schallplatte sind die Schallschwingungen in die Rillen eingepreßt. Die Nadel führt diese Bewegungen mit aus und wird deshalb im Rhythmus der aufgezeichneten Musik in Schwingungen versetzt. Die Postkarte gerät ebenfalls in Schwingungen und verstärkt den Ton.

Mit der Lupe kannst du übrigens die Wellen in der Rille der Schallplatte gut erkennen.

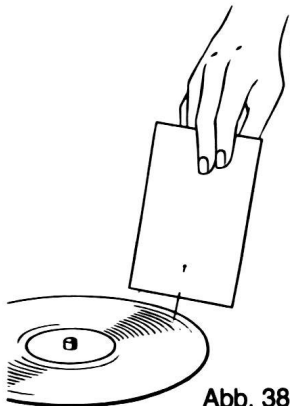


Abb. 38

4. Fliegen und Gleiten

Der Traum vom Fliegen beherrschte die Menschen bereits Jahrtausende, ehe der erste Mensch sich in die Lüfte erheben konnte. Sicherlich hast du die Sage von Dädalus und Ikarus bereits gehört, aber schon lange vor dem Entstehen dieser Sage, nämlich etwa um 2500 v. Chr., hatten Menschen Pläne zum Fliegen ausgedacht. Im Jahre 1505 entwickelte der italienische Bildhauer, Maler und Wissenschaftler Leonardo da Vinci sehr genaue Vorstellungen, wie ein „Fluggerät“ aussehen könne. Doch es dauerte noch über 350 weitere Jahre, bis sich der erste Mensch mit einem Gleiter in die Lüfte erheben konnte – wenn auch immer nur für kurze Strecken. Danach verlief die Entwicklung bis zu den heute bekannten Flugzeugen in einem so rasanten Tempo, daß neue Flugzeuge zum Zeitpunkt der Serienreife schon wieder fast veraltet sind und noch bessere sich bereits in der Erprobung befinden.

In diesem Kapitel sollst du ein wenig darüber erfahren, wie es möglich ist, daß sich riesige metallene Flugzeuge in der Luft bewegen.

Verwende für die kommenden Versuche als **Winderzeuger** einen Haartrockner oder einen Staubsauger, den du umkehrst. Du kannst natürlich auch den Motor mit dem Flügel aus Versuch 6.41 (Abb. 140) dazu einsetzen.

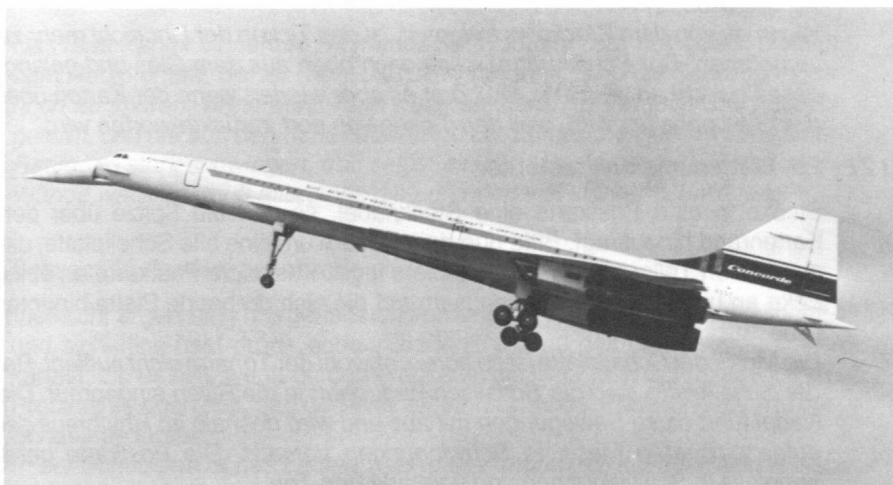
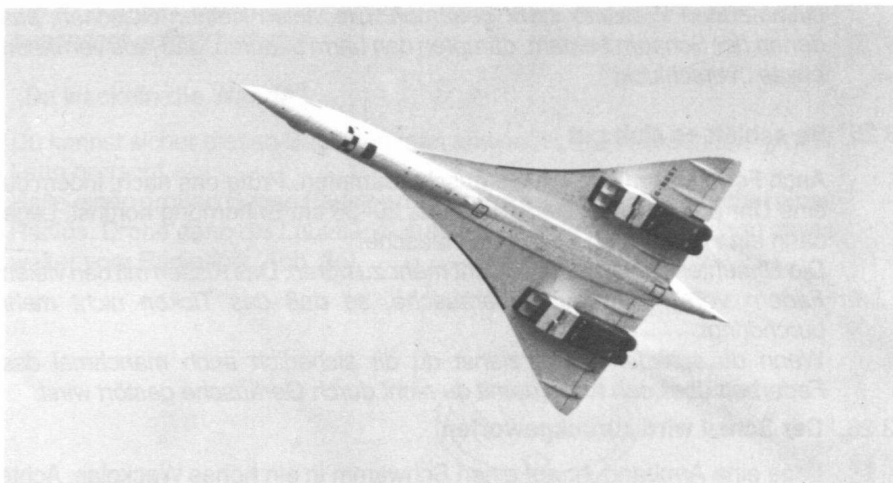


Abb. 39

4.1. Eine Kraft wirkt nach oben

Halte in den Luftstrom des Winderzeugers ein Stück Karton, das etwa 15 cm × 25 cm groß ist. Verändere den Winkel, unter dem die Luft auf den Karton trifft, und achte darauf, wann der Karton nach oben gedrückt wird.

*Wenn der Luftstrom gegen den mit der Vorderkante schräg nach oben gerichteten Karton trifft, wird dieser nach oben gedrückt. Bei waagerechter und senkrechter Stellung des Kartons wird er überhaupt nicht nach oben bewegt, dazwischen nimmt die Kraft allmählich zu und schließlich wieder ab. Diese nach oben gerichtete Kraft nennt man **Auftrieb**.*

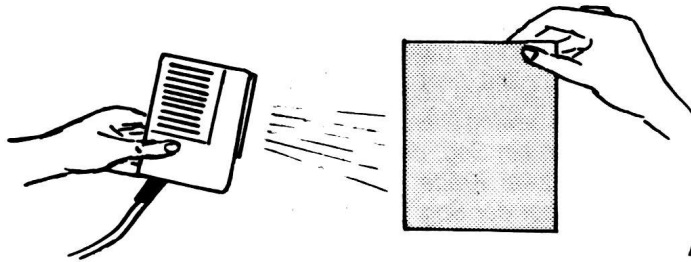


Abb. 40

4.2. Der Winkel ist wichtig

Laß bei diesem Versuch die Luft parallel zur Tischoberfläche strömen. Stelle den Deckel deines Physik-Experimentierkastens rechtwinklig gegen den Luftstrom und klebe eine Postkarte auf der Oberkante mit Klebestreifen an den Deckel (Abb. 41). Verändere die Neigung des Deckels zur Tischoberfläche und achte darauf, wie sich die Karte verhält.

*Wenn man den Deckel mit der Karte aus der senkrechten Lage langsam gegen den Luftstrom kippt, bleibt die Postkarte zunächst immer gegen den Deckel gedrückt. Von einem bestimmten Winkel ab löst sich die untere Kante der Karte vom Deckel und behält eine feste Neigung zum Luftstrom. Den Winkel zwischen dem Luftstrom und der Postkarte bezeichnet man als **Anstellwinkel**. Dieser Anstellwinkel wird um so größer, je langsamer die Luft strömt. Das kannst du feststellen, wenn du den Winderzeuger weiter fortnimmst.*

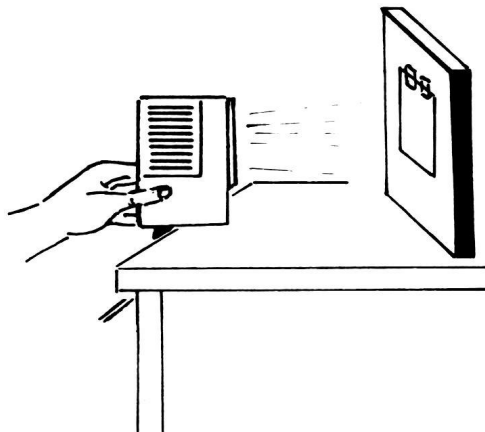


Abb. 41

4.3. Eben oder gewölbt?

Knicke von der Schmalseite einer Postkarte etwa 2 cm rechtwinklig um und hänge diese Kante über das Lineal, das du an einer Tischkante aufrecht halten mußt. Blase nun kräftig über die Oberseite der Karte (Abb. 42).

Ziehe anschließend die Karte so über eine Tischkante, daß sie sich nach oben wölbt, und puste wieder kräftig darüber, nachdem du sie an das Lineal gehängt hast (Abb. 43).

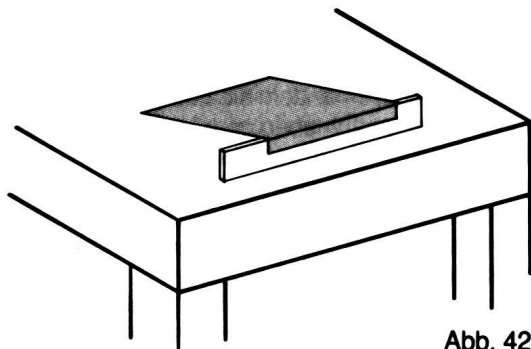


Abb. 42

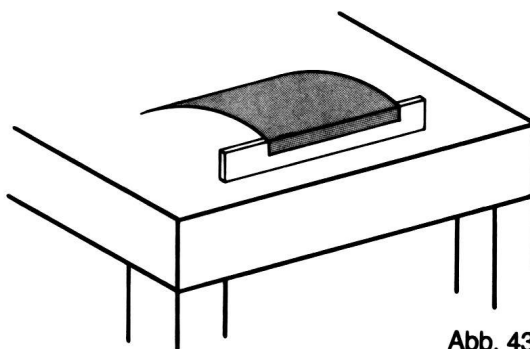


Abb. 43

Die ebene Karte ändert ihre Lage nicht, die gewölbte dagegen wird nach oben gehoben. Das bewirkt allerdings nicht der Auftrieb. Es bildet sich über der gewölbten Karte ein Sog, der sie hochzieht. An den Tragflächen der Flugzeuge wirken zwei Kräfte gleichzeitig: Unter der Fläche wirkt die Auftriebskraft, darüber der Sog. Beide zusammen tragen bei genügender Geschwindigkeit das Flugzeug.

4.4. Doppelsog

Klebe eine Postkarte mit der Wölbung nach außen mit Klebestreifen an eine Tischkante, die andere an das Lineal. Halte das Lineal so, daß die beiden Karten senkrecht hängen und etwa 3 cm voneinander entfernt sind. Blase nun von oben mit dem Winderzeuger hindurch.

Die beiden Kanten werden nicht etwa auseinandergedrückt, sondern sie berühren einander. An jeder Fläche entsteht nämlich ein Unterdruck. Die dabei auftretenden Kräfte sind entgegengesetzt gerichtet, so daß die Karten zusammentreffen.

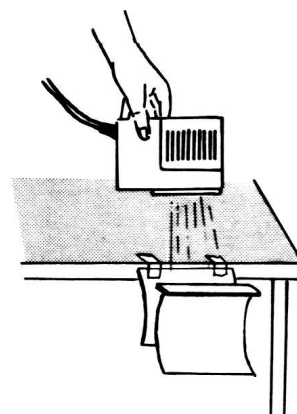


Abb. 44

4.5. Der Sturm deckt Dächer ab

Bei schweren Stürmen werden häufig Dächer abgedeckt. Warum das möglich ist, kannst du leicht nachvollziehen.

Falte eine Postkarte in der Mitte und beschwere das „Dach“ an einer Kante mit dem Lineal. Blase nun wieder kräftig über die Karte.

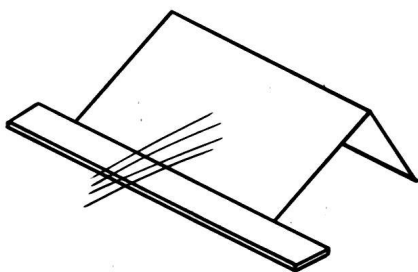


Abb. 45

Über der dem Wind abgewandten Dachfläche bildet sich auch ein Sog, der das Dach zunächst anhebt und dann mit fortfliegen läßt. In manchen Gegenden werden deshalb die Dächer zusätzlich mit Steinen beschwert.

4.6. Windschatten

Halte eine Postkarte senkrecht vor eine brennende Kerze und blase kräftig gegen die Kerze.

So sehr du dich auch bemühst, es wird dir nicht gelingen, die Flamme auszublasen. Der Luftstrom prallt gegen die Fläche und wird zur Seite abgelenkt. Die Kerze befindet sich im Windschatten.

4.7. Luftwirbel

Stelle jetzt eine Flasche vor die brennende Kerze und blase gegen die Flasche.

Die Kerze erlischt sofort. Beim Auftreffen auf die Flasche teilt sich der Luftstrom, paßt sich der Flaschenwölbung an und vereinigt sich dahinter wieder. Dabei entstehen Luftwirbel, die die Kerzenflamme zum Erlöschen bringen.

4.8. Steuern durch Strömung

Befestige eine Postkarte an der Schmalseite mit zwei Klebestreifen an einem Lineal. Halte es senkrecht auf den Tisch und blase mit dem Winderzeuger gegen die Karte. Knicke dann hinten etwa 2 cm ab und wiederhole. Halte anschließend das Lineal waagrecht.

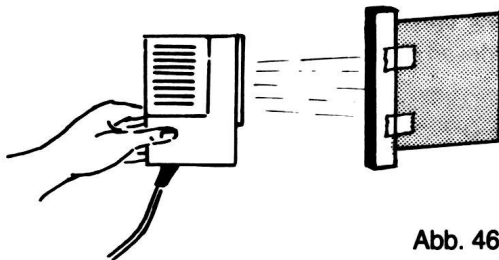


Abb. 46

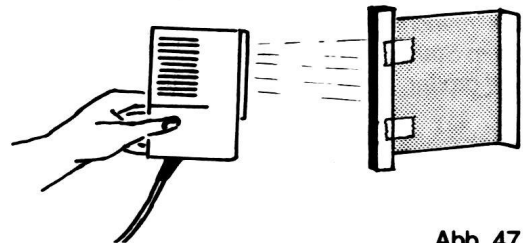


Abb. 47

Die Karte schlägt zunächst so aus, daß sie immer genau im Luftstrom bleibt. Mit dem Knick am Ende schlägt sie stark nach der dem Knick entgegengesetzten Seite aus.

Zur Steuerung eines Flugzeuges benötigt man Höhen-, Seiten- und Querruder. Die Höhen- und das Seitenruder eines Flugzeuges drücken entsprechend der Stellung das Heck nach oben bzw. unten oder nach links bzw. rechts. Durch die Querruder werden die Tragflächen gehoben oder gesenkt.

4.9. Ein einfaches Flugmodell

Laß die Karte aus Versuch 4.5. zu Boden gleiten und beobachte die Bahn. Stecke dann vorn an die Karte einige Büroklammern. Probiere so lange aus, bis die Karte in einem flachen Winkel zu Boden gleitet. Falls notwendig, füge weitere Büroklammern hinzu.

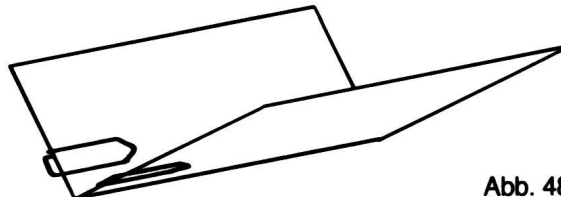


Abb. 48

Ohne Büroklammern fällt die Karte zu Boden, mit etwa 4 bis 6 Büroklammern dagegen gleitet sie leicht, da der Schwerpunkt jetzt richtig liegt.

Ein Flugzeug muß stets richtig ausbalanciert sein, sonst läßt sich keine gleichmäßige Flugbahn erzielen. Man spricht bei Flugzeugen allerdings vom „Trimmen“, nicht vom Ausbalancieren.

4.10. Propellerantrieb

Schneide dir aus Karton zwei Flügel eines Propellers (ca. 8 cm lang) aus und klebe sie an eine kleine Garnrolle. Wickle einen etwa 1 m langen Faden um die Rolle und stecke sie auf den Stahldraht. Ziehe nun kräftig an dem Faden und achte auf die Garnrolle.

Der Propeller dreht sich zwar – die Geschwindigkeit hängt davon ab, wie schnell du ziehst –, aber er hebt sich nicht, solange er keine Neigung erhält.

4.11. Verstellpropeller

Drehe die beiden Propellerhälften etwas gegeneinander und ziehe wieder den aufgewickelten Faden ab. Stelle unter den Propeller eine Kerze und achte darauf, ob der Propeller sie zum Flackern bringt.

Die Blätter des Propellers besitzen jetzt – ähnlich wie die Tragflächen eines Flugzeuges – einen Anstellwinkel. Durch die Drehung erfassen sie damit die Luftteilchen und schleudern sie mit höherer Geschwindigkeit hinter sich – bei falscher Drehrichtung vielleicht auch nach vorne. Dabei entsteht ein Schub, der ein Flugzeug vorantreiben kann.

Bei manchen Flugzeugen kann der Propeller übrigens verstellt werden: Beim Starten ist der Anstellwinkel sehr klein, beim schnellen Flug dagegen viel größer.

4.12. Rückstoßantrieb

Laß einen Haartrockner ausnahmsweise einmal am Kabel herabhängen und merke dir, wie er hängt. Schalte ihn in dieser Stellung ein und achte darauf, ob sich die Lage verändert hat.

Wenn Luft austritt, bewegt sich der Haartrockner in entgegengesetzter Richtung etwas fort. Bei Flugzeugen mit Strahltriebwerken verbrennt in einer Brennkammer Kraftstoff. Die nach hinten austretenden Verbrennungsgase erzeugen einen so großen Schub, daß das Flugzeug bewegt wird.

4.13. Ein einfacher Düsenjäger

Blase einen Luftballon stark auf und laß ihn dann mit geöffnetem Mundstück los.

Die zusammengepreßte Luft entweicht mit großem Druck aus der kleinen Öffnung. Der Ballon wird deshalb mit beträchtlicher Geschwindigkeit angetrieben. Er ändert allerdings dauernd seine Richtung, da keine richtungsstabilisierenden Teile vorhanden sind.

5. 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.

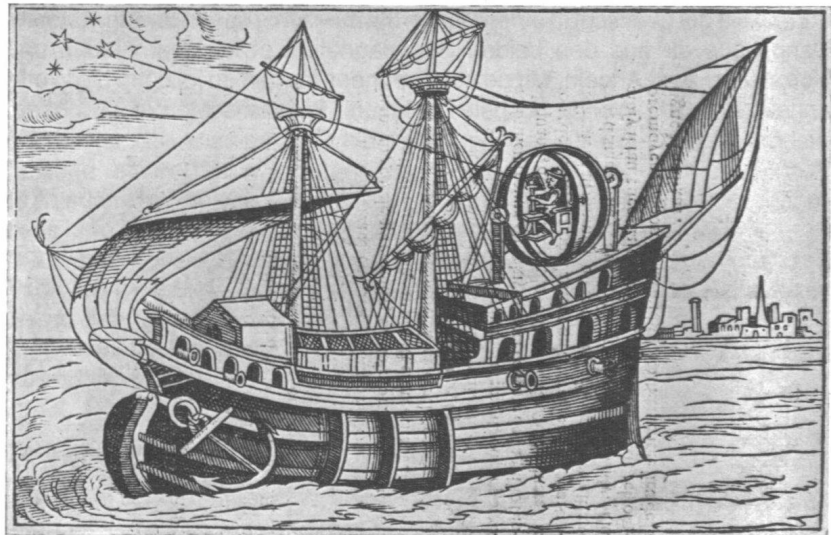


Abb. 49

5.1. Magnetische Kraft – ständig trainiert

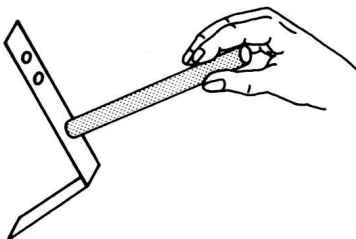


Abb. 50

In deinem Physikkasten findest du zwei runde Metallstäbe, die aneinander haften. Nimm sie heraus, löse sie voneinander und nähere sie anschließend dem Umschaltkontakt (5017).

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.

5.2. Der Magnet ist wählerisch

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.

5.3. Eisen – magnetisch aufgespürt

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.

5.4. Wer angelt am besten?

Mit Magneten lassen sich verschiedene lustige Spiele anfertigen. Hier ein Beispiel: Schreibe auf gleichgroße Pappstücke (ca. 3×3 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. 51). Wer die höchste Punktzahl „herausfischt“, hat gewonnen. Viel Spaß!

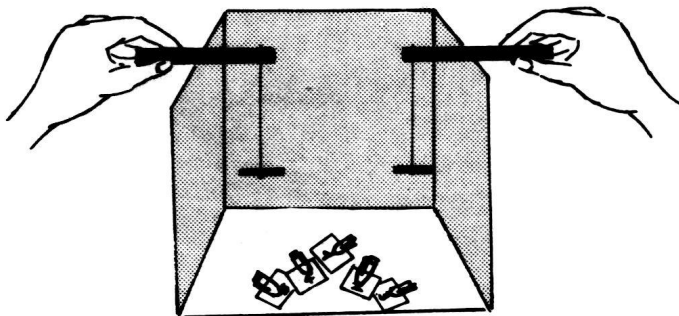


Abb. 51

5.5. Der Magnet ist unbestechlich

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. 52

5.6. Der verlängerte Arm

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. 52).

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.

5.7. Ein „Bart“ aus Eisen



Abb. 53

In deinem 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. 5.6.), so daß sie aneinanderhaften und diese bartähnliche Form ausbilden (Abb. 53).

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.

5.8. Von Zauberhand bewegt

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.

5.9. So kannst du deine Freunde verblüffen

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. 5.5.) 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.

5.10. Magnetische Kraft nicht überall gleich



Abb. 54

Berühre den Stabmagneten mit einer Schere zunächst an den Enden und dann genau in der Mitte (Abb. 54). Was kannst du beobachten?

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.

5.11. Eisenfeilspäne zeigen die Pole deutlich an

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. 55). Klopfe dann den Bogen vorsichtig einige Male auf die Unterlage und beobachte die Eisenteilchen!

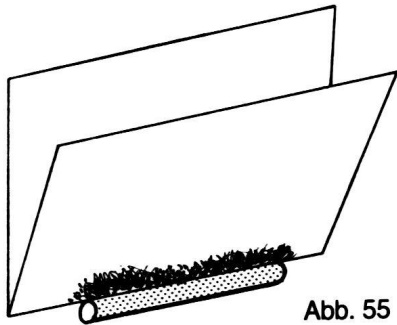


Abb. 55

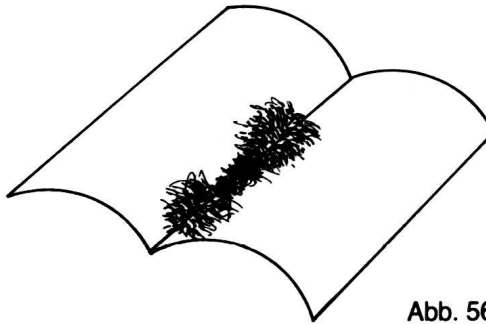


Abb. 56

Der Magnet bleibt am Papier hängen, weil er die Eisenteilchen anzieht. Beim Aufklappen auf die Unterlage bilden sich an den Polen des Magneten deutlich sichtbare Bärte aus, denn hier ist die Anziehungskraft am stärksten (Abb. 56).

Diese Erscheinung wird noch deutlicher, wenn du die in der Mitte verbliebenen Eisenteilchen mit den Fingerspitzen herausnimmst und auf die beiden Pole verteilst.

5.12. Im Bannkreis des Magneten

Wie du schon in Versuch 5.8. 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 am 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. 58). 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**.*

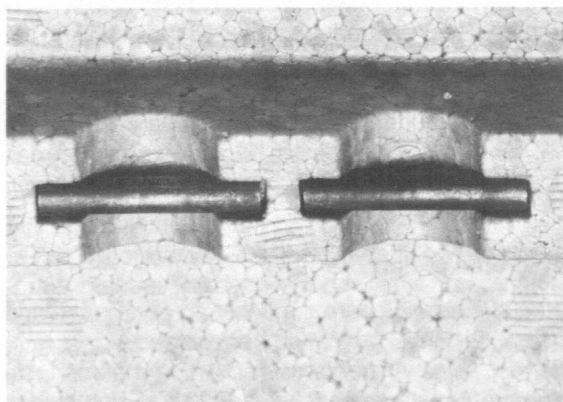


Abb. 57

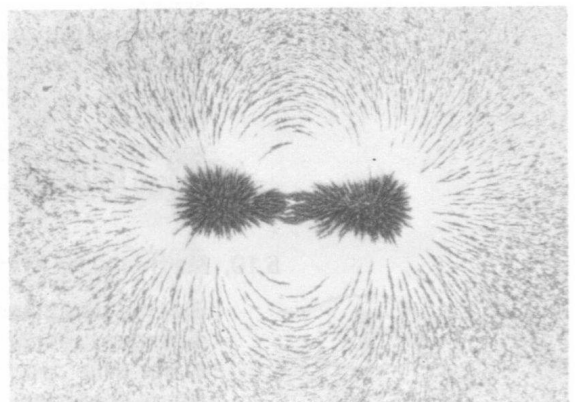


Abb. 58

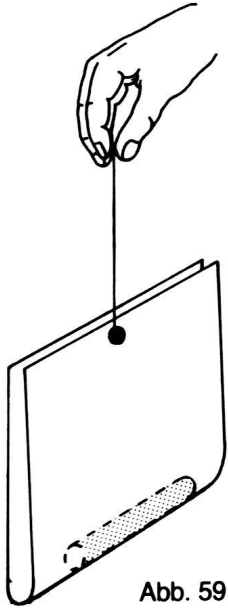


Abb. 59

5.13. Auch der Magnet muß gehorchen

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 Papierschleife entsteht. Lege nun den Stabmagneten in diese Schleife, laß sie am Bindfaden frei beweglich hängen (Abb. 59) 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**.*

5.14. Die Pole werden gekennzeichnet

Der vorige Versuch hat dir gezeigt, daß ein Magnet zwei verschiedenartige Pole hat. 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.

5.15. Ein Magnet als Richtungsweiser

Wiederhole den Versuch 5.13. 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.

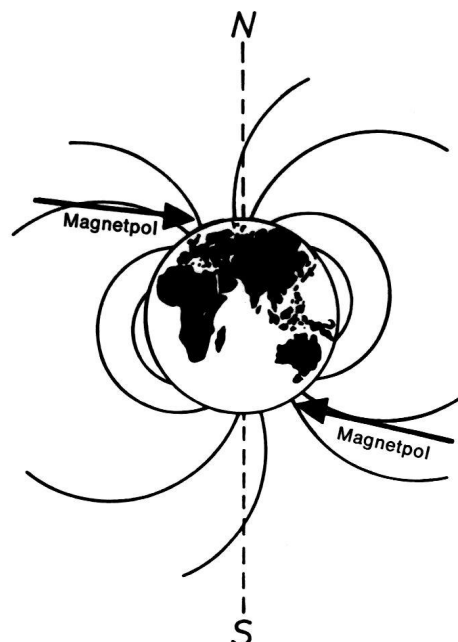
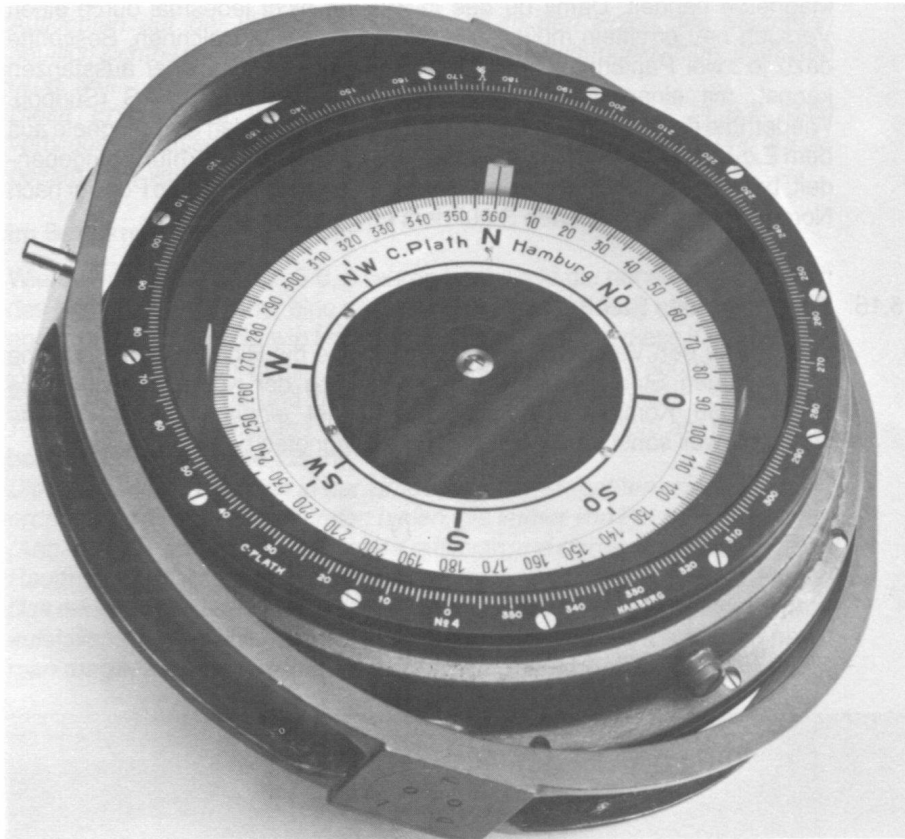


Abb. 60

Magnet und Kompaßnadel stellen sich beide auf Nord-Süd-Richtung ein, denn die Nadel im Kompaß ist auch ein kleiner Magnet, dessen blaufarbte Spitze, der Nordpol, immer nach Norden weist. Die 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. 60).

*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. 61). Wird nun der Kompaß vorsichtig so gedreht, daß die blaue Spitze der Magnethnadel 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“.*



Schiffskompaß Werkfoto C. Plath

Abb. 61

5.16. Die magnetische Kraft kann ihre Wirkung umkehren

Im vorigen Versuch hast du erfahren, daß auch die Kompaßnadel ein kleiner Magnet ist.

Nähere ihr 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 Magnethadel anzieht. Tatsächlich geht der Magnetismus jedoch von der Magnethadel 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.

5.17. Der Kompaß – eine Orientierungshilfe

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 betreffenden Gebietes und den Kompaß aus deinem Experimentierkasten.

Bei Beginn der Wanderung mußt du den Kompaß waagrecht 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. 62). 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.

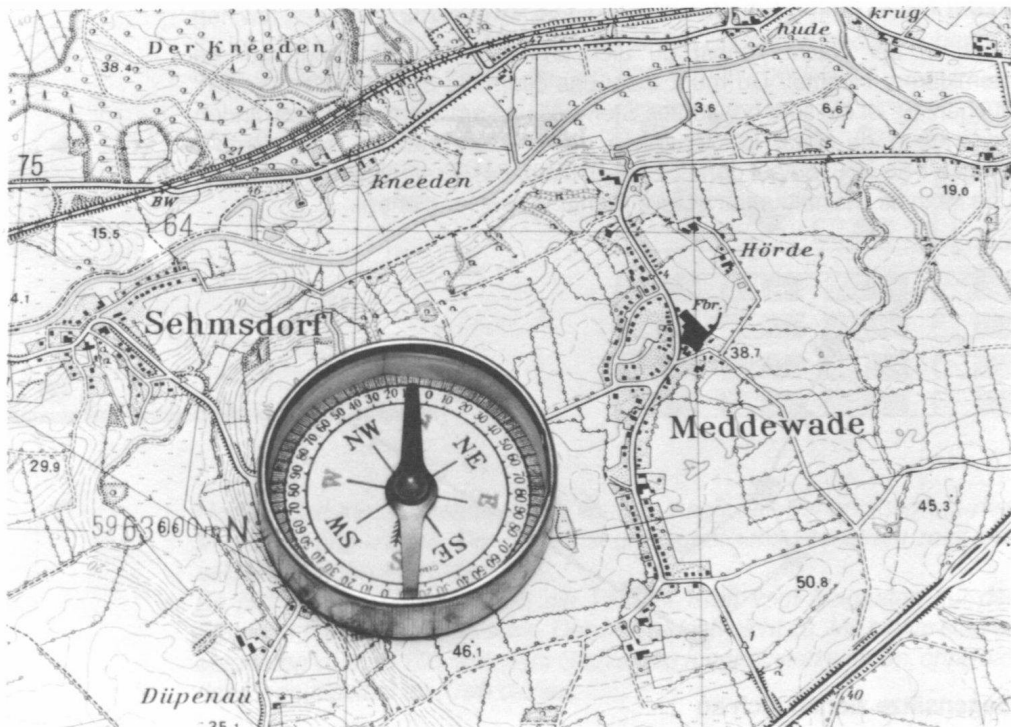


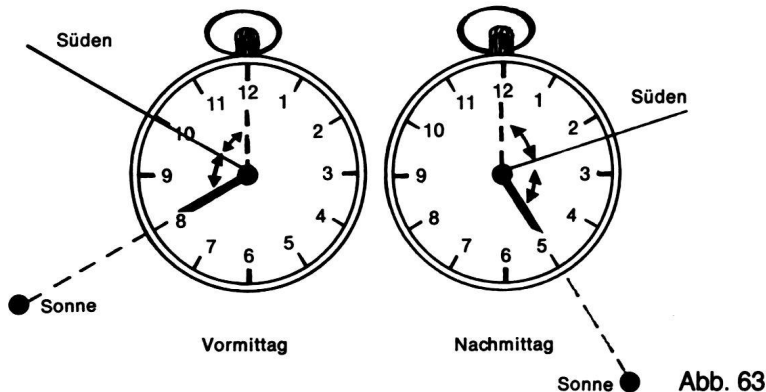
Abb. 62

*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.

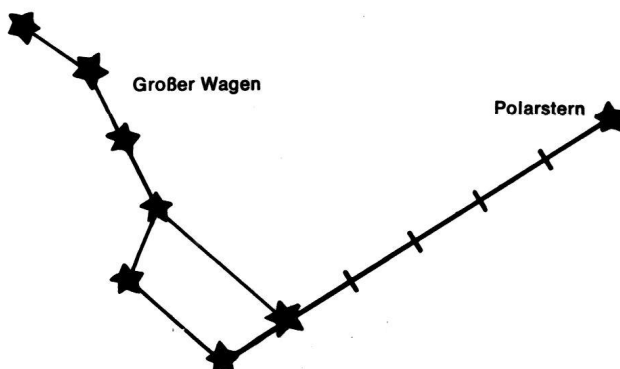
5.18. Es geht auch ohne Kompaß

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 waagrecht 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 an (Abb. 63). Dieses Verfahren kannst du allerdings nur von 6 bis 18 Uhr anwenden.



5.19. In der Nacht helfen die Sterne

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. 64). Er steht genau im Norden und kann dir deshalb auch gut als Richtungsweiser dienen.



5.20. Gegensätze ziehen sich an

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.



Abb. 65

5.21. Feindliche Brüder

Schiebe einen der beiden Stabmagnete in ein leeres durchsichtiges Tablettentröhrchen, 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, also Nordpol gegen Nordpol oder Südpol gegen Südpol (Abb. 65). Wiederhole dann den Versuch, indem du nun den zweiten Magneten mit dem anderen Pol zuerst in das Röhrchen gleiten läßt.

Der 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. 5.20.).

5.22. Magnetische Kraft – selbst erzeugt

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. 66) von einem Ende zum anderen über den Stab. Danach berühre wieder die Stecknadeln und beobachte!

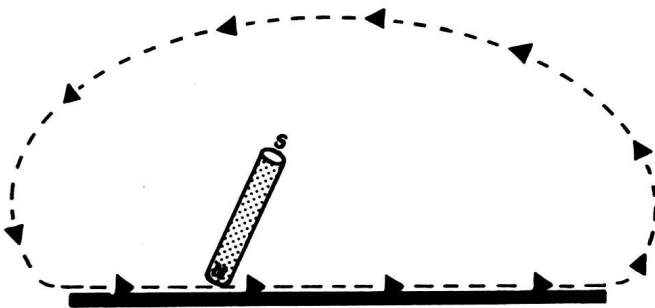


Abb. 66

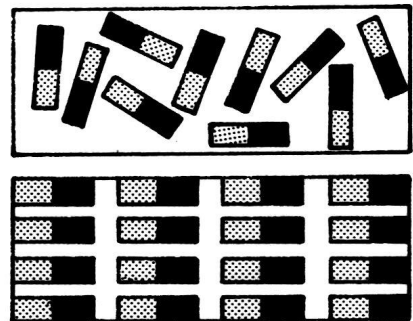


Abb. 67

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. 67). So geordnet, zeigen sie gemeinsam auch nach außen magnetische Kraft.

5.23. Magnetische Kraft wird gemessen

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. 67).

Beobachte, in welcher Höhe die magnetische Kraft wirksam, also die Nadel angezogen wird. Magnetisiere dann noch einmal den Stahlstab wie in Vers. 5.22. 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.

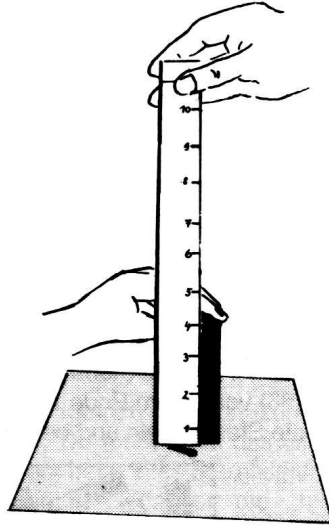


Abb. 68

5.24. Aus Eisenfeilspänen wird ein Magnet

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. 69) 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.

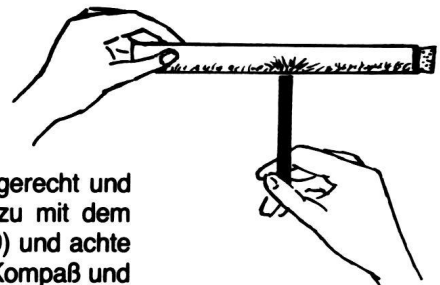


Abb. 69

5.25. Ein Magnet wird geteilt

Biege eine Büroklammer auseinander, so daß du ein möglichst gerades Drahtstück erhältst. Magnetisiere es wie in Versuch 5.22. 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.

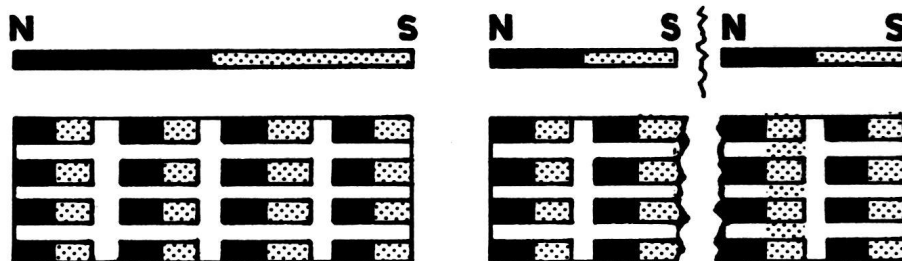


Abb. 70

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 5.22. und 5.24. 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. 70), so daß auf der einen Seite der Schnittstelle ein Südpol, auf der anderen ein Nordpol neu entsteht.

5.26. Zwei Magnetfelder wirken aufeinander

Lege die beiden Stabmagnete in die Rinnen des Styroporblocks deines Experimentierkastens (vergl. Versuch 5.12.). Die ungleichnamigen Pole sollen einander gegenüberliegen. Decke einen Bogen Briefpapier darüber und streue wieder Eisenfeilspäne darauf. Wiederhole dann den Versuch so, daß sich jetzt die gleichnamigen Pole gegenüberliegen. Beobachte, wie sich die Eisenteilchen jeweils anordnen!

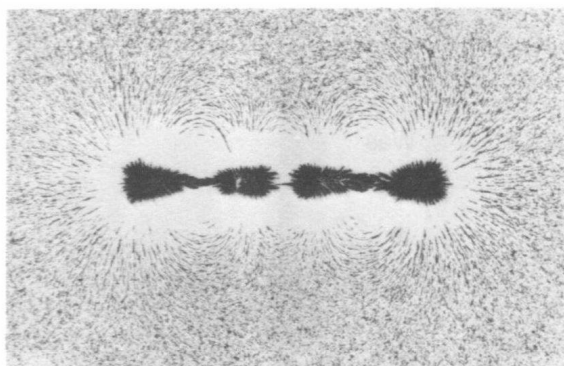


Abb. 71

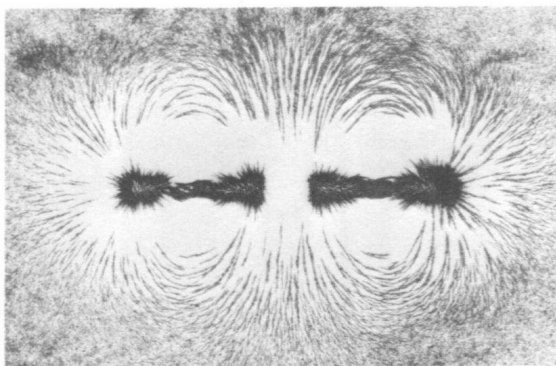


Abb. 72

Zwischen ungleichnamigen Polen streben die Kraftlinien von einem Pol zum anderen. Es entsteht ein gemeinsames magnetisches Feld (Abb. 71). Zwischen gleichen Polen werden die Kraftlinien gegeneinander abgedrängt. (Abb. 72).

5.27. Ein seltsames „Schiff“

Magnetisiere wie in Vers. 5.22. eine etwas größere Nähnadel und fette sie ein. Anschließend laß in einer mit Wasser gefüllten Schüssel ein Stück Löschpapier (ca. 6×3 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 Magnetrnadel: 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.

5.28. Magnetisch ferngesteuert

Falte dir aus einem Bogen Briefpapier ein Papierschiffchen, befestige daran eine Büroklammer. Setze es in eine mit Wasser gefüllte Schüssel (Abb. 73). 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.

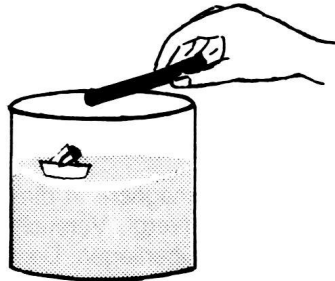


Abb. 73

5.29. Ein selbstgebauter Kompaß

Magnetisiere dazu wie in Versuch 5.22. 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. 74). Was beobachtest du?

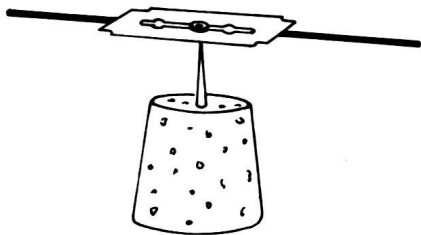


Abb. 74

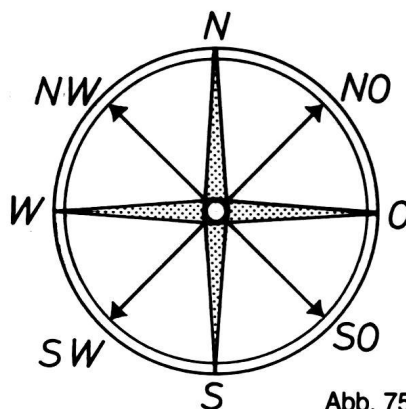


Abb. 75

Sogleich pendelt die aufgesetzte Rasierklinge hin und her. Sie ist zur Magnetrnadel 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. 75) zeichnen. Wenn du die Windrose unter den Kork klebst, hast du einen betriebsfähigen Kompaß erhalten.

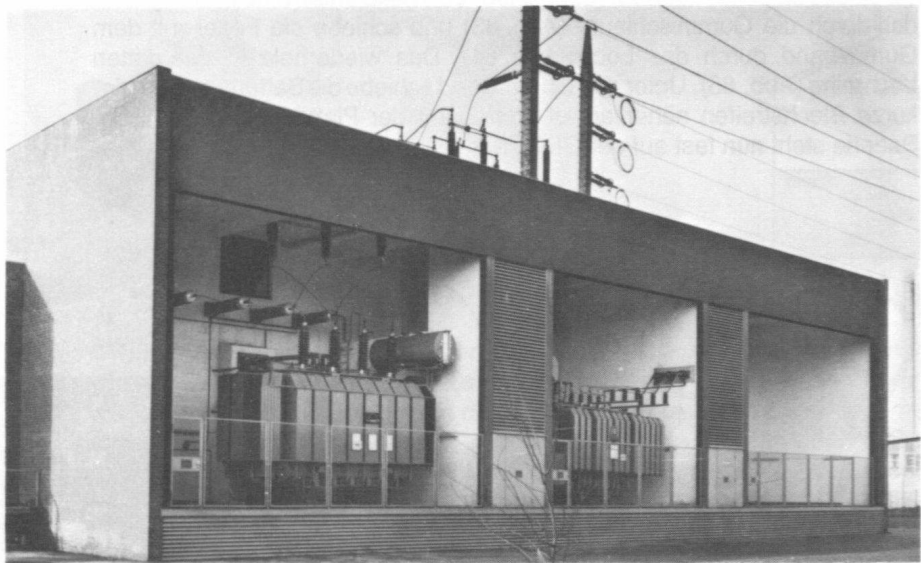
6. Elektrizität

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.



Umspannwerk, Werkfoto Hamburgische Electricitätswerke

Abb. 76

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. 77).

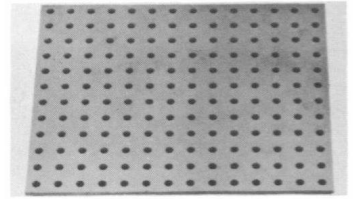


Abb. 77

Damit man auf dieser Grundplatte die Bauteile befestigen kann, werden die Haarnadelfedern (Abb. 78) und die Klemmfedern (Abb. 79) auf der Grundplatte zusammengesteckt.

Schiebe die Haarnadelfeder von unten durch das Loch (Abb. 80) und drücke sie zusammen. Dann stecke von oben die Klemmfeder darüber, bis sie einrastet (Abb. 81). Ein so zusammengestecktes Paar aus Haarnadelfeder und Klemmfeder heißt Klemme.

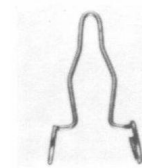


Abb. 78



Abb. 79

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

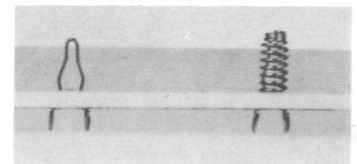


Abb. 80

Abb. 81

Fädele dann auf der linken Seite in der ersten Lochreihe das Gummiband durch das siebente Loch von oben (Abb. 82), hake unten eine Haarnadelfeder durch die Gummischlaufe (Abb. 83) und schiebe die Feder mit dem Gummiband durch das Loch (Abb. 84). Das wiederhole in der dritten Lochreihe (Abb. 85). Unter das Gummiband schiebe die Batterie so, daß der kurze Blechstreifen näher am oberen Rand der Platte ist (Abb. 86). Die Batterie steht nun fest auf der Grundplatte.

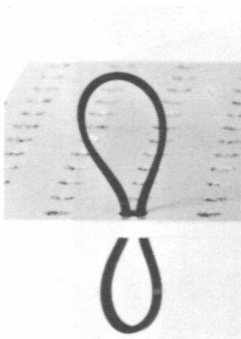


Abb. 82

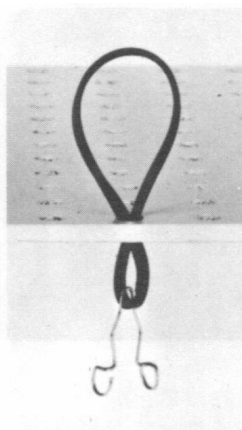


Abb. 83

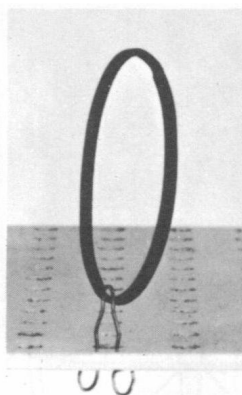


Abb. 84

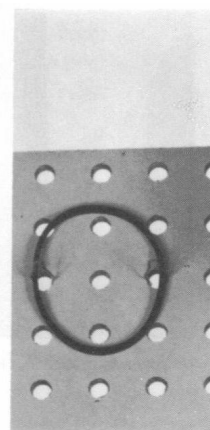


Abb. 85

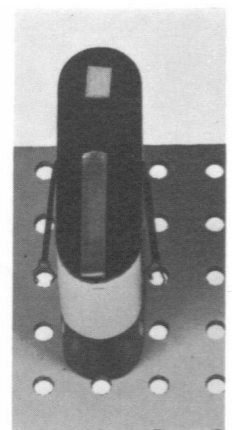


Abb. 86

6.1. Eine ganz einfache Lampe

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. 87–90 aus, wann die Lampe leuchtet!

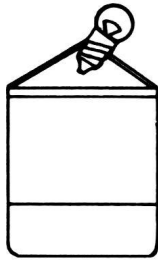


Abb. 87

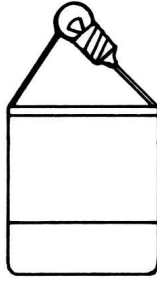


Abb. 88



Abb. 89

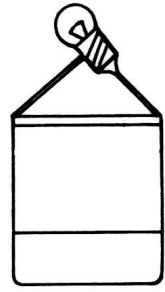


Abb. 90

Nur nach Abb. 90 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.

6.2. Etwas bequemer

Eine Lampe, wie du sie in Versuch 6.1. gebaut hast, ist sehr unhandlich. Wie leicht rutscht die Glühlampe von den Polen der Batterie ab! Deshalb sollst du sie fest in die Lampenfassung (Abb. 91) schrauben und nun versuchen, wann die Glühlampe leuchtet! Du mußt vorher die Anschlußlaschen an der Fassung umbiegen (Abb. 92)

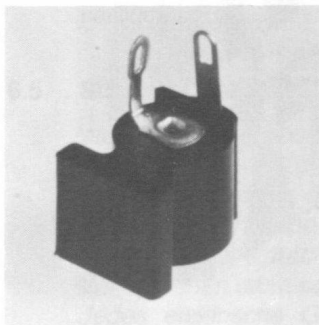


Abb. 91

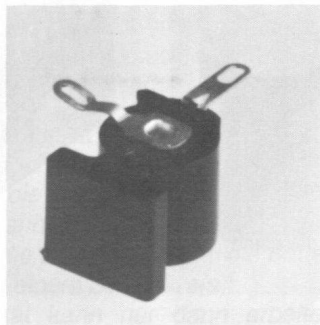


Abb. 92

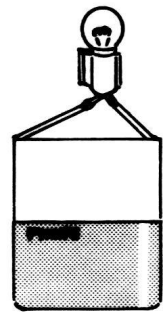


Abb. 93

Wenn die beiden Kontaktlaschen der Lampenfassung je einen Pol der Batterie berühren, leuchtet die Lampe auf (Abb. 93). Die eine Lasche der Fassung ist mit dem Fußkontakt der Glühlampe verbunden, die andere mit dem Gewindekontakt (Abb. 95). Alle Glühlampenfassungen haben diese beiden Kontakte. Die Laschen fehlen allerdings bei den meisten Fassungen; dafür sind Schraubklemmen für den Anschlußdraht vorhanden.



Abb. 94



Abb. 95

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



6.3. Eine selbstgebaute Leselampe

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. 96).

Schiebe dann die Kontaktlaschen der Lampenfassung unter die Haarnadelfedern an beiden Batteriepolen. Nun hält die Fassung so fest, daß sie nicht abfällt (Abb. 97). Damit ist deine Lampe schon fertig, und es kann dunkel werden. Beim Durchgang des elektrischen Stromes wird der Glühdraht in der Lampe so stark erhitzt, daß er weiß glüht und deshalb Licht aussendet.



Abb. 96



Abb. 97



Abb. 98

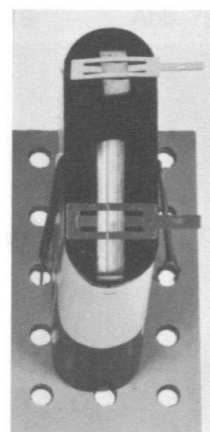


Abb. 99

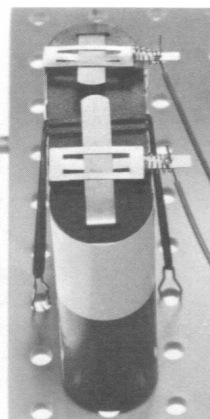


Abb. 100

6.4. Eine kleine elektrische Anlage

Die folgenden Versuche werden auf der Grundplatte aufgebaut. Wie die Batterie befestigt wird, ist bereits in den Abb. 82–86 beschrieben. Eine Verbindung zwischen der Batterie und den übrigen Bauteilen wird mit den beiden Batterie-Anschluß-Klemmen (Abb. 98) und rotem isoliertem Draht hergestellt.

Schiebe die Batterie-Anschlußklemmen auf die Pole der Batterie (Abb. 99). 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-Anschlußklemmen 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. 100). Schließe die Drähte an die Klemmen wie in Abb. 101 an. Dazu drückt man die Klemmfeder nieder und steckt den Draht durch die entstandene Öse (Abb. 102).

Die Abb. 101 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. 101 auf.

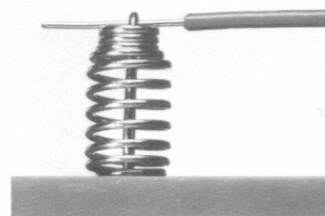


Abb. 102

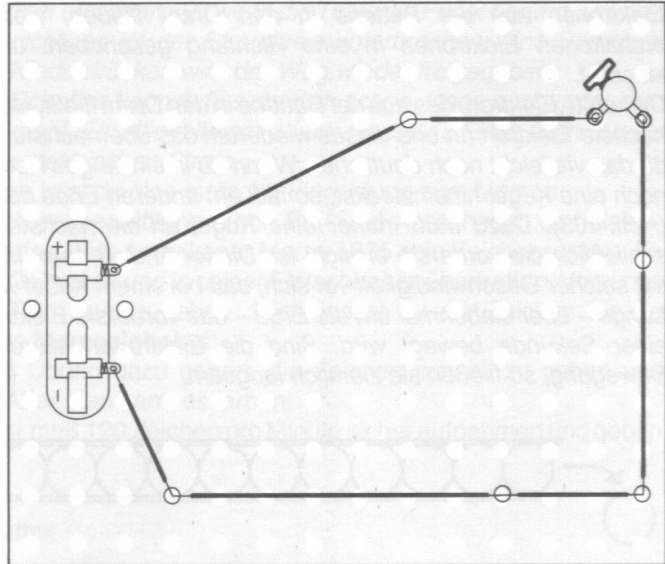


Abb. 101

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

6.5. Strom im Kreisverkehr

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.

6.6. Blitzschnell und doch langsam

Kannst du dir nun schon einen einfachen Stromkreis aufbauen? Wenn es dir nicht gleich gelingt, lies noch einmal Vers. 6.4. 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. 103). 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 300 000 km Länge – über siebenmal um die Erde – das vorderste Elektron schon nach einer Sekunde bewegt wird. Sind die Elektronen allerdings einmal in Bewegung, so fließen sie ziemlich langsam.

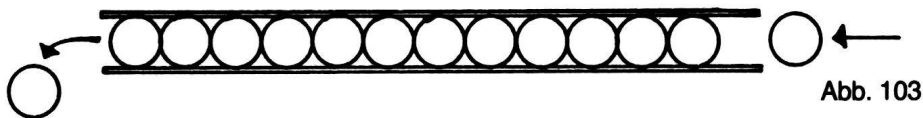


Abb. 103

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

Mehr darüber erfährst du in Vers. 6.53.

6.7. Eine Sperre für den Strom

Bisher war es stets sehr umständlich, deine Glühlampe zu löschen. Jetzt sollst du das einfacher haben. Befestige eine Taste (5015) mit zwei Klemmen. Durch die beiden Bohrungen der Taste werden von unten Haarnadelfedern gesteckt und Klemmfedern darübergeschoben (Abb. 104). Befestige rechtwinklig dazu – auch mit zwei Klemmen – den Einschaltkontakt (5145).

Stelle nun die Verbindungen zwischen den Klemmen mit Stücken isolierten Drahtes her (Abb. 105) und drücke die Taste nieder.

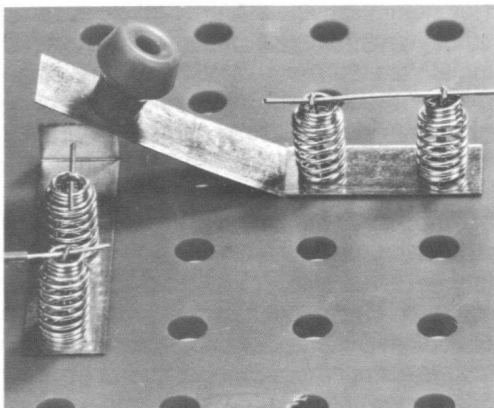


Abb. 104

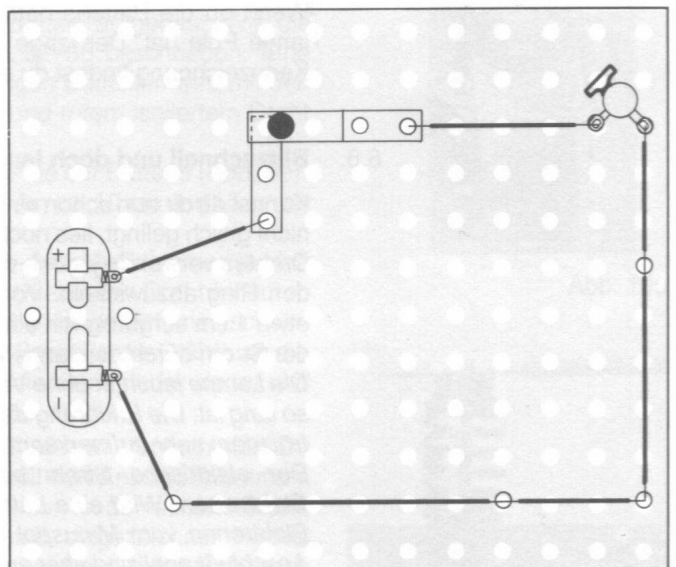


Abb. 105

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 die Feder berührt. Drückst du den Knopf nicht, so 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 also 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. Hier 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!

6.8. Auch ein Schalter

Mit einem Klingelknopf die Stubenbeleuchtung zu schalten, wäre eine unbequeme Angelegenheit: 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 und stelle die Drahtverbindungen her (Abb. 106).

Umschaltkontakt im Verdrahtungsplan:

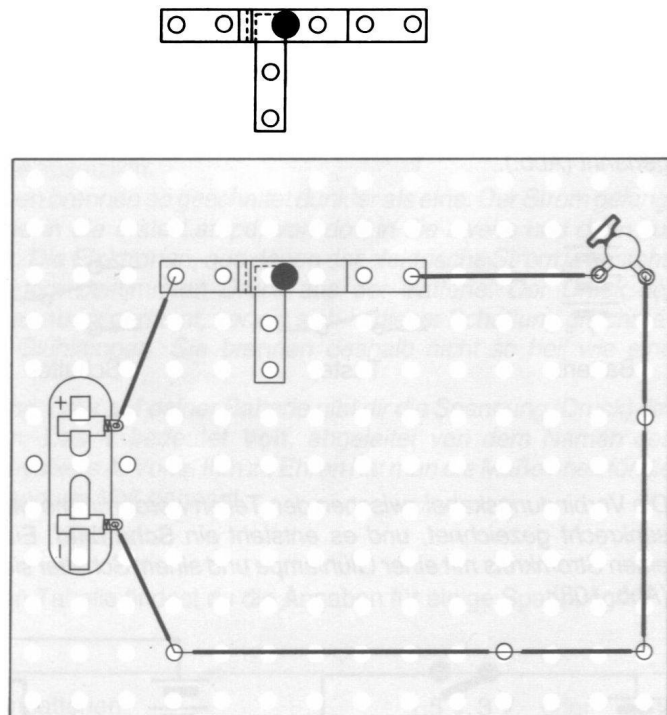


Abb. 106

Die Lampe leuchtet so lange, bis man die Taste drückt. Dann wird der Stromkreis unterbrochen.

Ein Schalter unterbricht oder schließt einen Stromkreis.

6.9. Abwechselnd

Dein Schalter kann mehr, als nur eine Glühlampe ein- und ausschalten. Um das herauszufinden, mußt du den Aufbau nach Abb. 107 ausführen. Kannst du dir denken, was geschieht, wenn du die Taste drückst bzw. losläßt? Versuche doch einmal den Stromkreis für jede Glühlampe anzugeben.

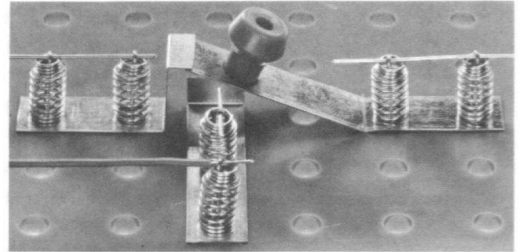
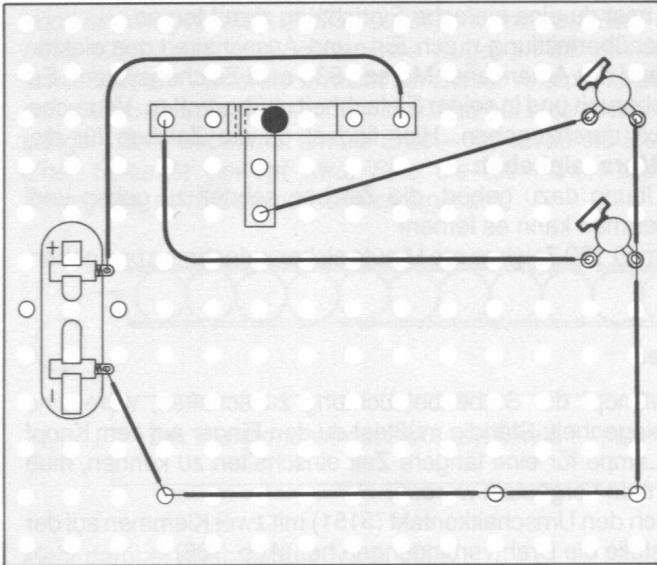
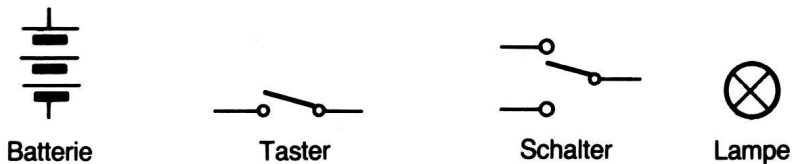


Abb. 107

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 (Abb.).



Die Verbindungskabel zwischen den Teilen werden immer waagrecht oder senkrecht gezeichnet, und es entsteht ein **Schaltbild**. Ein Schaltbild für einen Stromkreis mit einer Glühlampe und einem Schalter sieht dann so aus (Abb. 108):

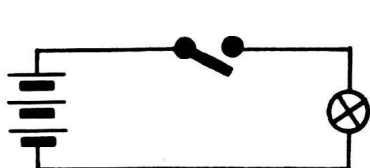


Abb. 108

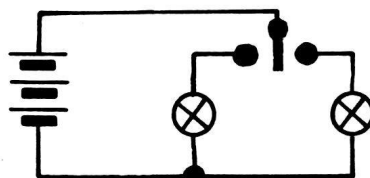


Abb. 109

Werden zwei Lampen abwechselnd geschaltet wie in diesem Versuch, so muß das Schaltbild erweitert werden (Abb. 109).

6.10. Zwei Lampen und eine Batterie

Daß deine Batterie zwei Lampen leuchten lassen kann, hast du schon in Vers. 6.9. gesehen. Nun sollst du genauer untersuchen, was sich dabei abspielt.

Befestige beide Glühlampenfassungen mit den Lampen auf einer Grundplatte wie in Abb. 110.

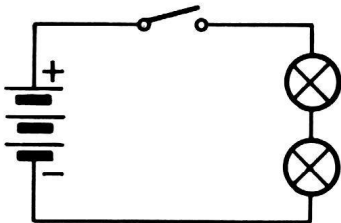


Abb. 111

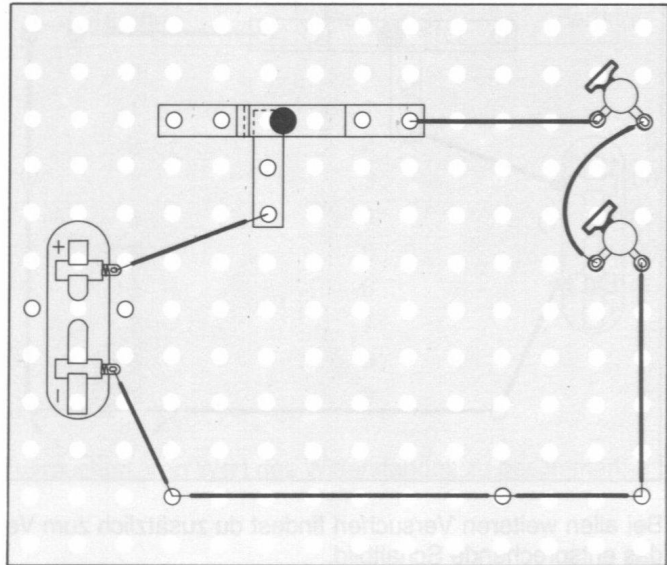


Abb. 110

Achte auf die Lampen, wenn der Stromkreis geschlossen ist! Nun drücke die zweite Taste zusätzlich.

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. 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

6.11. Ein Hindernis für den elektrischen Strom

Schalte eine Glühlampe mit einem Widerstand von $47\ \Omega$ (gelb, lila, schwarz, gold) in einen Schaltkreis nach Abb. 113. Achte auf die Helligkeit der Glühlampe. Überbrücke dann den Widerstand mit einem Kabel und beachte wieder die Glühlampe.

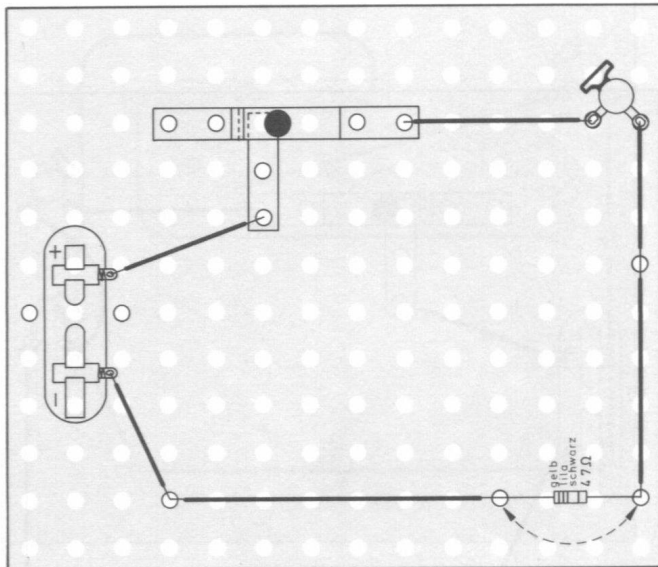


Abb. 113

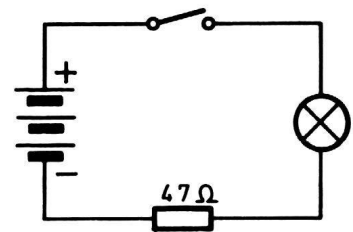


Abb. 114

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:

$$\begin{aligned} 1\ 000\ \Omega &= 1\ \text{k}\Omega \text{ (Kilo-Ohm)} \\ 1\ 000\ 000\ \Omega &= 1\ \text{M}\Omega \text{ (Meg-Ohm)} \end{aligned}$$

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. 112

Du mußt von links ablesen:

1. Farbring: gelb = 4
2. Farbring: lila = 7
3. Farbring: schwarz = keine Null (oder 0 Nullen)

Ergebnis: 47 Ohm

6.12. Widerstand und Lampe

Baue den Versuch nach Abb. 115 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.

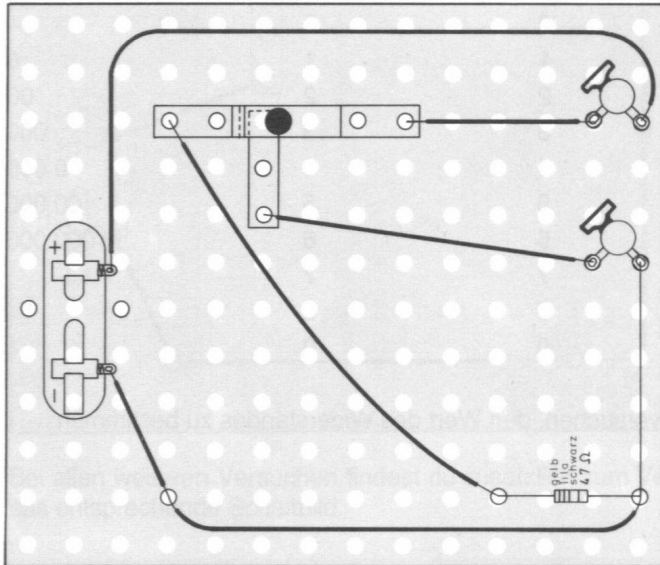


Abb. 115

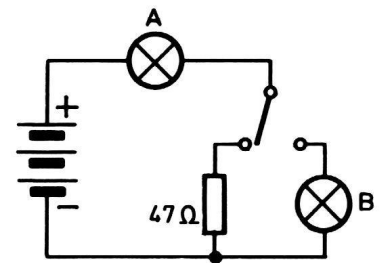


Abb. 116

6.13 Ein geschlossener Kreis ist wichtig

Baue dir noch einmal den Versuch 6.10 mit zwei Glühlampen auf. Löse dann eine Lampe in der Fassung. Drehe sie anschließend wieder fest und lockere dafür die andere. Was beobachtest du?

*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.

6.14. Licht im Treppenhaus

Bei einer Treppenhausbeleuchtung kommt es darauf an, daß dieselben Lampen von verschiedenen Stellen eingeschaltet werden können. Einen solchen Aufbau sollst du nun kennenlernen. Dazu benötigst du die zweite Taste. Baue dir dann die Versuchsordnung nach Abb. 117 auf. Kannst du das Schaltbild für diesen Aufbau zeichnen?

Die Schalter müssen bei diesem Versuch so in den Stromkreis eingebaut werden, daß jeder Schalter einen geschlossenen Stromkreis mit der Batterie und der Glühlampe bilden kann. (Abb. 118)

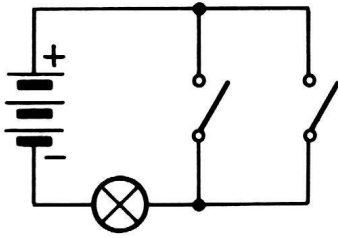


Abb. 118

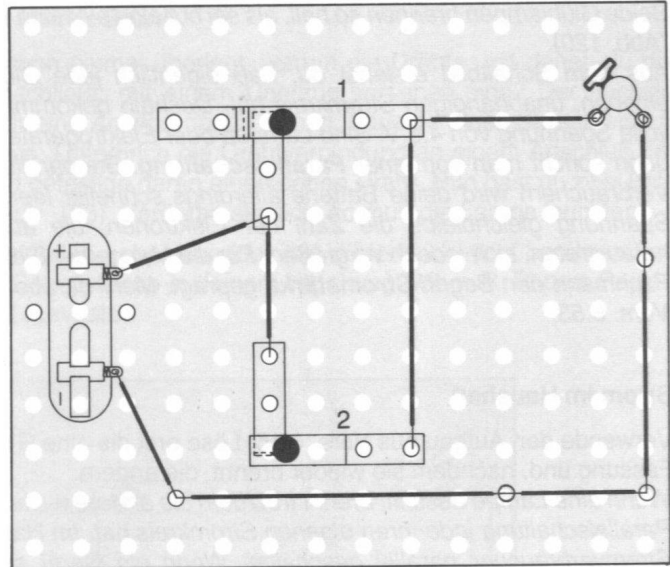


Abb. 117

Wird der Schalter 1 betätigt, so fließt der Strom von der Batterie durch den Schalter 1 und die Glühlampe zur Batterie zurück. Beim Niederdrücken des Schalters 2 dagegen ist der Stromkreis über diesen Schalter geschlossen. Sicherlich bereitet es dir nun keine Mühe mehr, das Schaltbild für die Beleuchtung in einem Treppenhaus mit mehreren Stockwerken zu zeichnen.

Im Gegensatz zu deinem Versuchsaufbau betätigst du bei einer Treppenhaus-Beleuchtung einen Zeitschalter, der nach einer bestimmten Zeit das Licht selbsttätig wieder ausschaltet.

6.15. Glühlampen parallel geschaltet

Dir ist jetzt sicher klar geworden, daß elektrische Geräte im Haushalt nicht in Reihe geschaltet sein können. Jedes ist nämlich für eine Spannung von 220 V ausgelegt, und das Haushaltsnetz liefert auch nur diese Spannung. Schalte die beiden Glühlampen nach Abb. 119 mit der Batterie zusammen. Du mußt bedenken, daß du für diesen Versuch nicht mit drei Anschlußdrähten auskommst, sondern mehr benötigst. Achte dann auf die Lampen! Kannst du das Schaltbild zeichnen?

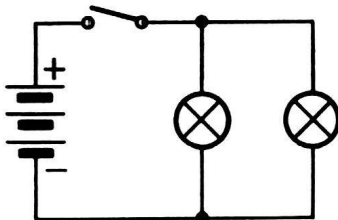


Abb. 120

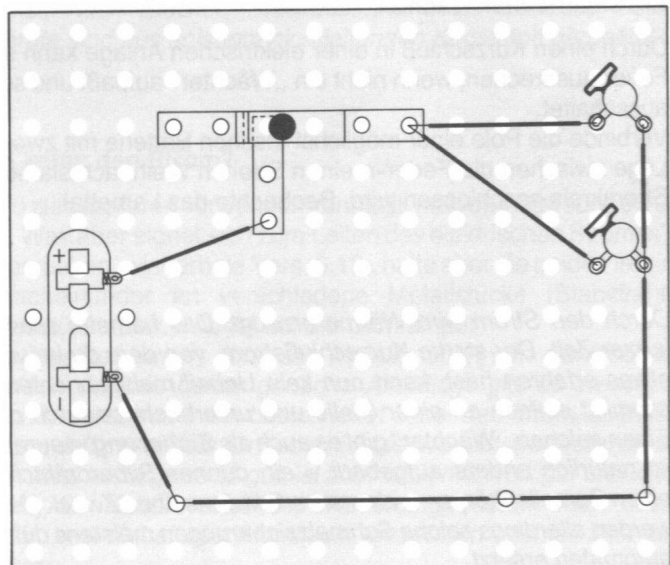


Abb. 119

Beide Glühlampen brennen so hell, als sei nur eine einzelne angeschlossen (Abb. 120).

Aus dem Schaltbild ersiehst du, daß eigentlich jede Glühlampe einen eigenen, unabhängigen Stromkreis hat. 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. Mehr darüber erfährst du im Vers. 6.53.

6.16. Strom im Haushalt

Verwende den Aufbau aus Vers. 6.15. Löse erst die eine Glühlampe in der Fassung und, nachdem sie wieder brennt, die andere.

Wenn eine Lampe ausfällt, brennt trotzdem die andere weiter, weil bei einer **Parallelschaltung** jede ihren eigenen Stromkreis hat. Im Haushalt sind alle Stromverbraucher parallel geschaltet. Wenn ein Gerät ausfällt, können trotzdem die anderen weiter benutzt werden. Bei einer Parallelschaltung ändert sich zwar nicht die Spannung, wohl aber die Stromstärke.

6.17. Kurzschluß

Baue dir einen einfachen Stromkreis mit einer Glühlampe auf (vgl. Versuch 6.4.). Nimm dann einen weiteren Anschlußdraht und halte die beiden blanken Enden kurzfristig an die beiden Kontaktfaschen 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. Denn der Weg durch den dicken Draht ist für den Strom bequemer als durch den sehr dünnen Glühfaden der Lampe. Das ist ein **Kurzschluß** (Abb. 121). 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.

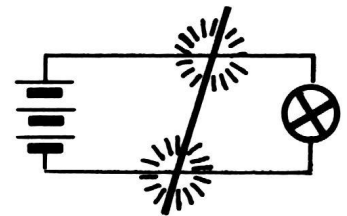


Abb. 121

6.18. Ein elektrischer Wächter

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 Feder-n einen Streifen Weihnachtslametta, so daß der Stromkreis geschlossen wird. Beobachte das Lametta!

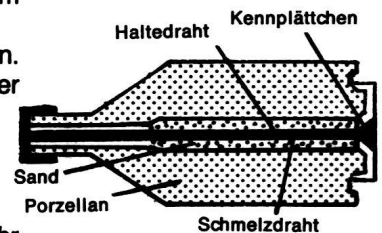


Abb. 122

Durch den Strom wird Wärme erzeugt. Das Lametta schmilzt nach sehr kurzer Zeit. Der starke Kurzschlußstrom, von dem du im vorigen Versuch etwas erfahren hast, 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. 122). Heute werden allerdings solche Schmelzsicherungen meistens durch Sicherungsautomaten ersetzt.

6.19 Es hat schon seinen Grund

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 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. 123). 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.

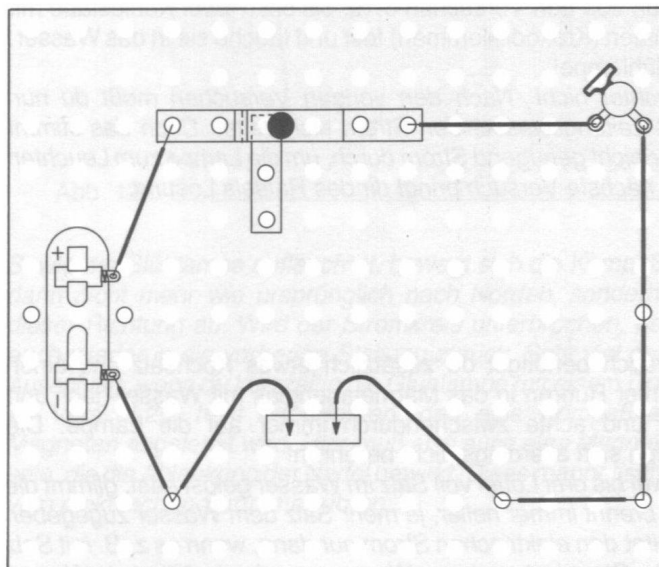


Abb. 123

*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.*

6.20. Welche Stoffe leiten den Strom?

Material, das du zum Isolieren verwenden könntest, hast du in Versuch 6.19. kennengelernt. Was aber eignet sich zum Leiten des elektrischen Stromes? Um das zu untersuchen, wiederhole Vers. 6.19., halte aber 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 für Kabel verwendet. Neuerdings nimmt man auch Aluminium dafür, weil Kabel aus Aluminium wesentlich leichter sind als solche aus Kupfer.*

6.21. Ein Außenseiter

Baue aus zwei alten 1,5-Volt-Batterien die Kohlestäbe aus. Untersuche einen davon wie in Versuch 6.19. bzw. 6.20., ob er den Strom leitet.

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.

6.22. Wie steht's mit dem Wasser?

Bisher hast du feste Stoffe daraufhin untersucht, ob sie den Strom leiten. Nun sollst du ausprobieren, wie sich Flüssigkeiten verhalten! Für diesen Versuch benötigst du ein Marmeladenglas voll Wasser. Klemme an den freien Drahtenden aus den Versuchen 6.19. bis 6.21. zwei Kohlestäbe mit den Abgreifklemmen (Krokodilklemmen) fest und tauche sie in das Wasser. Achte auf die Glühlampe!

Die Lampe leuchtet nicht. Nach den vorigen Versuchen mußst 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. Der nächste Versuch bringt dir des Rätsels Lösung.

6.23. Nun klappt es

Für diesen Versuch benötigst du zusätzlich etwas Kochsalz und einen Teelöffel. Gib unter Rühren in das Marmeladenglas mit Wasser nach und nach Kochsalz und 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.

6.24. Seife und Strom

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!)

6.25. Der Kompaß irrt

Baue dir die Versuchsanordnung nach Abb. 124 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.

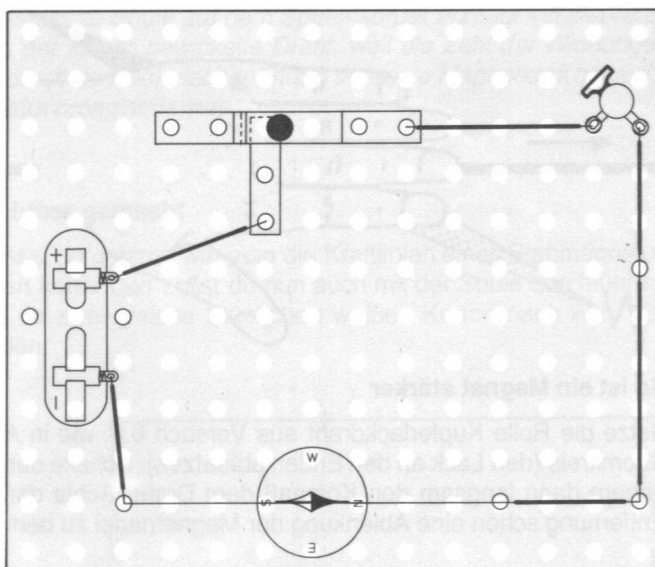


Abb. 124

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. Im Vers. 5.20. hast du 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.

6.26. Ohne Stromkreis geht es nicht

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 Kabel ein Magnetfeld.

6.27. Die Richtung ändert sich

Wiederhole Vers. 6.25. 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 herum bildet, auch einen Nordpol und einen Südpol besitzt.

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. 125).

Untersuche doch einmal, ob das bei dir auch stimmt!

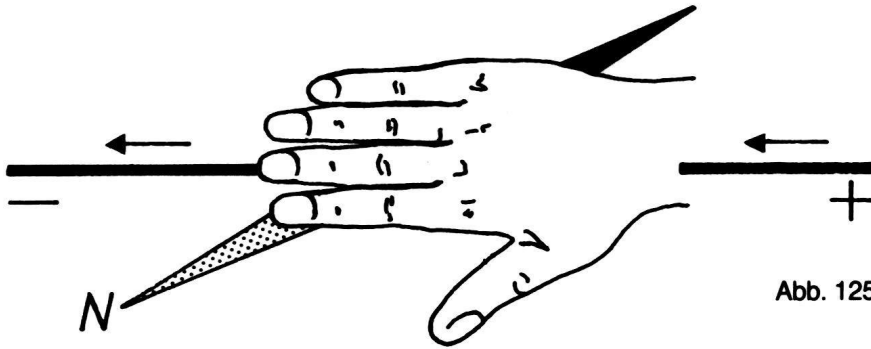


Abb. 125

6.28. So ist ein Magnet stärker

Setze die Rolle Kupferlackdraht aus Versuch 6.6. wie in Abb. 126 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!

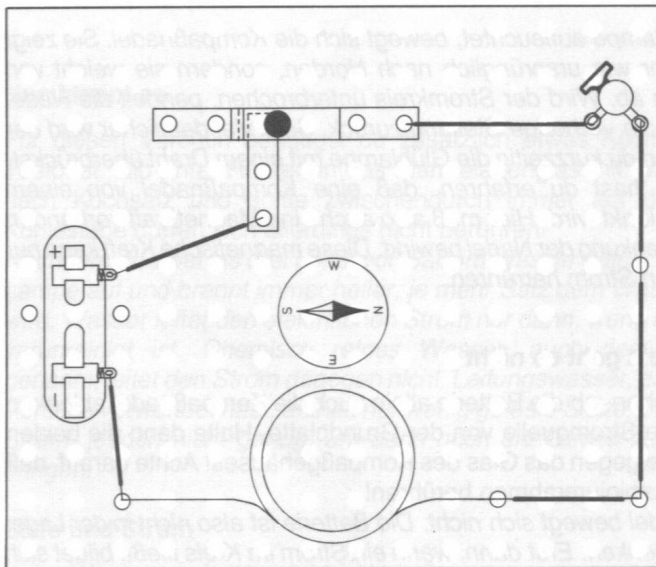


Abb. 126

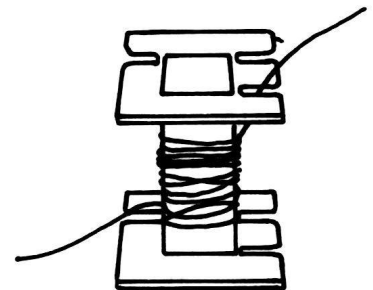


Abb. 127

Die Nadel bewegt sich schon, wenn du mit dem Kompaß noch einige cm entfernt bist. Bei einem aufgewickelten Draht, **Spule** genannt, ist die Magnetwirkung wesentlich stärker als bei einem einzelnen Kabel. Die Magnetfelder der einzelnen Windungen 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.

6.29. Eine selbstgewickelte Spule

Für die folgenden Versuche benötigst du eine besondere Spule. Wickle dazu den Kupferlackdraht aus dem vorigen Versuch sorgfältig um den Spulenkörper (5004), so daß eine Windung dicht neben der anderen liegt (Abb. 127).

Schalte deine Spule dann wie in Versuch 6.28. 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**.*

6.30. Kraftlinien sichtbar gemacht

In Vers. 5.12. hast du gelernt, wie 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. 128 zurechtschneiden.

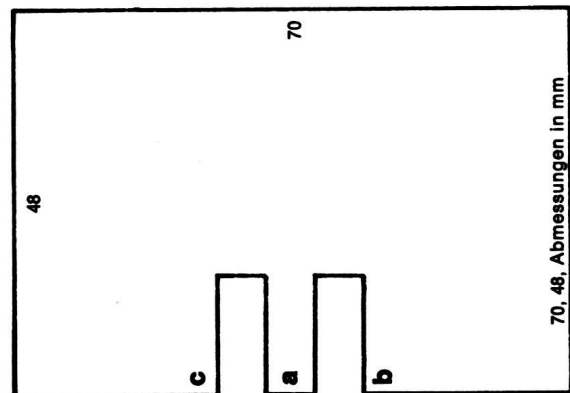


Abb. 128

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 (vgl. Vers. 5.26.). Auch hier führen die Kraftlinien von einem Pol zum anderen. Am stärksten ist das Magnetfeld im Inneren der Spule, wo die Linien „gebündelt“ verlaufen (Abb. 129).

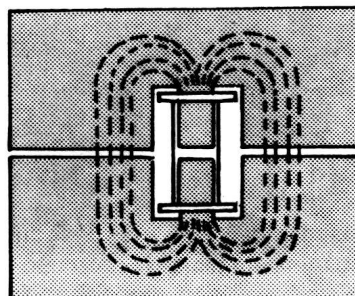


Abb. 129

6.31 Verstärkte Magnetwirkung

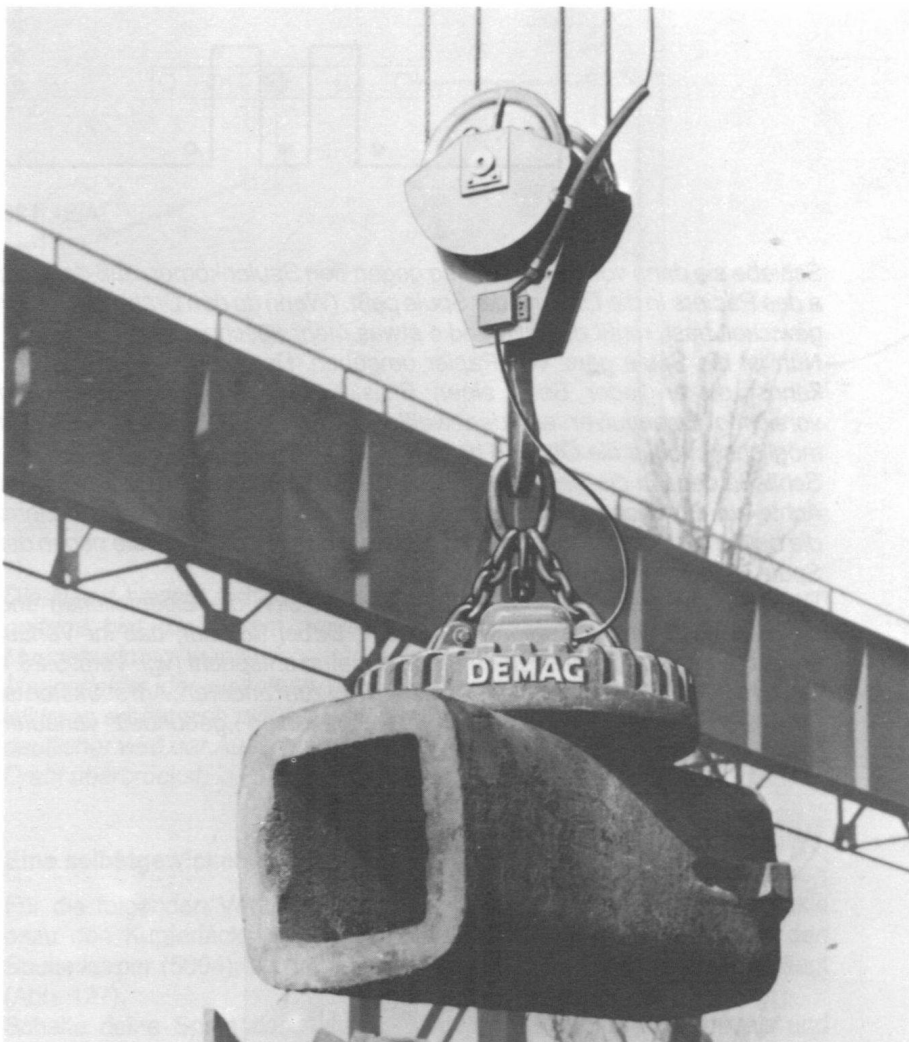
Durch einen ganz einfachen Trick kannst du die Wirkung deines Elektromagneten noch erhöhen. Lege den Kompaß in etwa 6–8 cm Entfernung neben die Spule, so daß die Nadel quer zur Spulenöffnung zeigt. Betätige die Taste und beobachte die Nadel. Schiebe nun langsam die Schloßschraube (5005) in die Spulenöffnung 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 (vgl. Vers. 5.22.) 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.

Eine stromdurchflossene Spule mit Eisenkern ist ein **Elektromagnet**. Die Kraft eines Elektromagneten läßt sich aus- und einschalten.



Elektrokran, Werkfoto Demag

Abb. 130

6.32. Elektrisch magnetisiert

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 Magnethnadel 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.

6.33. Ein Hebekran

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. 130). 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.

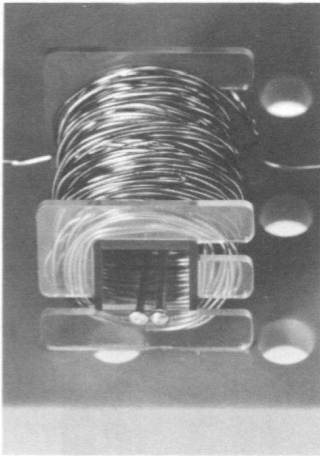


Abb. 131

6.34.

Der Klügere gibt nach

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. 131). 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.

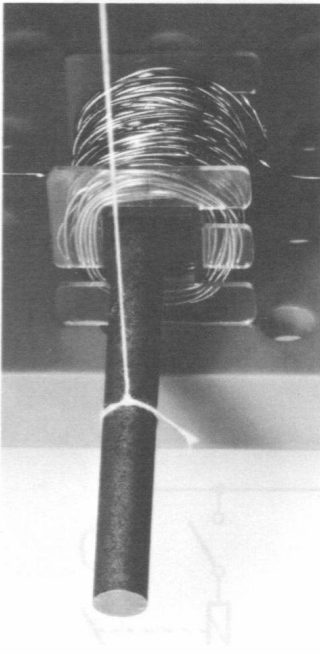


Abb. 132

6.35.

Eine Spule bewegt den Magneten

Die folgenden Versuche sollen dir zeigen, wie ein Elektromotor funktioniert. Verwende den Aufbau aus dem vorigen Versuch. Halte vor die Spulenöffnung einen Stabmagneten, der an einem Bindfaden hängt. Laß den Stabmagneten dicht vor der Spulenöffnung pendeln und betätige die Taste (Abb. 132).

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.

6.36. Auf die Polung kommt es an

Verwende die Anordnung aus Versuch 6.35. Vertausche aber 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.

6.37 Ein elektromagnetischer Schalter

Mit dem elektrischen Strom kann auch geschaltet werden. Um das auszuprobieren, schraube die Spule aus Vers. 6.29. mit der Schloßschraube und der Mutter auf der Grundplatte fest. Befestige unmittelbar neben der Spule den Summerkontakt (5150) mit Haarnadel- und Klammfedern, und auf der gegenüberliegenden Seite stecke von unten die lange Zylinderkopfschraube durch ein Loch der Grundplatte. Drehe beide Rändelmutter auf die Schraube und stecke den Anker ebenfalls darauf. Ziehe dann mit einer Mutter M4 den Anker (5149) fest, so daß er etwa 1 mm über dem Kopf der Schloßschraube steht und den Summerkontakt von unten berührt (Abb. 133).

Stelle die Anschlüsse wie in Abb. 134 her und betätige die Taste.

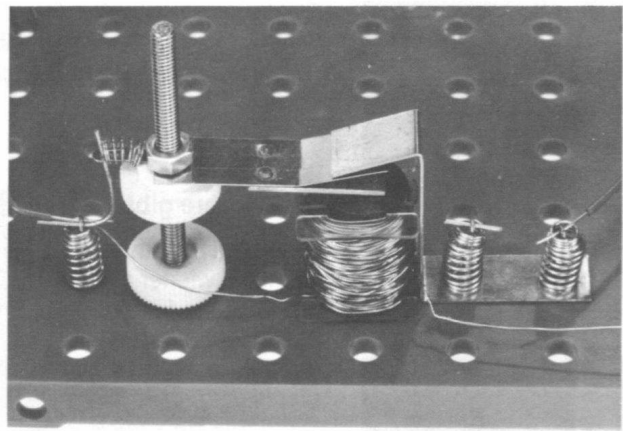
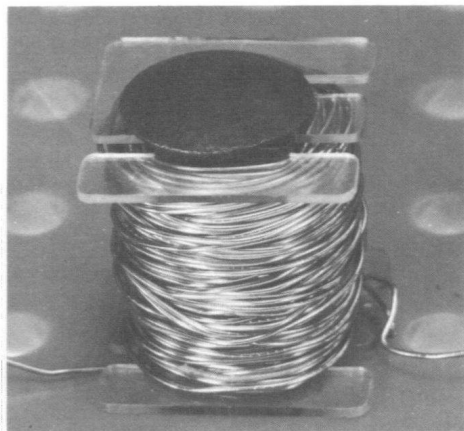


Abb. 133

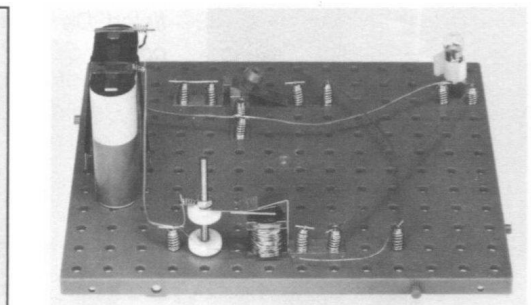
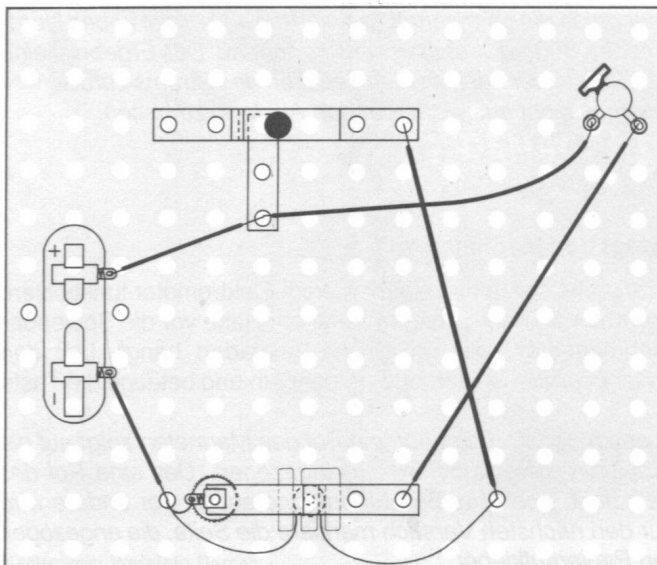


Abb. 134

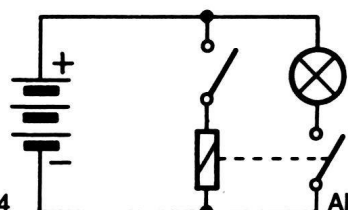


Abb. 135

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. 135). Eine solche Vorrichtung, bei der der Strom elektromagnetisch geschaltet wird, heißt **Relais**.

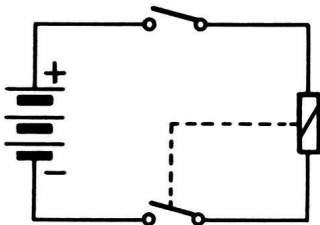


Abb. 137

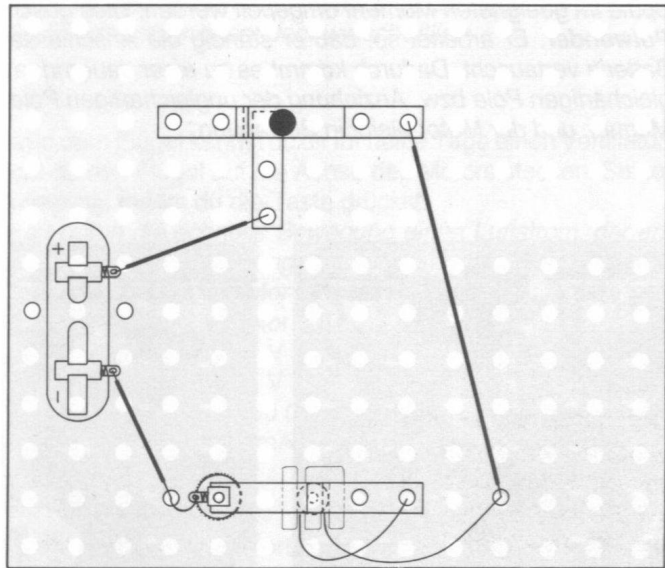


Abb. 136

6.38. Ein selbstgebauter Summer

Aus dem Relais, das du im Vers. 6.37. aufgebaut hast, läßt sich leicht ein richtiger Summer anfertigen.

Stelle dazu die Verdrahtung wie in Abb. 136 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 Federwirkung zurückschwingt. Nun ist der Stromkreis wieder geschlossen, und die Magnetwirkung setzt wieder ein. Diese Vorgänge wiederholen sich, so lange die Taste gedrückt wird.

Ein Unterbrecher wie in diesem Summer findet in allen Summern und Klingeln Verwendung.

6.39. Der Elektromotor

Befestige den Motor auf der Grundplatte. Stecke dazu von unten die Zylinderkopfschraube durch ein Loch der Grundplatte und drehe von oben eine Rändelmutter fest auf. Drehe die zweite Rändelmutter etwa 20 mm auf, stecke den Halter für Motor (5140) auch auf und drehe die Gewindemutter M4 wenige Umdrehungen fest. Schraube dann die zweite Rändelmutter von unten fest gegen den Halter (Abb. 138).

Der Motor wird seitlich in die Halterung eingeschoben (Abb. 139).

Schließe die Zuleitungen des Motors nach Abb. 140 an und drücke die Taste.

Der Motor setzt sich sofort in Bewegung. Die Glühlampe leuchtet erst hell auf und wird dann dunkler (besser erkennbar im abgedunkelten Zimmer). In den Versuchen 6.35. und 6.36. konntest du beobachten, daß ein Stabmagnet durch einen Elektromagneten (Spule) in Bewegung versetzt werden kann. Die Bewegung eines Elektromotors wird ebenfalls durch einen Magneten und eine Spule hervorgerufen. Der bewegliche Teil im Motor ist jedoch die Spule, die auf einer Welle montiert ist und sich zwischen feststehenden Dauermagneten dreht (Abb. 142).

Damit sich die ungleichartigen Pole des Elektromagneten (Drehspule) und des Dauermagneten nicht gegenseitig festhalten, muß der Strom durch die Spule im geeigneten Moment umgepolt werden. Dies geschieht durch den **Polwender**. Er arbeitet so, daß er ständig die Anschlüsse der Spule zur Batterie vertauscht. Dadurch kommt es zu einer dauernden Abstoßung der gleichartigen Pole bzw. Anziehung der ungleichartigen Pole von Spule und Magnet, und der Motor bleibt in Bewegung.

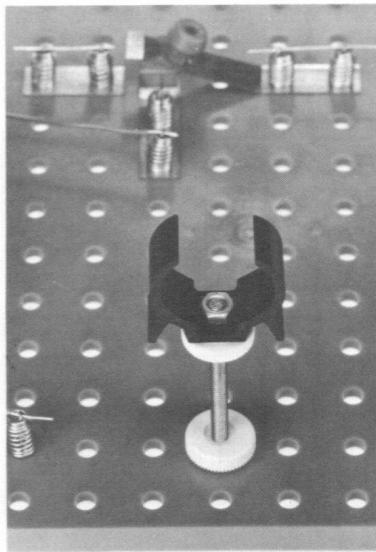


Abb. 138

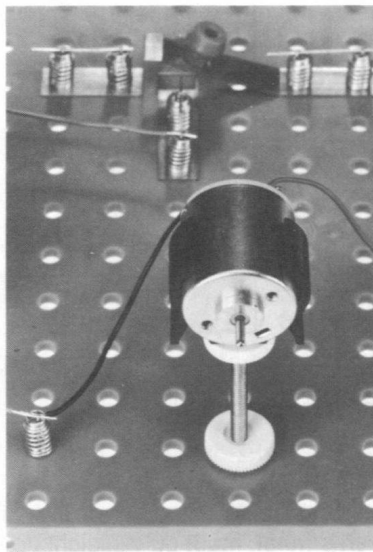


Abb. 139

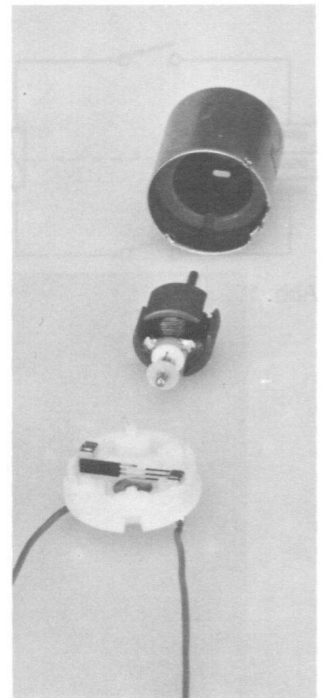


Abb. 141

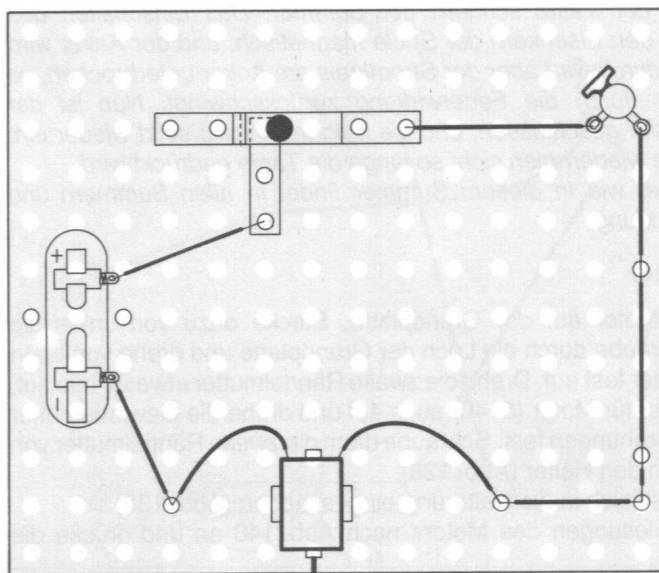


Abb. 140

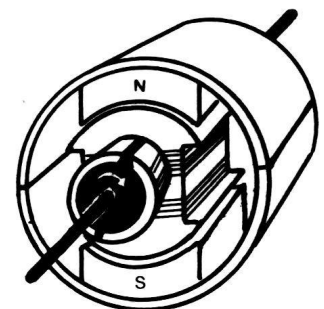


Abb. 142

6.40. Anlaufschwierigkeiten

Verwende den Aufbau aus Versuch 6.39. (Abb. 140) und halte die Motorachse zunächst fest. Betätige die Taste und laß den Motor langsam anlaufen. Achte dabei auf die Helligkeit der Glühlampe.

Die Glühlampe leuchtet anfangs sehr hell und wird nach dem Anlaufen des Motors dunkler. Auch beim Abbremsen ist diese Beobachtung zu machen. Beim Anlaufen des Motors müssen die Reibungskräfte überwunden werden. Dazu benötigt er Kraft, die er über eine höhere Stromaufnahme erzielt. Da die Glühlampe mit dem Motor in Reihe liegt, zeigt sie diesen erhöhten Stromfluß an. Der Versuch zeigt auch, daß ein Elektromotor bei größerer Leistung auch mehr Strom aufnimmt als im Leerlauf. Durch diese Anpassung ist der Elektromotor besonders wirtschaftlich.

6.41. Ein Ventilator

Aus dem Motor und dem Flügel kannst du dir für heiße Tage einen Ventilator bauen. Dazu mußt du den Flügel auf die Achse des Motors stecken. Setze den Motor in Bewegung, indem du die Taste drückst.

Der Flügel erzeugt durch die schnelle Bewegung einen Luftstrom, der an heißen Tagen als angenehme Kühlung empfunden wird. Willst du den Luftstrom umkehren, mußt du den Motor umpolen.

Hier noch einige Daten zu deinem Motor:

Maximale Betriebsspannung	: 4,5 V
Anlaufspannung	: 0,4 V
Umdrehungen/min	: 1000 (bei 0,5 V ohne Last)
Stromaufnahme	: 60 mA

6.42. Eine Motorsteuerung

Die Umdrehungszahl eines Elektromotors kann geregelt werden. Um das zu untersuchen, stelle den Aufbau nach Abb. 143 her. Achte auf die Geschwindigkeit des Motors, wenn die Taste gedrückt und wenn sie losgelassen wird. Beim Niederdrücken der Taste erhöht sich die Drehzahl des Motors, beim Loslassen verringert sie sich wieder.

Drückst du die Taste nicht, so ist nur ein Widerstand von $47\ \Omega$ mit dem Motor in Reihe geschaltet. Deshalb läuft der Motor langsamer. Erhält er dann mehr Strom, dreht er sich auch wieder schneller. Das ist der Fall, wenn beide $47\ \Omega$ -Widerstände parallel geschaltet sind.

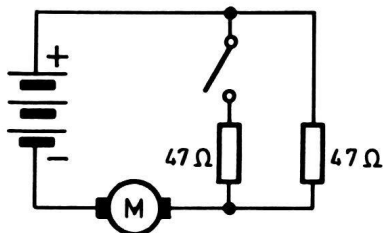


Abb. 144

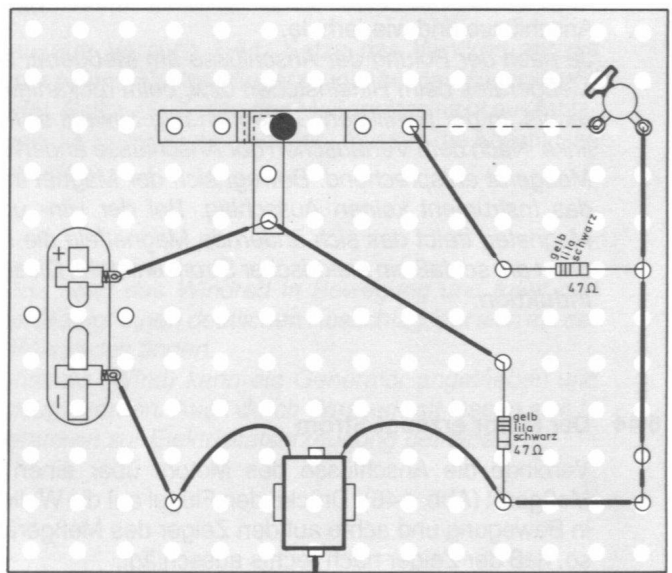


Abb. 143

Wenn man einen Motor mit einem Widerstand regeln will, nimmt man allerdings keinen Festwiderstand, sondern einen veränderbaren. Dann kann die Drehzahl in weiten Bereichen geändert werden. Ein solcher Widerstand ist z. B. im Fahrtrafo einer elektrischen Spielzeugeisenbahn untergebracht.

Schaltest du zusätzlich die Lampe ein (gestrichelte Linie), wird besonders deutlich daß sich die Helligkeit der Lampe mit der Belastung des Motors ändert – Motor mit der Hand bremsen.

6.43. Stromerzeugung

Bei diesem Versuch setzt du zum ersten Male das Meßgerät (1218) ein. Zum Befestigen des Meßwerks auf der Grundplatte wird der Pultsockel (1256) benötigt. Darauf klemmt man zunächst ein Stück doppelseitiges Klebeband und drückt dann – die beiden Zapfen auf der Rückseite müssen in die vorstehenden Führungen passen – das Meßwerk fest auf den Sockel. Es empfiehlt sich, dann zunächst die Anschlußdrähte mit Spiralfedern am Meßwerk zu befestigen. Dabei sollten die Drähte ebenso gekennzeichnet werden wie neben den Lötösen im Meßwerk, nämlich mit Minus- und Pluszeichen.

Die Befestigung des Pultsockels auf der Grundplatte erfolgt in der bekannten Weise mit Haarnadel- und Klemmfedern.

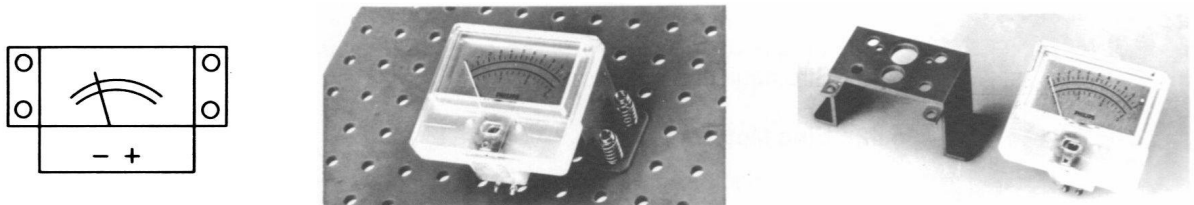


Abb. 145

Es handelt sich um ein sehr empfindliches Instrument und darf deshalb nur entsprechend den Versuchsanleitungen eingesetzt werden. Schließe es **niemals direkt an eine Batterie** an. Eine genaue Beschreibung seiner Wirkungsweise erfolgt ab Versuch 6.52.

Verbinde die Anschlüsse der Spule aus Versuch 6.35. mit dem Meßgerät. Schiebe dann einen Stabmagneten in die Öffnung der Spule, verharre einen Augenblick und ziehe dann ruckartig wieder heraus. Vertausche die Anschlüsse und wiederhole.

*Je nach der Polung der Anschlüsse am Meßgerät, schlägt der Zeiger des Meßgerätes beim Hineinstoßen bzw. beim ruckartigen Herausziehen nach rechts. In der jeweiligen Gegenrichtung bewegt sich die Zeigernadel nach links. Nach dem Vertauschen der Anschlüsse ändert sich der Ausschlag am Meßgerät entsprechend. Bewegt sich der Magnet in der Spule nicht, zeigt das Instrument keinen Ausschlag. Bei der Hin- und Herbewegung des Magneten treibt das sich ändernde Magnetfeld die Elektronen im Spulendraht an, so daß ein elektrischer Strom entsteht. Diesen Vorgang nennt man **Induktion**.*

6.44 Der Motor erzeugt Strom

Verbinde die Anschlüsse des Motors über einen Widerstand mit dem Meßgerät (Abb. 146). Drücke den Flügel auf die Welle des Motors, setze ihn in Bewegung und achte auf den Zeiger des Meßgerätes. Drehe den Flügel so, daß der Zeiger nach rechts ausschlägt.

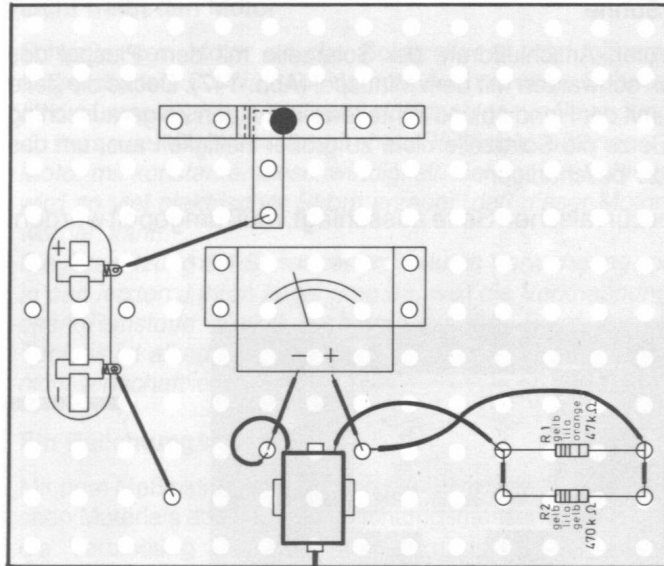


Abb. 146

Wird die Welle des Motors in Bewegung versetzt, zeigt das Meßgerät einen Ausschlag.

In der sich drehenden Spule des Motors werden Elektronen durch die Kraftfelder der feststehenden Dauermagnete angetrieben. Durch Induktion entsteht also ein Strom. In diesem Fall wird Bewegung in elektrischen Strom umgewandelt. Eine Anlage, die auf diese Weise Strom erzeugt, heißt Generator. Im Versuch 6.43. änderten sich ständig die Stärke und Richtung des erzeugten Stromes. Durch den Polwender im Motor ist hier die Stromrichtung gleichbleibend. Es entsteht ein Gleichstrom.

Am bekanntesten ist dir sicher der Fahrrad-Dynamo, bei dem mit Bewegungsenergie – Antrieb durch das Rad – elektrischer Strom erzeugt wird. Die großen technischen Generatoren im Elektrizitätswerk werden durch Turbinen angetrieben. Man kann also sagen: Der Motor wandelt elektrische Energie in Bewegungsenergie um, der Generator wandelt Bewegungsenergie in elektrische Energie um.

6.45. Strom durch Windkraft

Verwende den Aufbau aus Versuch 6.44. Setze das Windrad auf die Antriebsachse. Blase mit einem Fön als Winderzeuger auf das Windrad und beobachte das Meßgerät. Sollte der Zeiger des Meßgerätes nicht ausschlagen, sondern sich gegen die Nullstellung bewegen, müssen die Anschlüsse am Motor vertauscht werden.

Der Luftstrom des Föns setzt das Windrad in Bewegung und treibt den Generator. Das Meßgerät zeigt einen deutlichen Ausschlag, der sich mit der Geschwindigkeit des Windrades ändert.

Mit einem starken Luftstrom (Wind) kann ein Generator angetrieben und elektrischer Strom erzeugt werden. Auch durch Wasserkraft lassen sich in ähnlicher Weise Generatoren zur Elektrizitätserzeugung betreiben.

6.46. Energiequelle Sonne

Verbinde den roten Anschlußdraht der Solarzelle mit dem Pluspol des Meßgerätes, den schwarzen mit dem Minuspol (Abb. 147). Decke die Zelle dann kurzzeitig mit der Hand ab und achte jeweils auf den Zeigerausschlag am Meßgerät. Setze die Solarzelle nicht zu großer Helligkeit aus, um das Meßgerät nicht zu beschädigen.

Falls der Zeiger zur falschen Seite ausschlägt, muß umgepolt werden.

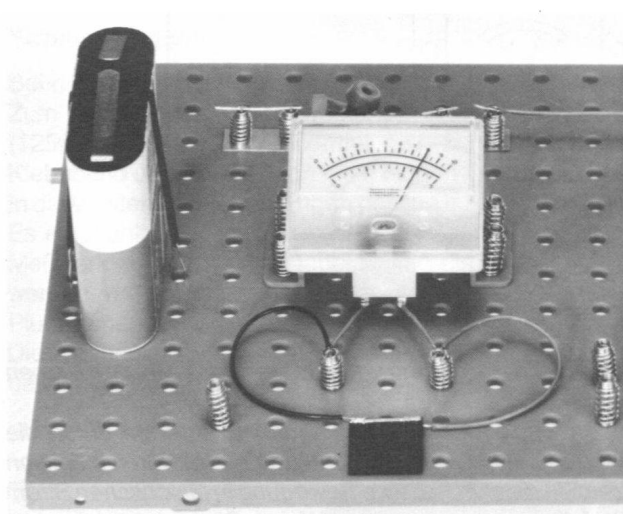


Abb. 147

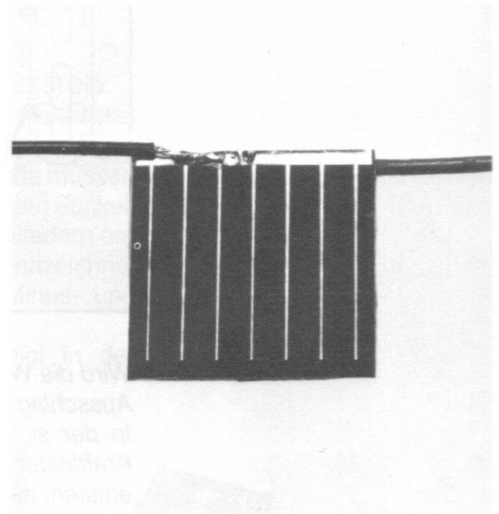


Abb. 148

Sofort nach dem Anschluß an die Solarzelle ist am Meßgerät ein deutlicher Zeigerausschlag zu beobachten. Beim Abdecken der Zelle mit der Hand fällt der Zeiger je nach Lichtabschirmung gegen die Ausgangsstellung zurück. Durch das lichtempfindliche Material einer Solarzelle ist es möglich, die Strahlungsenergie des Lichtes direkt in elektrischen Strom umzuwandeln. Bei den Versuchen kann Sonnenlicht (Tageslicht) durch künstliches Licht einer Glühlampe ersetzt werden, um über Solarzellen elektrischen Strom zu erzeugen.

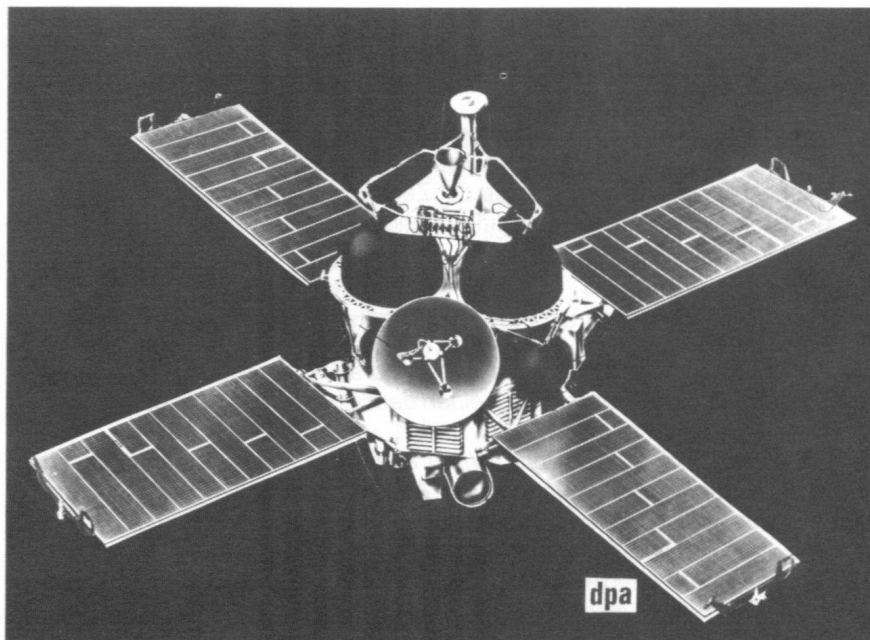


Abb. 149

Mariner Raumsonde mit Solarzellen auf den Flügeln

6.47. Licht treibt den Motor

Schließe den Motor an die Solarzelle an und nähere der Zelle eine eingeschaltete 60-Watt-Glühlampe. Auch direktes Sonnenlicht reicht aus. Ist die Lampe nahe genug, setzt sich der Motor in Bewegung. Eventuell muß du ihn an der Welle etwas andrehen. Bei gleichbleibendem Abstand läuft der Motor mit konstanter Geschwindigkeit. Bei der Bestrahlung der Solarquelle wird so viel elektrischer Strom erzeugt, daß dieser Motor damit betrieben werden kann.

Die Ausnutzung der Sonnenenergie durch Verwendung von Solarzellen hat in den letzten Jahren zugenommen, weil die Verknappung der herkömmlichen Rohstoffe (Erdöl) Probleme aufwirft. Beim derzeitigen Stand der Technik ist allerdings eine allgemeine Stromversorgung durch Solarzellen nicht wirtschaftlich.

6.48. Ein Belichtungsmesser

Mit dem Meßinstrument läßt sich die Solarzelle aufgrund des lichtempfindlichen Materials auch gut als Belichtungsmesser verwenden. Schalte dazu in die Verbindung Solarzelle-Meßinstrument einen Widerstand von 470Ω (Abb. 150). Miß die Lichtintensität zu verschiedenen Tageszeiten und in unterschiedlich beleuchteten Räumen. Der Zeigerausschlag am Meßgerät ist ein Maß für die jeweilige Helligkeit.

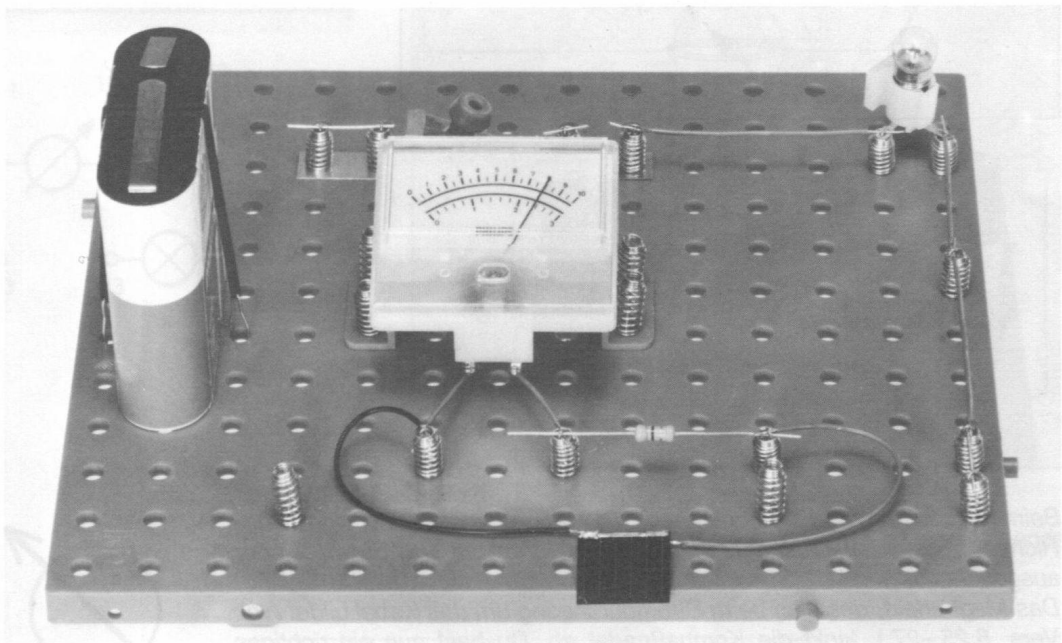


Abb. 150

Allgemein wird die Beleuchtungsstärke in Lux (lx) gemessen. Hier einige Werte:

Sonnenlicht im Sommer	100 000 lx
Sonnenlicht im Winter	10 000 lx
Bedeckter Himmel im Sommer	5 000 – 20 000 lx
Bedeckter Himmel im Winter	1 000 – 2 000 lx
Vollmondnacht	0,2 lx

6.49 Ein Galvanometer

Wickle um den Kompaß 1 m Spulendraht aus Vers. 6.43. so auf, daß der Draht von Nord-Ost nach Süd-West auf der Windrose verläuft. Schneide den Rest des Drahtes nicht ab (Abb. 151). Schließe diese Spule dann mit einer Glühlampe und der Batterie in einen Stromkreis. Drehe den Kompaß so, daß die Magnetnadel genau in Nord-Süd-Richtung verläuft. Schalte den Strom ein und achte auf die Nadel. Merke dir, wie weit sie ausschlägt.

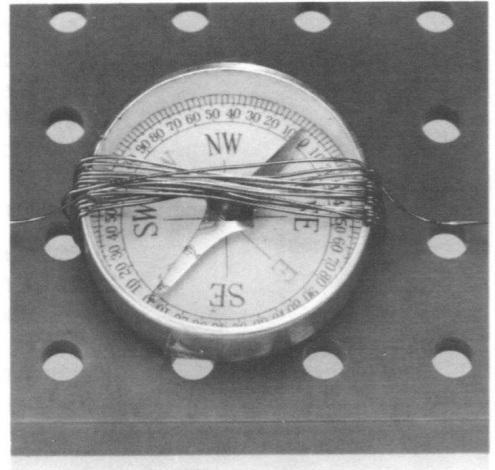
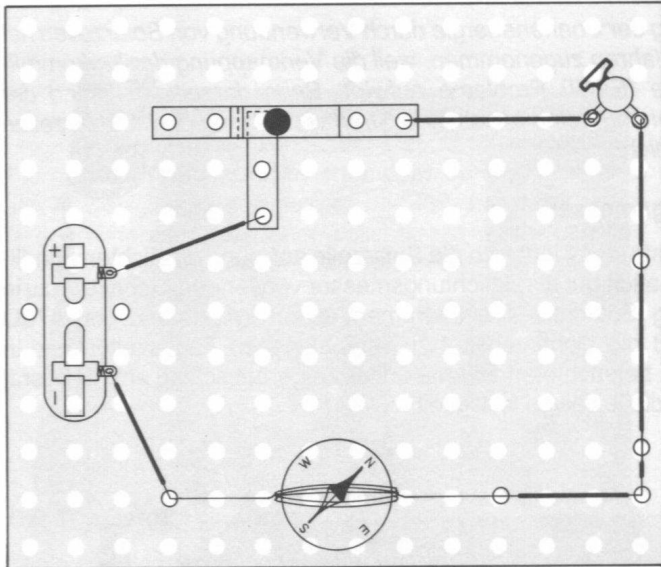
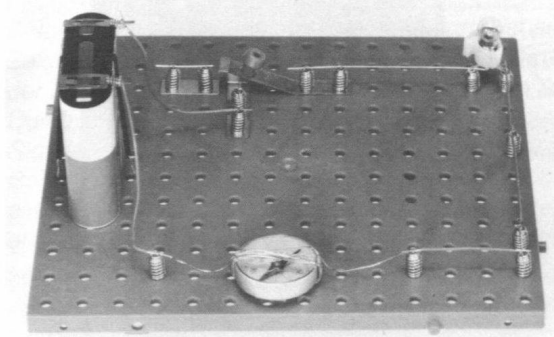
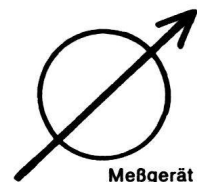


Abb. 151



Beim Einschalten des Stromes pendelt die Magnetnadel aus der Nord-Süd-Richtung. Sie bleibt solange in dieser Stellung, bis der Strom wieder ausgeschaltet wird.

Das Magnetfeld, das sich beim Stromdurchgang um das Kabel bildet (vgl. Vers. 6.25.–27.), lenkt die Kompaßnadel ab. Du hast nun ein richtiges Meßgerät, das dir zeigt, wann ein Strom fließt. Ein solches Meßgerät heißt **Galvanometer**. Das Schaltzeichen für ein Meßgerät sieht so aus:



6.50 Der elektrische Strom wird gemessen

Um die Ablenkung der Magnetnadel genauer zu untersuchen, baue die Versuchsanordnung nach Abb. 152 mit 2 parallelgeschalteten Glühlampen auf. Löse dann eine Glühlampe aus ihrer Fassung und beobachte die Magnetnadel.

Wenn beide Lampen eingeschaltet sind, schlägt die Magnetnadel stärker aus. Der stärkere Strom, der dann im Stromkreis fließt, erzeugt auch ein stärkeres magnetisches Feld. Die Ablenkung der Magnetnadel ist darum ein Maß für die Stärke des Stromes und kann zur Messung von elektrischen Strömen dienen.

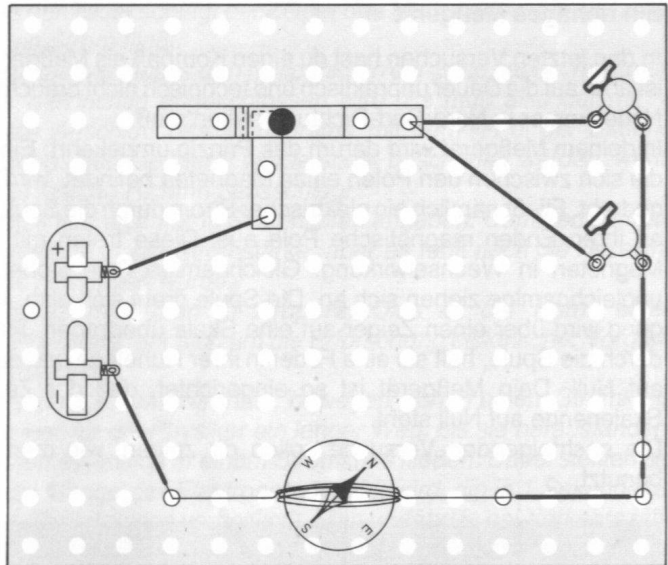


Abb. 152

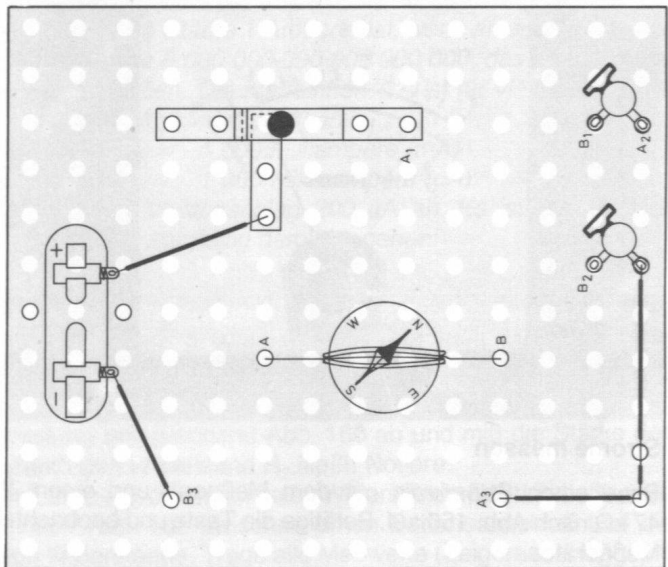


Abb. 153

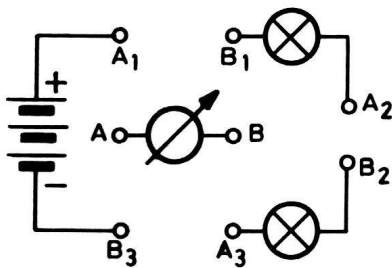


Abb. 154

6.51. Überall gleicher Strom

Baue den Versuch nach Abb. 153 auf. Stelle nacheinander folgende Verbindungen her und beobachte den Ausschlag der Magnetnadel:

	Galvanometer	Drahtbrücken von	
1.	A an A ₁ B an B ₁	A ₂ nach B ₂	A ₃ nach B ₃
2.	A an A ₂ B an B ₂	A ₁ nach B ₁	A ₃ nach B ₃
3.	A an A ₃ B an B ₃	A ₁ nach B ₁	A ₂ nach B ₂

Der Zeiger des Galvanometers schlägt an jeder Stelle des Stromkreises gleich aus.

In einem einfachen Stromkreis ist der Strom an allen Punkten gleich.

6.52. Ein richtiges Meßgerät

In den letzten Versuchen hast du einen Kompaß als Meßgerät benutzt. Das ist aber auf die Dauer unpraktisch und technisch nicht brauchbar, da man die Nadel immer in Nord-Süd-Richtung halten muß.

In deinem Meßgerät wird darum das Prinzip umgekehrt: Eine kleine Spule, die sich zwischen den Polen eines Magneten befindet, wird aus ihrer Lage gedreht. Fließt nämlich ein elektrischer Strom durch die Spule, so bilden sich an ihren Enden magnetische Pole aus. Diese treten mit den Polen des Magneten in Wechselwirkung: Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige ziehen sich an. Die Spule dreht sich also. Ihre Drehbewegung wird über einen Zeiger auf eine Skala übertragen. Fließt kein Strom durch die Spule, hält sie eine Feder in ihrer Ruhelage und damit den Zeiger auf Null. Dein Meßgerät ist so eingerichtet, daß der Zeiger am linken Skalenende auf Null steht.

Die nachfolgenden Versuche sollen dir zeigen, wie man das Meßgerät benutzt.

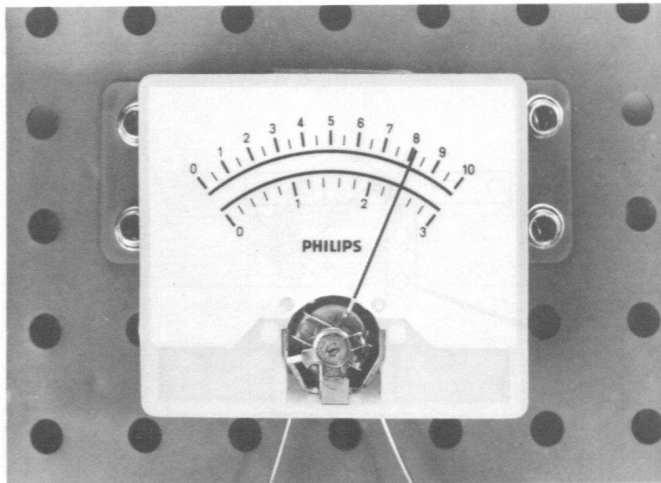


Abb. 155



6.53. Ströme messen

Baue einen Stromkreis mit dem Meßgerät und einem Widerstand von $47\text{ k}\Omega$ nach Abb. 156 auf. Betätige die Taste und beobachte den Zeiger des Meßgerätes.

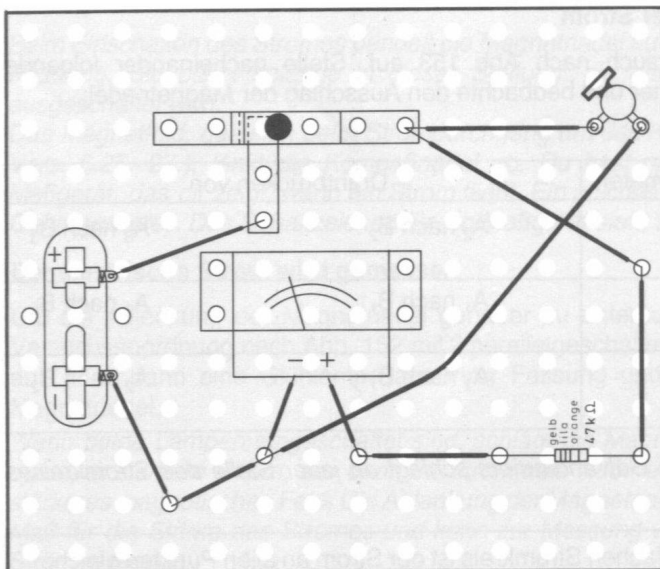


Abb. 156

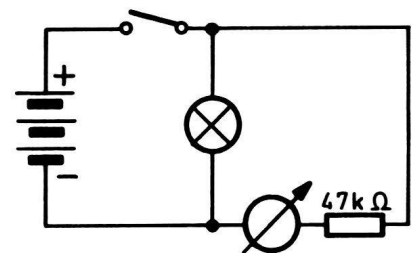


Abb. 157

Beim Betätigen der Taste schlägt der Zeiger des Meßgerätes aus und zeigt damit an, daß ein Strom fließt.

Bei Meßgeräten, die wie dieses den Nullpunkt an der Seite haben, muß man darauf achten, daß richtig angeschlossen wird. Es muß also der mit + gekennzeichnete Anschluß des Meßgerätes mit dem +Pol der Batterie verbunden werden. Das Meßgerät würde sonst beschädigt werden, wenn der Zeiger in die falsche Richtung ausschlägt.

Das Meßergebnis läßt sich nur in Skalenteilen angeben. Damit erhält man zwar eine Aussage über die Stromstärke, aber es fehlt noch die Bezeichnung dafür, was gemessen wurde.

Elektrische Ströme mißt man in **Ampere**. Dies ist der Name eines französischen Physikers, der sich um die Erforschung elektrischer Vorgänge verdient gemacht hat.

Wie du im Versuch 6.6. erfahren hast, bewegen sich in einem Stromkreis Elektronen. Es war für die Physiker ein langer Weg, bis sie herausfanden, wieviel Elektronen eigentlich in einem Stromkreis fließen. Dabei stellten sie sich vor, daß die Menge der Elektronen gezählt wird, die in 1 Sekunde an einer Stelle des Stromkreises vorbeifließt. Man verfährt ja bei Verkehrszählungen ähnlich, indem die Menge der Fahrzeuge gezählt wird, die in 1 Stunde an einer bestimmten Stelle vorbeifährt. Heute ist bekannt, daß ein elektrischer Strom dann die Stärke 1 Ampere hat, wenn an einer Stelle des Stromkreises in 1 Sekunde 6 000 000 000 000 000 000, das sind 6 Trillionen, Elektronen vorbeifließen. Die Maßeinheit 1 A ist für viele Zwecke zu groß, deshalb werden häufig kleinere gewählt:

$$1 \text{ Ampere} = 1\,000 \text{ Milliampere (mA)}$$

$$1 \text{ Milliampere} = 1\,000 \text{ Mikroampere (}\mu\text{A)}$$

Dein Meßgerät zeigt bei Vollausschlag 200 μA an. Es ist also äußerst empfindlich. Du mußt sehr sorgfältig damit umgehen!

6.54. Ströme verzweigen sich

Baue einen Stromkreis mit 2 Widerständen und dem Meßgerät nach Abb. 158 auf. Miß die Stärke des Stromes I_1 , der durch den Widerstand R_1 fließt. Notiere den Zeigerausschlag.

Ändere die Schaltung entsprechend Abb. 160 ab und miß die Stärke des Stroms I_2 , der durch den Widerstand R_2 fließt! Notiere.

Nun ermittle den Strom I_{ges} , der durch beide Widerstände fließt! Schalte dazu das Meßgerät nach Abb. 162 zwischen einen Batterieanschluß und die beiden parallelen Widerstände. Trage alle Meßwerte (Zeigerausschläge) in eine Tabelle ein und vergleiche!

Zeigerausschlag bei R_1 R_2 (I_{ges})	R_1 (I_1) 47 k Ω	R_2 (I_2) 470 k Ω

Der gesamte Strom, der von der Batterie geliefert wird, ist so groß wie die beiden Ströme, die durch die Widerstände R_1 und R_2 fließen.

$$I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$$

Der Gesamtstrom verzweigt sich im Punkt A in der Schaltung Abb. 159 in zwei Teilströme. Die Summe der Teilströme ergibt wieder den Gesamtstrom. Diesen Zusammenhang hat der Physiker **Kirchhoff** genau untersucht. Man nennt darum die Gesetzmäßigkeiten der Stromverzweigung auch **Kirchhoff'sche Regeln**.

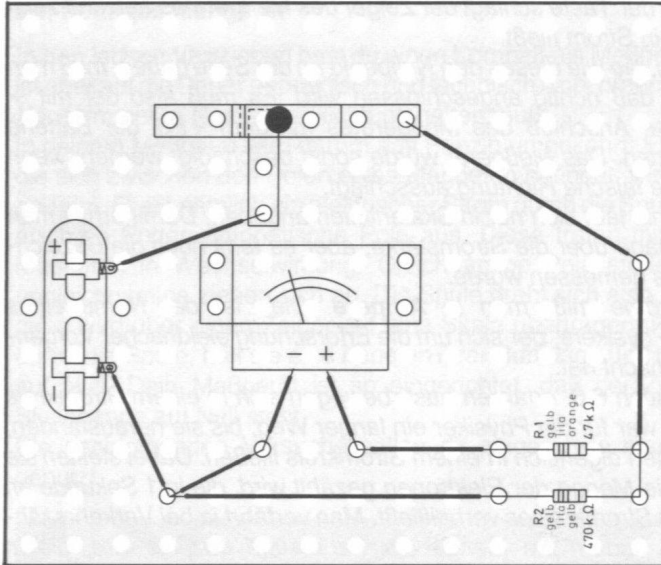


Abb. 158

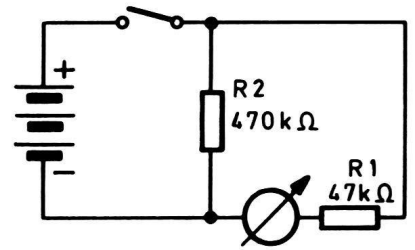


Abb. 159

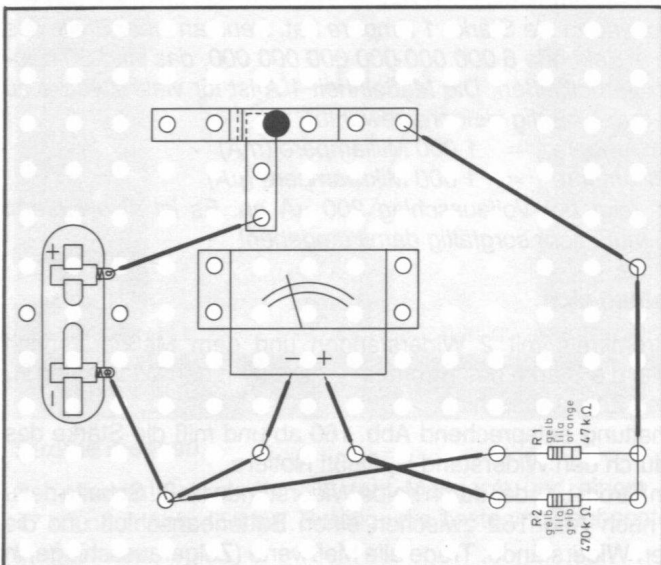


Abb. 160

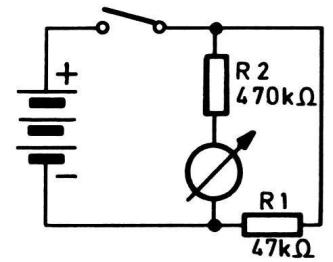


Abb. 161

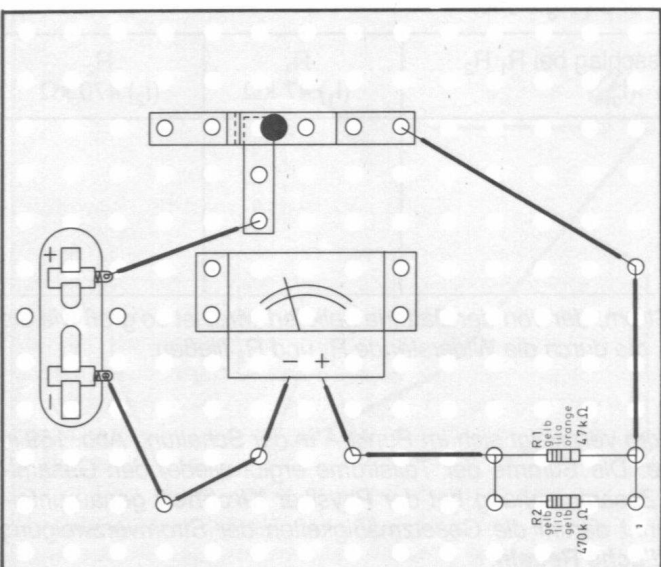


Abb. 162

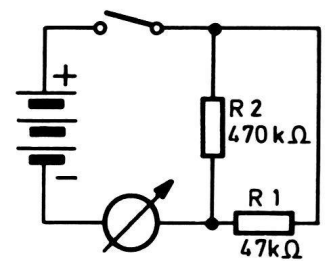


Abb. 163

6.55 Spannung mit Strom messen?

In Versuch 6.10. hast du bereits etwas über die elektrische Spannung erfahren. Sie ist der Druck, mit dem die Elektronen in Bewegung gesetzt werden. Kann dein Meßgerät auch Spannungen messen?

Schalte nach Abb. 164 das Meßgerät mit einem Widerstand $47\text{ k}\Omega$ in Reihe und schließe den Stromkreis durch Drücken der Taste. Achte auf die Skala.

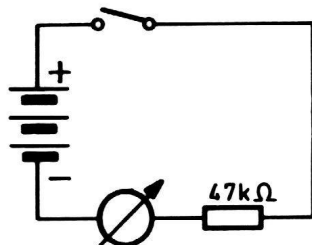


Abb. 165

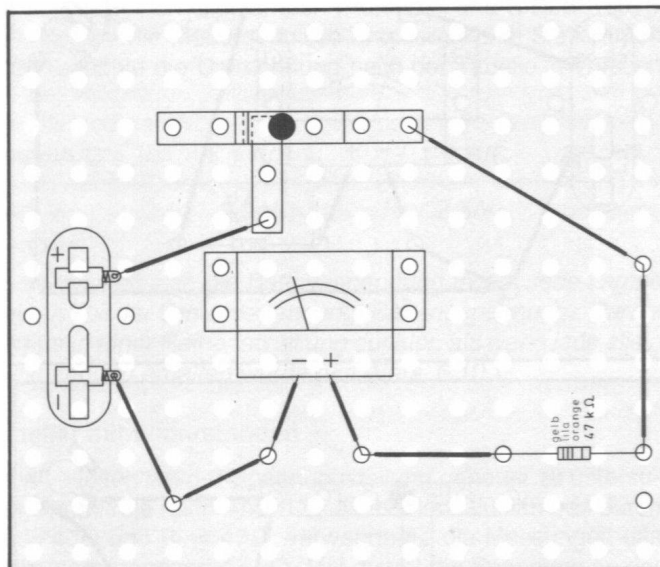


Abb. 164

Der Zeiger des Meßgerätes schlägt aus, denn es fließt ein elektrischer Strom durch das Instrument. Dieser Strom wird durch den Widerstand $47\text{ k}\Omega$ so begrenzt, daß das Meßgerät keinen Schaden nehmen kann. Obwohl also die Stromstärke gemessen wird, erhält man doch eine Angabe über die Spannung, die am Widerstand und dem Instrument gemeinsam anliegt. Mit dem Vorwiderstand $47\text{ k}\Omega$ zeigt das Instrument bei Vollausschlag 10 V an.

In der Konstruktion des Meßwerkes liegt es begründet, daß das Instrument nicht linear arbeitet.

Um alle Spannungswerte ablesen zu können, muß man die folgende Vergleichstabelle benutzen:

Teilstrich	Spannung	Teilstrich	Spannung
1	1 Volt	6	4,4 Volt
2	2 Volt	7	5,3 Volt
3	2,6 Volt	8	6,4 Volt
4	3,1 Volt	9	8,0 Volt
5	3,7 Volt	10	10,0 Volt

Die Tabelle läßt erkennen, daß bei diesem Meßwerk kein linearer Zusammenhang zwischen der Spannung und der Zeigerstellung besteht. Dies wurde bewußt zugunsten einer sehr stabilen Ausführung mit in Kauf genommen.

Ein Beispiel: In dem Versuch hast du gesehen, daß der Zeiger etwa 6 Skalenteile anzeigt. Nach der Tabelle ergibt sich dann eine Spannung von etwa 4,5 Volt.

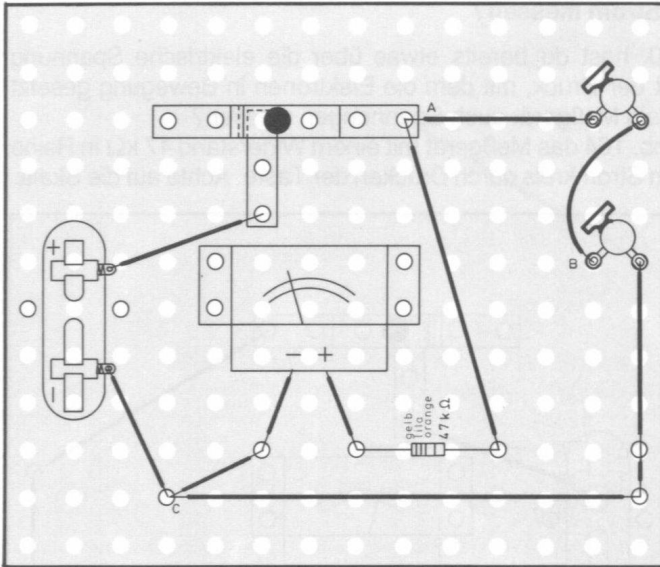


Abb. 166

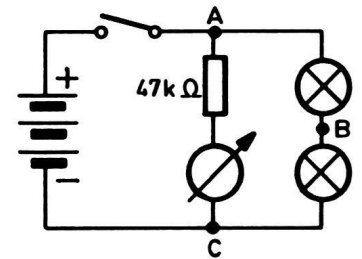


Abb. 167

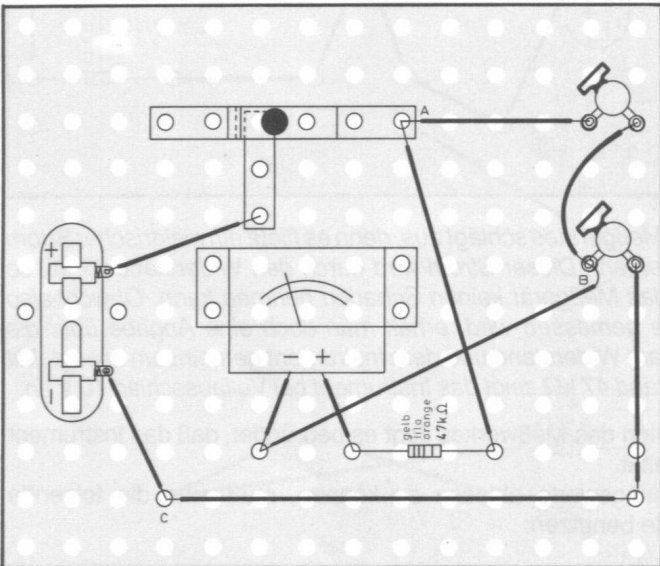


Abb. 168

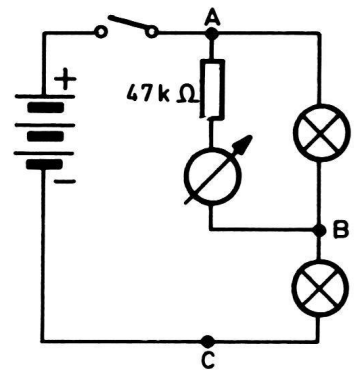


Abb. 169

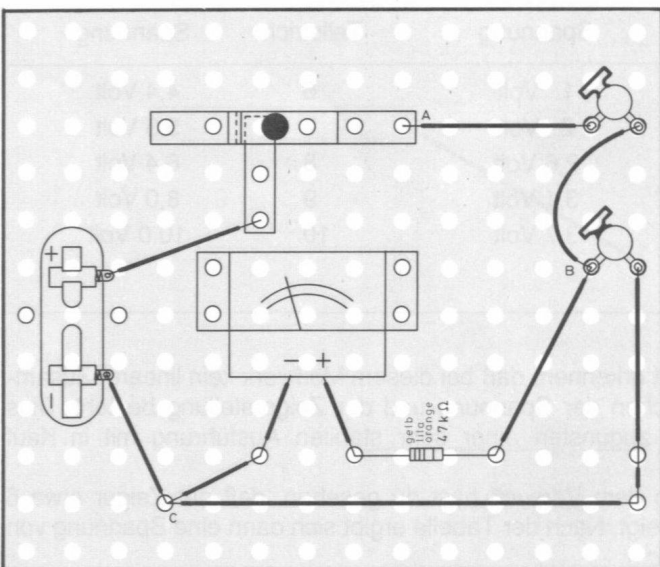


Abb. 170

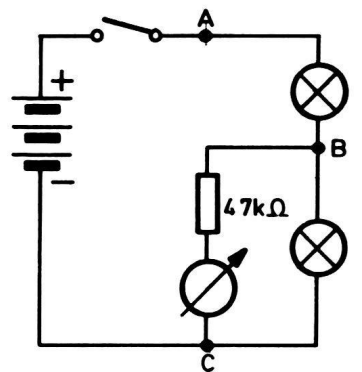


Abb. 170A

6.56 Spannungen teilen?

Baue einen Stromkreis nach Abb. 166 mit 2 Glühlampen in Reihe auf. Verwende für die folgenden Spannungsmessungen das Meßgerät mit dem Vorwiderstand $47\text{ k}\Omega$. Schließe es niemals ohne den strombegrenzenden Widerstand an die Batterie, es würde sonst augenblicklich zerstört! Miß die Spannung, die an der Batterie liegt (Punkt A und C Abb. 166), dann die Spannungen an den einzelnen Glühlampen (Punkte A und B Abb. 168, B und C Abb. 170). Notiere die Meßergebnisse und vergleiche! Sie könnten wie folgt ausfallen (beachte die Umrechnung nach der Tabelle in Versuch 6.55.):

Batterie A/C	L 1 A/B	L 2 B/C
4,5 V	2,2 V	2,3 V

Beide Glühlampen müssen sich die Batteriespannung teilen. Jede Lampe erhält also nur einen Teil der Gesamtspannung (Batteriespannung). Darum leuchtet jede Lampe in einer Reihenschaltung dunkler, als wenn jede allein die volle Batteriespannung erhalten würde (vgl. Vers. 6.10.).

6.57. Ein Spannungsteiler mit Widerständen

Um die Gesetzmäßigkeiten bei der Spannungsteilung genauer zu untersuchen, ersetze im Stromkreis nach Abb. 171 die beiden Glühlampen durch Widerstände $R_1 = 47\Omega$ und $R_2 = 47\Omega$. verwende für die Messungen das Meßgerät mit dem Vorwiderstand $47\text{ k}\Omega$. Miß zuerst die Spannung an der Batterie (A/C). Ermittle dann die Spannungen an den Widerständen mit den Meßpunkten A/B und B/C. Trage die Spannungen in die Tabelle ein:

U_{batt} Batteriespannung	U_1 Spannung an $R_1 = 47\Omega$	U_2 Spannung an $R_2 = 47\Omega$

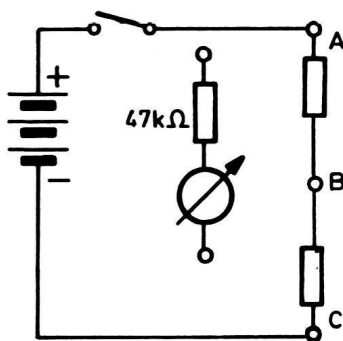


Abb. 172

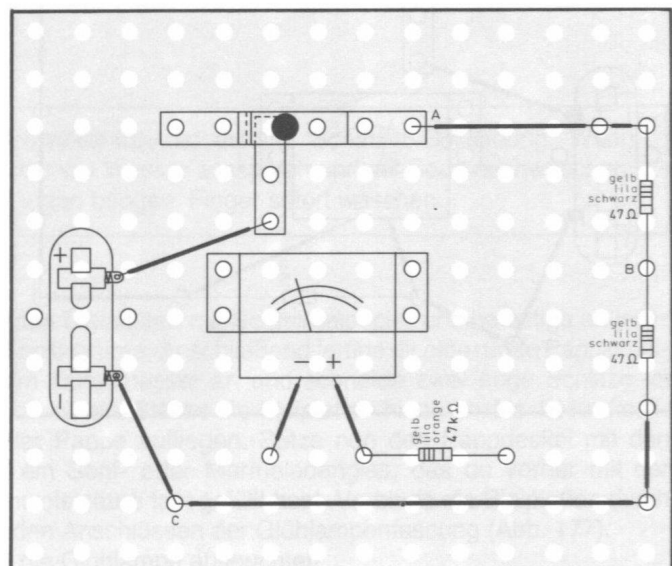


Abb. 171

Aus den Meßdaten ergibt sich:

An Widerständen, die in Reihe geschaltet sind, wird die Spannung im Verhältnis der Widerstände geteilt.

$$\begin{aligned} R_1 : R_2 &= U_1 : U_2 \\ 47 : 47 &= 2,25 : 2,25 \end{aligned}$$

Diese Gesetzmäßigkeit gehört ebenfalls zu den Kirchhoff'schen Regeln.

6.58. Einen starken Strom messen

Um mit dem Meßgerät auch stärkere Ströme messen zu können, baue die Schaltung nach Abb. 173 auf. Besonders wichtig ist hierbei der Widerstand $R = 1,5 \Omega$, der parallel zum Meßgerät geschaltet ist. Betätige den Taster und achte auf den Zeigerausschlag!

Das Meßgerät zeigt einen Strom an. Zum Messen starker Ströme mit einem empfindlichen Meßgerät wendet man die Stromverzweigung an (vgl. Versuch 6.54.). Hier wird der Gesamtstrom so geteilt, daß der weitaus größte Teil durch den Widerstand $R = 1,5 \Omega$ am Meßgerät vorbeifließt und nur ein kleiner Teil zum Betrieb des Meßgerätes übrigbleibt. Ein solcher Widerstand, der durch Parallelschaltung den Meßbereich eines Stromstärke-Meßgerätes erweitert, heißt Shunt-Widerstand. Sein Wert läßt sich nach den Kirchhoff'schen Regeln berechnen. Verwendet man bei diesem Meßgerät einen Shunt-Widerstand von $1,5 \Omega$, gibt die Skala bei Vollausschlag $0,1 \text{ A}$ an.

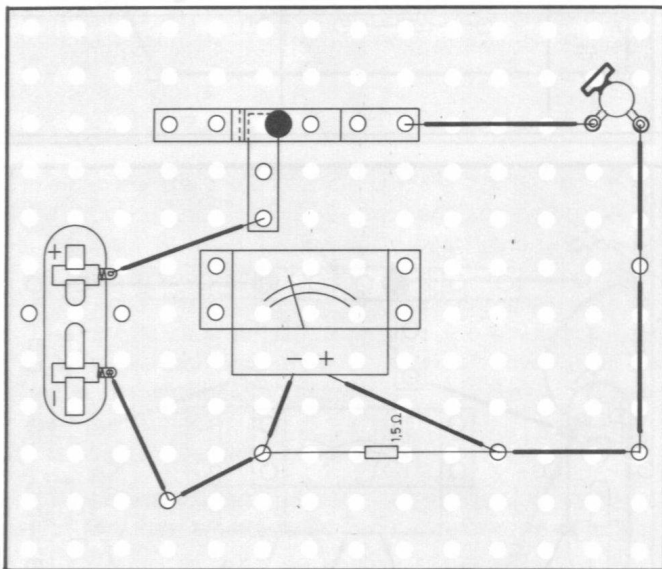


Abb. 173

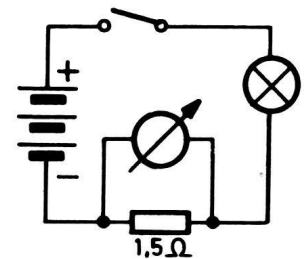


Abb. 174

Die Stromaufnahme des Motors bei schwankender Last lässt sich mit diesem Versuch messen. (Abb. 175).

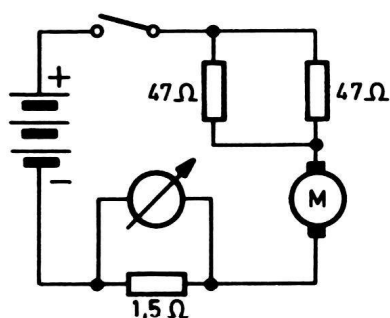


Abb. 176

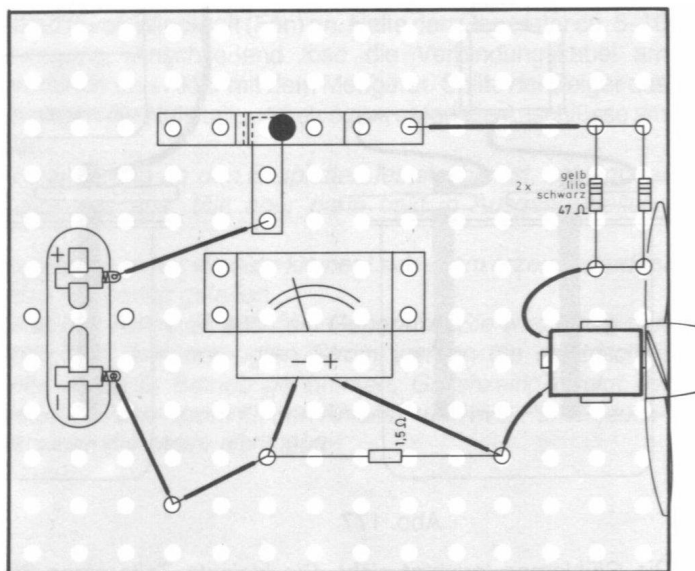


Abb. 175

6.59. Eine Autobatterie im Kleinformat

In Kraftfahrzeugen werden zum Starten Batterien verwendet, die sich auch bei ständigem Betrieb nicht verbrauchen, sondern durch Aufladen für längere Zeit einsatzbereit sind. Eine solche Batterie heißt Bleiakкумуляtor oder kurz **Akku**.

Um einen Akku zusammenzubauen, besorge dir aus der Drogerie etwas verdünnte Schwefelsäure (ca. 15 %).

Achtung: Schwefelsäure ist ätzend. Schädigt Bekleidung. Wenn verschüttet, mit viel Wasser ausspülen und mit Soda nachwaschen. Nicht in die Augen bringen. Finger sofort waschen.

Reinige die beiden Bleiplatten mit Schmirgelpapier und befestige an jeder Platte eine Krokodilklemme. Anschließend fertige dir eine runde Pappscheibe von ca. 8 cm Durchmesser an und schneide zwei enge Schlitze im Abstand von 3 cm hinein. Stecke die Bleiplatten hindurch, bis die Krokodilklemmen auf der Pappe aufliegen. Setze nun den Pappdeckel mit den Bleiplatten auf ein Senf- oder Marmeladenglas, das du vorher mit der verdünnten Schwefelsäure fast gefüllt hast. Verbinde die Bleiplatten durch zwei Kabel mit den Anschlüssen der Glühlampenfassung (Abb. 177). Kontrolliere, ob die Glühlampe aufleuchtet!

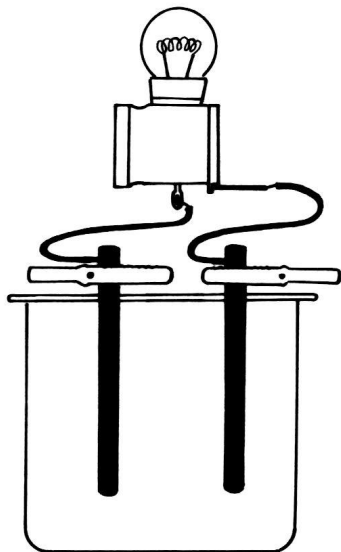


Abb. 177

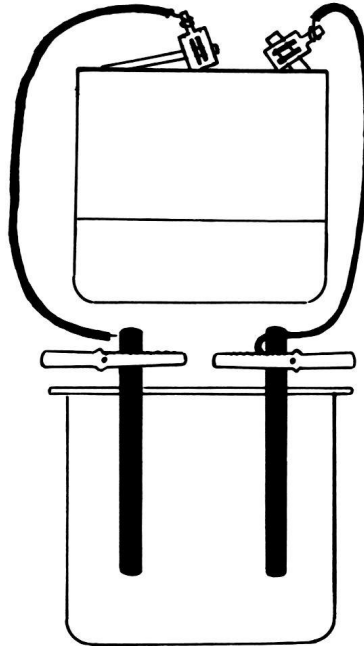


Abb. 178

Die Glühlampe leuchtet nicht. Die kleinste Zelle eines Bleiakkumulators besteht aus zwei Bleiplatten und verdünnter Schwefelsäure. Sie kann aber nur Strom liefern, wenn sie zunächst mit Hilfe einer anderen Stromquelle aufgeladen wird.

6.60. Der Akku wird geladen

Verbinde dazu die Bleiplatten durch die Anschlußdrähte mit den Polen der Batterie. Laß den Strom ca. fünf Minuten wirken (Abb. 178). Beobachte dabei die Bleiplatten!

*Die eine Platte (Pluspol) färbt sich braun, die andere (Minuspole) bleibt grau. Plus- und Minuspole kannst du durch die Kennzeichnung an der Batterie erkennen. An der Plusplatte bildet sich Bleioxid (braun), an der Minusplatte bleibt Blei (grau) erhalten. Diesen Vorgang nennt man **Laden**.*

Die einzelne Zelle einer Autobatterie liefert nur eine Spannung von 2 Volt. Für höhere Spannungen benötigt man daher 3 oder 6 oder 12 Zellen in einer Batterie, die dann eine Spannung von 6 oder 12 oder 24 Volt liefert.

6.61. Nun liefert der Akku Strom

Löse den Verbindungsdraht (Vers. 6.59.) von der Batterie und schließe sie wieder an die Anschlußstifte der Lampenfassung an. Beobachte, ob und wie lange die Lampe leuchtet!

Die Lampe leuchtet nach dem Anschluß an den Akku auf. Der Strom fließt jetzt vom Minuspole der Stromquelle (Akku) durch die Glühlampe in einem geschlossenen Stromkreis zum Pluspol der Stromquelle zurück und bringt dadurch die Glühlampe kurz zum Leuchten. Dabei entlädt sich der Akku wieder. Durch erneutes Aufladen mit der Batterie kannst du diesen Vorgang beliebig oft wiederholen.

6.62. Der Generator kann den Akku laden

Baue den Akku aus Versuch 6.59. zusammen. Die Bleiplatten müssen vorher gut mit Schmirgelpapier gereinigt werden. Zum Aufladen soll der Generator mit Windrad dienen.

Verbinde dazu die Bleiplatten mit den Anschlüssen des Generators und treibe das Flügelrad durch Windkraft (Fön) an. Halte den Generator ca. 5–10 Minuten in Bewegung. Anschließend löse die Verbindungskabel am Generator und verbinde den Akku mit dem Meßgerät. Sollte der Zeiger des Meßgerätes sich gegen die Nullstellung bewegen, sofort die Anschlüsse am Akku vertauschen.

Obwohl keine Veränderung an den Bleiplatten feststellbar ist, schlägt der Zeiger des Meßgerätes aus, fällt aber dann bald in Ausgangsstellung zurück.

Mit diesem Generator kann nur ein sehr kleiner Ladestrom erzeugt werden. Der Akku wird also nur gering geladen.

Die Lichtmaschine des Autos ist auch ein Generator. Sie wird durch den Motor angetrieben. Mit dem erzeugten Strom werden die elektrischen Einrichtungen des Autos in Betrieb genommen. Gleichzeitig erfolgt ein Aufladen des Akkus, der den Strom für den Anlasser und evtl. Parkbeleuchtung liefern muß, wenn der Motor nicht läuft.

6.63. Gespeicherte Sonnenenergie

Baue den Akku aus Versuch 6.59. zusammen. Die Bleiplatten müssen vorher gut mit Schmirgelpapier gereinigt werden. Zum Aufladen soll die Solarzelle dienen.

Verbinde dazu die Bleiplatten mit den Anschlüssen der Solarzelle und bestrahle die Zelle ca. 10–15 Minuten mit einer 100-Watt-Lampe. Anschließend löse die Verbindungskabel an der Solarzelle und verbinde den Akku mit dem Meßgerät. Sollte der Zeiger des Meßgerätes sich gegen die Nullstellung bewegen, sofort die Anschlüsse am Akku vertauschen.

Obwohl keine Veränderung an den Bleiplatten (vergl. Vers. 3.61.) feststellbar ist, schlägt der Zeiger des Meßgerätes aus, fällt dann aber bald in die Ausgangsstellung zurück.

Mit dieser Solarzelle kann nur ein sehr kleiner Ladestrom erzeugt werden, so daß beim Anschließen des Meßgerätes nur geringer Entladestrom fließen kann.

7. 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. 179

7.1. Unsichtbare Kräfte

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.

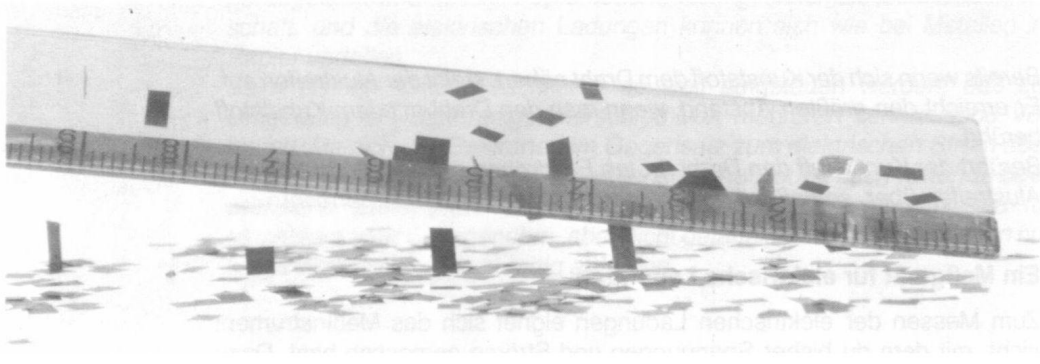


Abb. 180

7.2. Gleiche Ladungen

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.



Abb. 181

7.3. Ungleiche Ladungen

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.

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.

7.4. Ein Meßgerät für elektrische Ladungen

Zum Messen der elektrischen Ladungen eignet sich das Meßinstrument nicht, mit dem du bisher Spannungen und Ströme gemessen hast. 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 7.2. und achte auf die Alufolie.

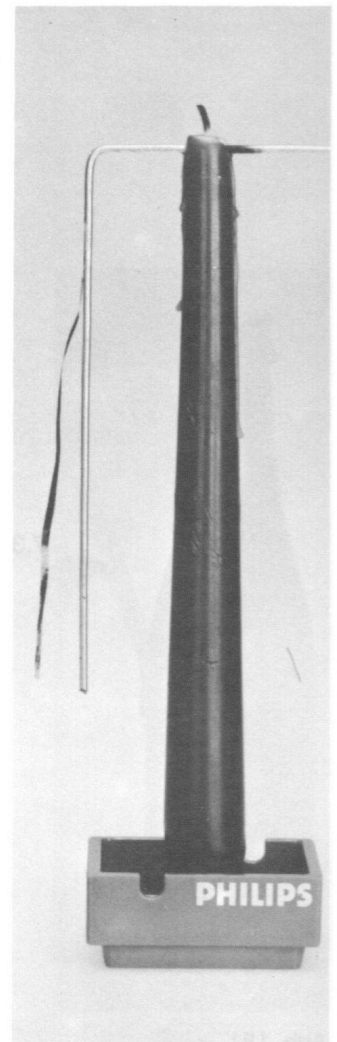
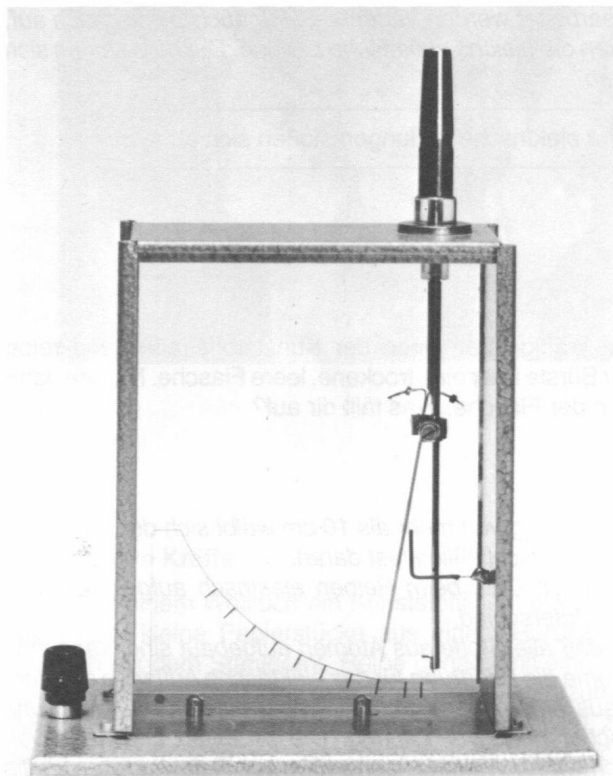


Abb. 182

7.5. Ein „spannendes Papier“

Wärme einen Bogen Schreibpapier auf der Heizung an, bis er völlig trocken ist. 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.*

7.6. Die Zauberschachtel

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.

7.7. Eine Papierexplosion

Lege einen großen Streifen einer Tragetüte auf den Tisch und reibe kräftig mit einer Bürste darüber. 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.

7.8. Gegen Ladungen abgeschirmt

Lade 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**.

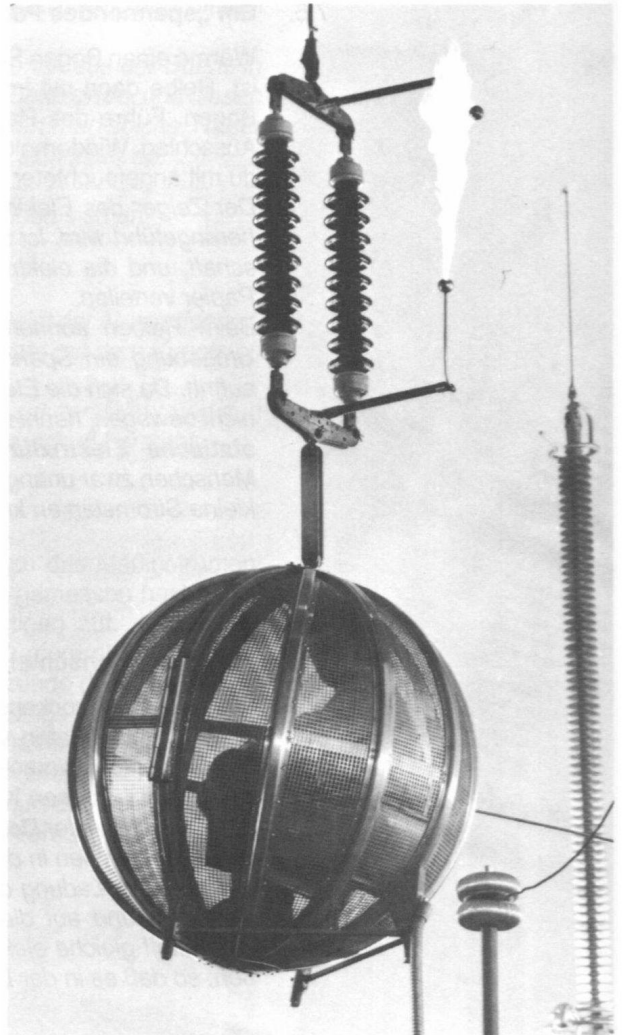


Abb. 183

7.9. Der verbogene Wasserstrahl

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.

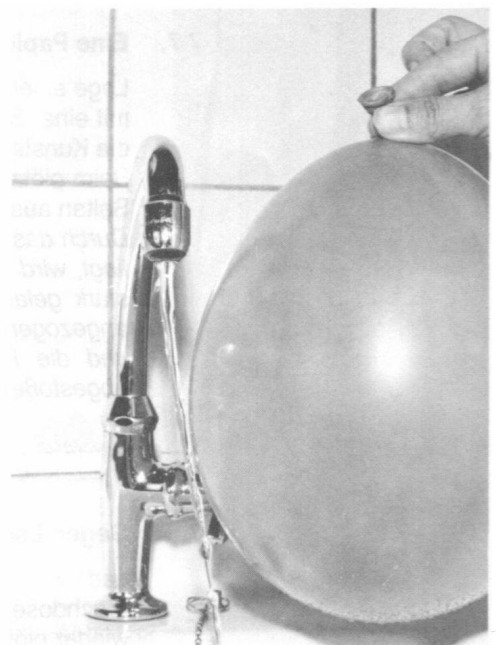


Abb. 184

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.

7.10. Wie ein Spülmittel

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.

7.11. Ladungsträger

Lade dein Elektroskop aus Versuch 7.4. 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 Kerze wird die Luft angeregt, elektrische Ladungen vom Elektroskop mit sich fortzutragen. Deshalb geht der Ausschlag des Streifens zurück.

7.12. Die Haare sträuben sich

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. 179). 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.

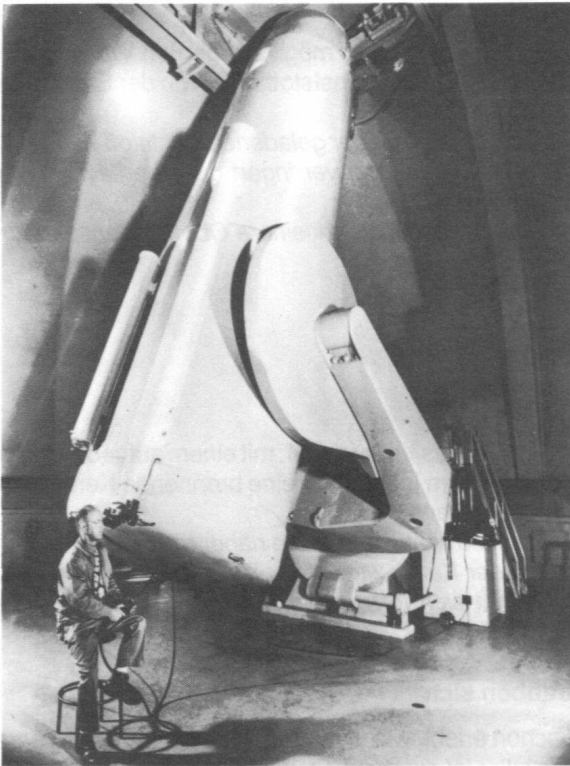
Die Papierstreifen gehen gleichmäßig auseinander. Durch die gleiche Ladung, die sich auf allen Streifen verteilt, sträuben sich die Papierstücke.

8. Optik – die Lehre vom Licht

Ein Teilgebiet der Physik ist die Optik, was übersetzt die „Lehre vom Licht“ bedeutet. Viele Erscheinungen aus dem Bereich der Optik sind dir so selbstverständlich, daß du niemals darüber nachgedacht hast. So weißt du z. B., daß der Himmel am Tag hell, in der Nacht aber dunkel ist, obwohl auch dann Licht von der Sonne ausgesandt wird. Warum das so ist, läßt sich mit den Gesetzen der Optik leicht erklären. Auch eine Sonnenfinsternis, die früher vielen Menschen ungeheure Angst einflößte, ist für denjenigen ein ganz natürlicher Vorgang, der mit der Lehre vom Licht ein wenig vertraut ist. Fotoapparate, Fernrohre und Mikroskope lassen sich auch nur dann herstellen, wenn die Gesetze der Optik dabei berücksichtigt werden.

Einige Erscheinungen aus diesem Teil der Physik sollst du durch die folgenden Versuche ergründen.

Einige Experimente müssen in einem dunklen Raum durchgeführt werden.



Spiegelteleskop

Abb. 185

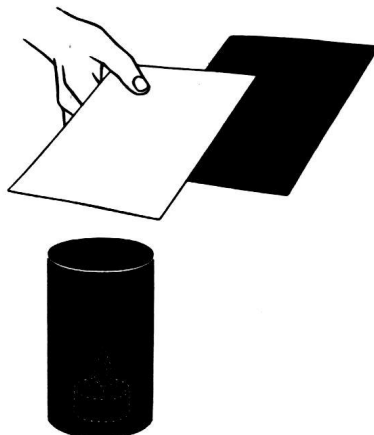


Abb. 186

8.1. Unsichtbares Licht

Klebe aus einem schwarzen Heftdeckel (Querformat) eine Röhre. Schiebe sie über eine Kerze. Halte nun im dunklen Raum über die Röhre im Abstand von 20 cm nacheinander eine schwarze und anschließend eine weiße Pappe (Abb. 186). Achte darauf, ob du das Licht zwischen der Röhre und dem Papier erkennen kannst!

Das Zimmer bleibt fast völlig dunkel, wenn das Licht auf den schwarzen Karton fällt, es wird aber heller bei dem weißen Papier. Zwischen der Röhre und dem Papier ist das Licht nicht zu sehen.

8.2. Licht sichtbar gemacht

Bitte deinen Vater oder deine Mutter, Zigarren- oder Zigarettenrauch in den Raum zwischen der Röhre und dem schwarzen Karton zu blasen. (Wenn sie Nichtraucher sind, kannst du auch Kreidestaub von der Handfläche blasen.) Achte auf das Licht!

Obwohl die Kerze dauernd Licht aussendet, ist es erst dann zu sehen, wenn es auf Gegenstände fällt, in diesem Falle auf die winzigen Rauch- oder Kreideteilchen. Sie reflektieren dann einen Teil des Lichts.

Das Licht ist nur dann sichtbar, wenn es direkt in unsere Augen fällt oder wenn es auf Gegenstände trifft, die einen Teil des Lichts reflektieren.

8.3. Ein Lichtigel

Wenn du einen alten Gummiball hast, kannst du mit dem folgenden Versuch deine Freunde beeindrucken. Brenne mit einer glühenden Stricknadel viele Löcher in den Ball. Schneide dann zusätzlich ein so großes Loch hinein, daß die Glühlampe in der Fassung gut eingeführt werden kann. Laß nun Rauch über den Ball blasen!

Über dem Ball werden die vielen Lichtstrahlen erst dann sichtbar, wenn die Rauchteilchen angestrahlt werden. Der Raum zwischen den einzelnen Strahlen bleibt dunkel, so daß viele „Lichtfinger“ von dem Ball ausgehen. Inzwischen kannst du sicher schon die Erklärung dafür geben, warum nachts der Himmel dunkel ist, obwohl die Sonne auch dann Licht aussendet: Im Weltraum sind nur sehr wenige Gegenstände, die das Sonnenlicht reflektieren können. Am deutlichsten ist das zu beobachten, wenn der Mond am Himmel steht. Der Mond strahlt das Sonnenlicht zurück, daneben ist der Himmel aber schwarz, obwohl dort natürlich auch das Licht der Sonne vorbeiflutet.

8.4. Schattenbildung

Stelle die Kerze etwa 1 m vor einer hellen Wand auf. Bewege nun die Hand zwischen der Kerze und der Wand hin und her. Nähere die Hand der Kerze und dann der Wand.

Wie dir schon bekannt ist, entsteht an der Wand ein Schatten. Er verändert sich jedoch mit der Stellung der Hand.

Von der Kerze wird Licht nach allen Seiten ausgestrahlt. Trifft es auf einen Gegenstand, den es nicht durchdringen kann, wie z. B. Pappe oder deine Hand, entsteht dahinter ein Schattenbild.

8.5. Wandernde Schatten

Halte zwischen die Kerze und die Wand ein Lineal. Merke dir die Größe des Schattenbildes. Schiebe dann das Lineal allmählich zur Wand hin und achte dabei immer auf den Schatten. Was fällt dir auf (Abb. 187, 188)?

Je weiter das Lineal zur Wand geschoben wird, desto kleiner wird das Schattenbild. Es hat schließlich fast die Größe des Lineals.

8.6. Schattenraum

Verwende den Aufbau aus dem vorigen Versuch. Halte zwischen das Lineal und die Wand einen Bogen weißes Papier. Entsteht auch dort ein Schatten? *Nicht nur an der Wand entsteht ein Schattenbild, sondern der gesamte Raum hinter dem Lineal ist dunkel. Man spricht deshalb vom **Schattenraum**. Befindet sich der Gegenstand dicht an einer Lichtquelle, so ist der Winkel groß, unter dem sich der Schattenraum ausbreitet. Je weiter der Gegenstand jedoch entfernt ist, desto mehr verkleinert sich der Winkel.*

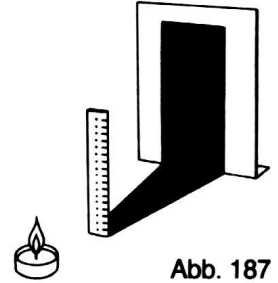


Abb. 187

8.7. Kern- und Halbschatten

Für diesen Versuch benötigst du eine zweite Kerze. Stelle beide Kerzen etwa 50 cm vor eine helle Wand und entzünde zunächst eine. Erzeuge an der Wand ein Schattenbild mit einem Pappstreifen von etwa 15 cm Breite. Entzünde nun die zweite Kerze und stelle sie etwa 5 cm neben die erste. Achte auf das Schattenbild! Verschiebe den Pappstreifen von den Kerzen in Richtung Wand und wieder zurück (Abb. 189)!

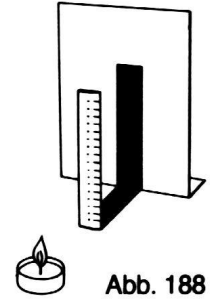


Abb. 188

8.8. Weiß, hellgrau, dunkelgrau, schwarz

Mit einigen weiteren Weihnachtskerzen kannst du viele Halbschatten erzeugen. Stelle sie in Abständen von etwa 1–2 cm voneinander auf, so daß alle in der gleichen Entfernung von der Wand stehen. Halte nun wieder die Pappe vor die Kerzen (Abb. 190)!

An der Wand entstehen viele Schattenbilder, die von der Mitte nach außen hin immer heller werden. In den Kernschatten in der Mitte fällt wieder kein Licht. Links und rechts daneben trifft nur das Licht einer Kerze auf, dann beleuchten zwei das Schattenbild usw. Ganz außen ist schließlich kein Schatten mehr zu beobachten. Dort wird die Wand von allen Kerzen beleuchtet.

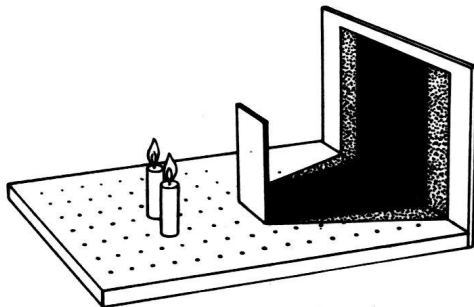


Abb. 189

*Beim Anzünden der zweiten Kerze entsteht an der Wand ein zweiter Schatten. Beide Schattenbilder sind jedoch nicht mehr so dunkel wie das einer einzelnen Kerze. Bei einer bestimmten Stellung des Pappstreifens zu den Lichtquellen überschneiden sich die Schattenbilder. In der Mitte entsteht nun ein dunkler **Kernschatten**, links und rechts davon jeweils ein hellerer **Halbschatten**. In den Kernschattenraum gelangt gar kein Licht, die Halbschattenräume werden noch von einer Kerze beleuchtet.*

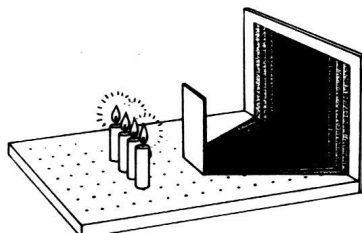


Abb. 190

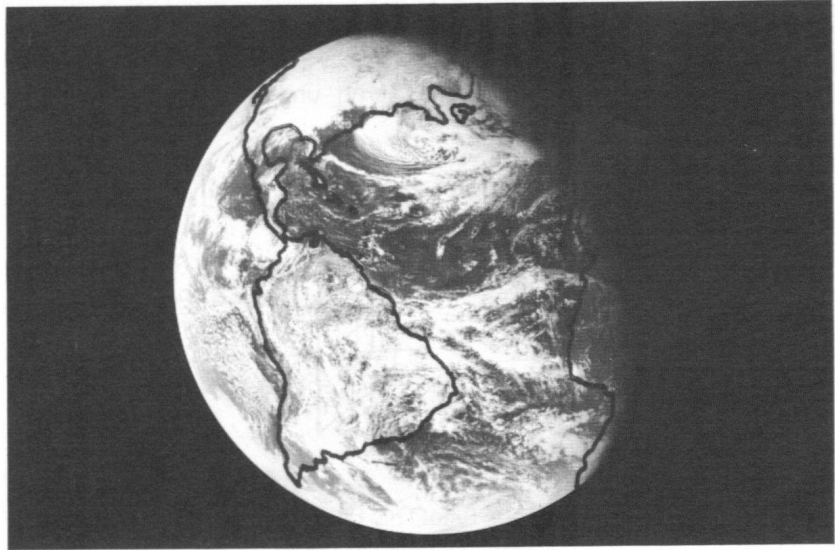


Abb. 191

8.9. Die Erde im Schatten

Manchmal erlebt man auf der Erde das seltene Ereignis, daß wir eine Sonnen- oder auch eine Mondfinsternis beobachten können. Wie z. B. eine **Sonnenfinsternis** entsteht, kannst du durch einen einfachen Versuch erklären.

Verwende als „Sonne“ einige Kerzen, die du eng zusammenstellst und anzündest. Als „Erde“ müßtest du dir einen großen Gummiball besorgen und als „Mond“ einen kleinen. Bewege nun den „Mond“ so um die „Erde“ herum, daß er sich einmal zwischen der „Sonne“ und der „Erde“ und das andere Mal auf der der „Sonne“ abgewandten Seite der Erde befindet. Achte auf das Schattenbild, das auf der „Erdoberfläche“ entsteht!

*Wenn sich der Mond auf seiner Umlaufbahn zwischen der Erde und der Sonne befindet, wirft er einen Schatten auf die Erdoberfläche. Für die Menschen, die in diesem Schattenraum leben, wird die Sonne verdunkelt. Das ist eine Sonnenfinsternis. Da die Sonne aber eine große Lichtquelle ist, entstehen auf der Erde ein Kern- und ein Halbschatten. Aus dem Kernschattenraum ist die Sonne gar nicht zu sehen; wir sprechen von einer **totalen Sonnenfinsternis**. Aus dem Halbschattenraum auf der Erde dagegen sieht man noch einen Teil der Sonne. Deshalb erleben diese Menschen eine **partielle Sonnenfinsternis**.*

Eine Mondfinsternis entsteht, wenn sich der Mond in dem Schattenraum hinter der Erde befindet. Sie kann von der dem Mond zugewandten Seite der Erde beobachtet werden.

8.10. Stärke des Lichts

Stelle in einem verdunkelten Raum eine brennende Kerze auf einen Tisch und versuche, in etwa 2–3 m Entfernung in einem Buch zu lesen. Entzünde dann eine zweite Kerze und betrachte wieder die Schrift!

Die **Lichtstärke** einer einzelnen Kerze reicht in den meisten Fällen nicht aus, um in größerer Entfernung lesen zu können.

Will man die Lichtstärke einer beliebigen Lichtquelle (z. B. Glühlampe) angeben, so vergleicht man immer mit einer Kerze. Von ihr sagt man, sie habe die Lichtstärke 1 candela (1 cd). Candela kommt aus dem Lateinischen und bedeutet Kerze. Bei zwei Kerzen wäre die Lichtstärke doppelt, bei drei dreimal so groß usw. wie bei einer Kerze. Eine Glühlampe, deren Lichtstärke 60mal größer ist als die einer Kerze, hat die Lichtstärke 60 cd. Das entspricht etwa einer Glühlampe von 60 Watt.

8.11. Beleuchtungsstärke

Lies noch einmal bei dem Licht einer Kerze in einem Buch. Gehe dann langsam näher an die Lichtquelle heran und achte immer auf das Geschriebene. Was fällt dir auf?

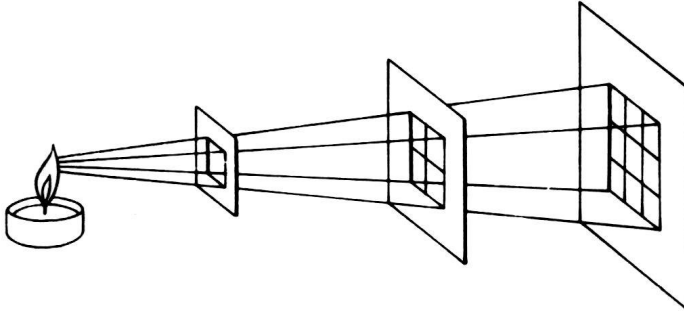


Abb. 192

In der Nähe der Kerze kann man besser lesen, wie dir sicher schon bekannt ist. Die Lichtstärke der Kerze ändert sich bei diesem Versuch nicht, trotzdem kann man nicht überall gleich gut lesen.

*Die Lichtstrahlen breiten sich von der Kerze nach allen Seiten aus. Hält man das Buch dicht an die Kerze, so treffen viele Lichtstrahlen darauf, in größerer Entfernung werden es aber immer weniger. Dieselbe Zahl von Lichtstrahlen muß also eine immer größere Fläche beleuchten. Dadurch nimmt die **Beleuchtungsstärke** ab. Wird der Abstand eines Buches von einer Lichtquelle verdoppelt, so sinkt die Beleuchtungsstärke auf ein Viertel ab. (Abb. 192).*

8.12. Senkrecht geht es leichter

Lege in etwa 1 m Entfernung von einer brennenden Kerze ein Buch auf den Tisch und versuche zu lesen. Richte dann das Buch auf, so daß es senkrecht auf dem Tisch steht. Lies wieder.

Wenn die Lichtstrahlen senkrecht auf das Buch treffen, kann man besser darin lesen.

Die Beleuchtungsstärke wird also größer, wenn die Lichtstrahlen senkrecht auftreffen.

Auch für die Beleuchtungsstärke gibt es ein genaues Maß: Auf einer Fläche herrscht die Beleuchtungsstärke 1 Lux, wenn sie aus 1 m Entfernung mit einer Lichtquelle von 1 cd angestrahlt wird. Die Strahlen müssen dabei natürlich senkrecht auftreffen.

8.13. Wasser bricht den Stab?

Fülle für diesen Versuch ein Gefäß halbvoll mit Wasser. Am besten nimmst du einen kastenförmigen Behälter aus durchsichtigem Material (Aquarium, Plastikkasten, Glashafen).

Halte ein Lineal schräg in das Wasser. Betrachte es dann von der Seite durch das Wasser. Blicke auch einmal schräg von oben hinein.

Bei einer bestimmten Blickrichtung zeigt sich dir ein eigenartiges Bild (Abb. 193). Wie du richtig vermutest, ist natürlich nicht das Lineal gebrochen. Aber mit den Lichtstrahlen ist etwas geschehen. Sie verlaufen beim Eintreten in das Wasser nicht mehr geradlinig, sie werden gebrochen. Du siehst also das Lineal im Wasser an einer anderen Stelle, und es sieht nur so aus, als wäre es geknickt.

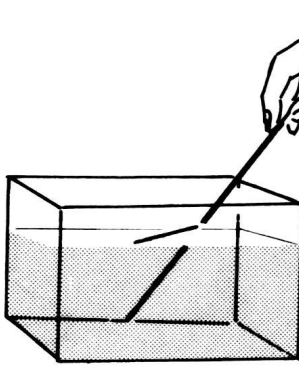


Abb. 193

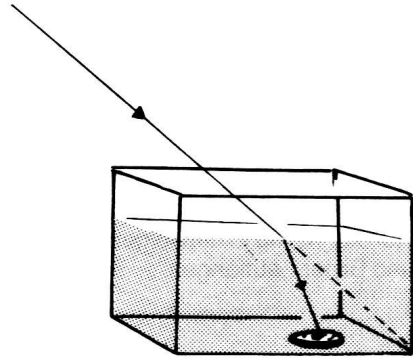


Abb. 194

8.14. Über den Rand gucken

Für diesen Versuch benötigst du ein Gefäß aus undurchsichtigem Material. Vielleicht leiht Mutter dir eine Porzellanschüssel.

Lege auf den Boden des Gefäßes eine Münze. Beuge dich nun seitwärts so von der Schüssel weg, daß du die Münze gerade nicht mehr siehst. Behalte die Blickrichtung bei und fülle die Schüssel mit Wasser!

Du beobachtest, daß die Münze plötzlich sichtbar wird. Natürlich hat sie sich nicht verschoben. Aber die Lichtstrahlen werden wieder beim Übertritt von der Luft in Wasser gebrochen. Dabei verläuft der Strahl im Wasser flacher (Abb. 194).

Ein Lichtstrahl wird beim Übertritt von einem dünnen Medium (= Luft) in ein dichteres Medium (= Wasser) zum Einfallslot hin gebrochen.

8.15. Ein Glas zum Brennen

Nimm die beiden Linsen aus deinem Physik-Experimentierkasten. Betrachte die Linsen. Du siehst, daß ihre Oberflächen nach außen gewölbt sind. Solche Linsen nennt man **bikonvexe** Linsen.

Halte die stärker gewölbte Linse bei Sonnenschein so über ein Blatt Papier, daß die Sonnenstrahlen durch sie hindurch auf das Papier fallen. Verändere den Abstand zwischen Linse und Papier, bis du einen sehr hellen, weißen Fleck erhältst. Warte in dieser Stellung einen Augenblick und beobachte (Abb. 195)!

*Das Papier entzündet sich dort schnell. Die Linse bricht die Sonnenstrahlen so, daß sie sich in einem Punkt sammeln. Sie heißt darum auch Sammellinse. Der Punkt, in dem sich die Strahlen vereinigen und das Papier entzünden, heißt **Brennpunkt**.*

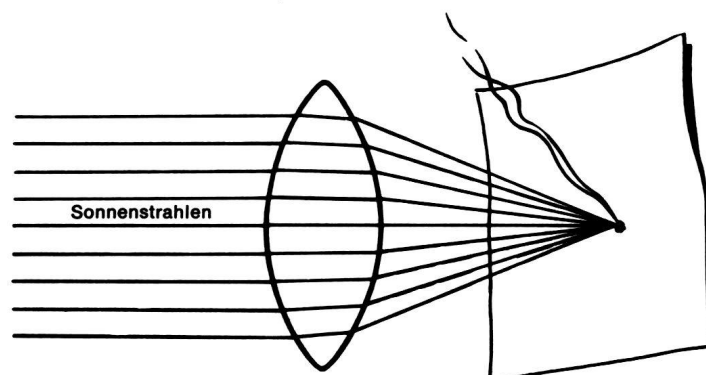


Abb. 195

8.16. Ein Bildschirm aus Papier

Für die folgenden Versuche benötigst du einen „Bildschirm“. Du kannst ihn aus dem Deckel eines Schuhkartons leicht herstellen. Schneide in den Deckel ein etwa 10×10 cm großes Loch. Überklebe die Öffnung mit Pergamentpapier. Halte den Karton aufrecht, indem du mit den Fingerspitzen innen auf den Rand drückst. Du kannst auch ein Buch innen auf den Rand legen. Dann brauchst du den „Bildschirm“ nicht zu halten (Abb. 196). Nun kannst du in den folgenden Versuchen mit den Linsen experimentieren und Bilder „auffangen“.

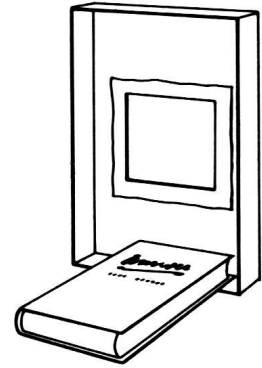


Abb. 196

8.17. Die Linse erzeugt ein Bild

Diesen Versuch mußt du im verdunkelten Raum ausführen. Baue dir eine Versuchsanordnung mit Kerze, der Linse mit Griff und dem Bildschirm auf. Stecke den Linsenhalter in die vorgesehene Führung im Schaumstoffblock deines Experimentierkastens (Abb. 197). Schiebe nun den Bildschirm auf die Linse zu (ca. 5–10 Zentimeter Abstand) und beachte dabei den Lichtfleck auf dem Bildschirm.

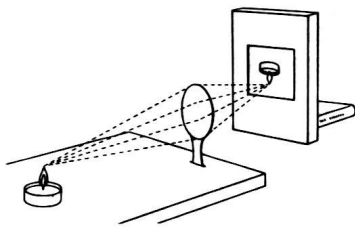


Abb. 197

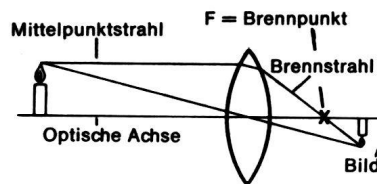


Abb. 198

Bei einem ganz bestimmten Abstand von der Linse erhältst du ein verkleinertes Bild der Kerze, das auf dem Kopf steht. Alle Strahlen, die von einem Punkt der Kerzenflamme ausgehen, sammeln sich auch wieder in einem Punkt. Die Linse bricht die Lichtstrahlen so, daß parallel zur **optischen Achse** einfallende Strahlen durch den Brennpunkt hindurchgehen. Diese Strahlen nennt man **Brennstrahlen**. Nur der Strahl, der durch den Mittelpunkt der Linse verläuft, wird nicht gebrochen. Mit dem Verlauf der Brenn- und Mittelpunktstrahlen erklärt sich die Bildentstehung (Abb. 198).

8.18. Die Bildweite verändert sich

Baue noch einmal den Versuch 8.17. auf. Miß mit einem Lineal den Abstand zwischen Kerze und Linse, dann zwischen Linse und Bildschirm. Merke dir die Entfernung. Ersetze nun die flache Linse durch die stark gewölbte aus deinem Experimentierkasten. Du mußt sie mit der Hand halten. Stelle den Schirm wieder an den gleichen Platz. Beobachte den Bildschirm! Verschiebe ihn, bis du wieder ein scharfes Bild erhältst. Miß erneut den Abstand zwischen Linse und Bild!

Du hast den Bildschirm weiter heranrücken müssen. Da du nur die Linse in deiner Versuchsanordnung ersetzt hast, muß es an ihr liegen. Schwach gewölbte Linsen brechen die Strahlen nicht so stark wie Linsen mit sehr gekrümmter Oberfläche. Ihre **Brennweite** ist länger, d. h. der Brennpunkt befindet sich weiter von der Linse entfernt. Dadurch verändert sich auch die Bildweite, wie dir der Strahlengang in der Abb. 199 zeigt.

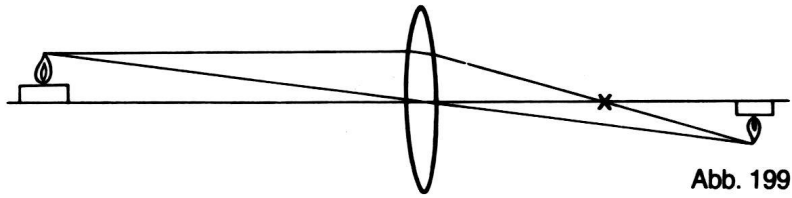


Abb. 199

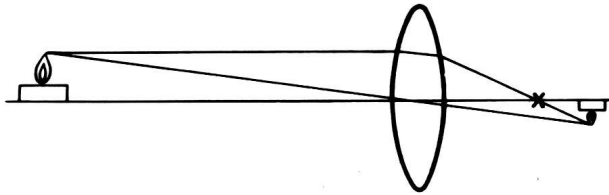


Abb. 200

8.19. Die Kerze wird vergrößert

Führe diesen Versuch wieder im verdunkelten Raum aus. Baue die Versuchsanordnung nach Abb. 201 auf. Nimm die Linse mit Griff. Du mußt die Kerze nahe an die Linse rücken (ca. 20–25 cm). Fange dann das Bild mit deinem Bildschirm auf.

Du erhältst ein vergrößertes Bild der Kerze. Sie wird aber umgekehrt abgebildet.

Die Lichtstrahlen, die von der Kerzenflamme ausgehen, werden in der Linse gebrochen. Dabei werden parallel zur optischen Achse verlaufende Strahlen durch den Brennpunkt geführt. Der Mittelpunktstrahl verläuft ungebrochen durch den Mittelpunkt der Linse. Im Schnittpunkt von Brennpunktstrahl und Mittelpunktstrahl entsteht das Bild. Es ist vergrößert und umgekehrt. Vergleiche hierzu Abb. 198.

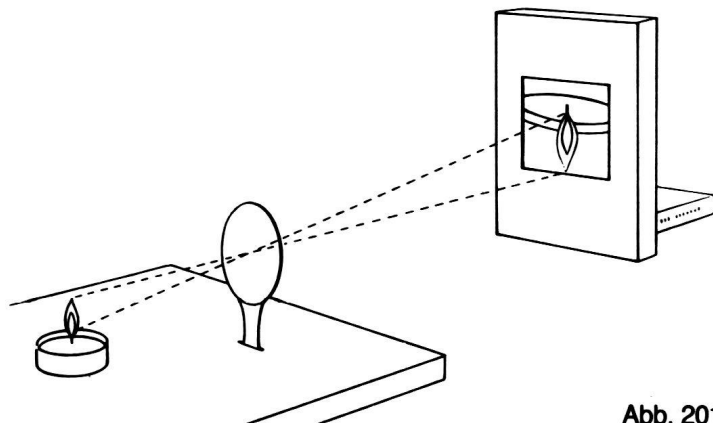


Abb. 201

8.20. Ein Vergrößerungsglas

Nimm die stark gewölbte Linse in die Hand und nähere sie den Druckzeilen einer Tageszeitung! Wenn die Linse sehr nahe heran ist, erhältst du ein stark vergrößertes Bild der Buchstaben. Dabei mußt du wieder einen ganz bestimmten Abstand einhalten. Führe dann den Bildschirm einmal an die Linse heran (wo vorher dein Auge war) und versuche, das Bild aufzufangen.

Das Bild läßt sich nicht darstellen. Es ist **indirekt** oder **scheinbar**. Die von der Zeitung reflektierten Lichtstrahlen werden auf die Linse geworfen. Brenn- und Mittelpunktstrahl schneiden sich aber nicht, wie dir die Bildkonstruktion zeigt (Abb. 202). Erst die rückwärtige Verlängerung der Strahlen ergibt einen Schnittpunkt. Eine Linse, die auf diese Weise scheinbare Bilder erzeugt, nennt man Lupe.

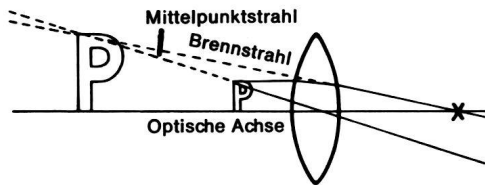


Abb. 202

8.21. Ferne Gegenstände rücken näher

Stelle die flache Linse mit der Halterung in die Führung im Schaumstoffblock. (Evtl. mußt du unter den Block ein Buch legen.) Richte sie auf das helle Stubenfenster. Fange dann mit deinem Bildschirm das Bild des Fensters auf (Fensterrahmen, Fensterkreuz, Gardine, Blumen usw.). Du kannst es von der Rückseite des Bildschirms betrachten, denn das Pergamentpapier ist durchscheinend.

Betrachte jetzt durch die stark gewölbte Linse das Bild auf dem Pergamentpapier. Halte sie dazu sehr nahe an den Schirm. Entferne dann den Bildschirm!

Du siehst das Bild des Fensters vergrößert. Man kann sagen, es ist näher herangerückt. Physikalisch kannst du dir den Vorgang leicht mit Hilfe des Strahlenganges erklären. Das Bild der flachen Linse betrachtest du mit der Lupe (Vers. 8.20.). Da das Bild im Raum „steht“, benötigst du den Bildschirm nicht (Abb. 203).

Die Linse, die dem Gegenstand – Objekt – zugekehrt ist, nennt man **Objektiv**. Dem Auge zugewandt ist das **Okular** (lat. oculus = Auge).

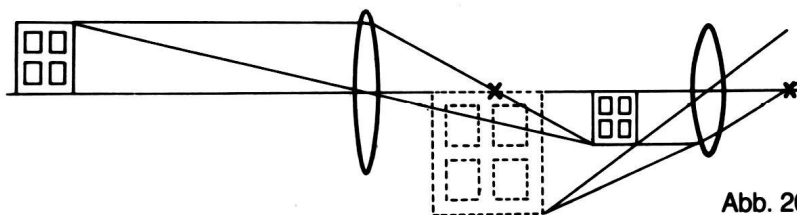


Abb. 203

Da das Bild umgekehrt ist, kann man eine solche Linsenkomination nicht als Erdfernröhr einsetzen. Aber zur Sternbeobachtung ist es gut geeignet. Es heißt darum **Astronomisches Fernrohr**. Johannes Kepler hat es erfunden. Es wird auch nach ihm benannt.

8.22. Kleiner Gegenstand ganz groß

Baue den Versuch 8.19. mit der stark gewölbten Linse noch einmal auf. Stelle das vergrößerte Bild scharf auf dem Schirm ein. Betrachte mit der flachen Linse das Bild von der Rückseite des Schirmes. Dabei mußt du mit der Linse nahe heranrücken. Entferne dann den Bildschirm. Was beobachtest du?

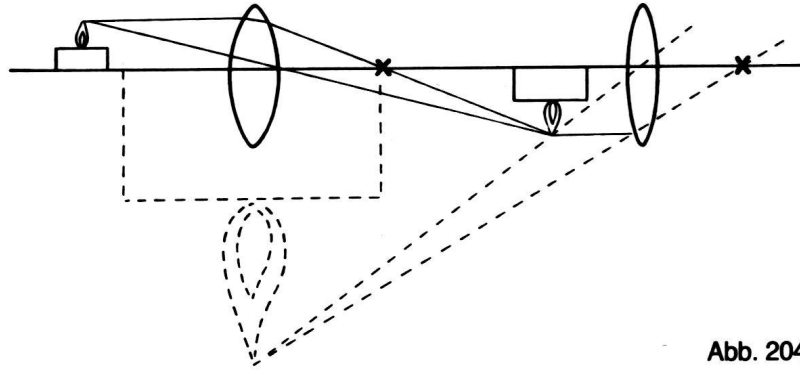


Abb. 204

Die Kerzenflamme wird stark vergrößert abgebildet. Du kannst den Docht mit seinen gedrehten Fäden gut erkennen. Das Bild ist vergrößert und umgekehrt (Abb. 204).

Eine Anordnung zweier Linsen, so wie du sie ausgeführt hast, benutzt man im **Mikroskop**. Die Vergrößerung durch das **Objektiv** (vgl. Vers. 8.21.) wird mit dem **Okular** als Lupe betrachtet. Kannst du den Strahlengang erklären?

8.23. Ist unser Auge zuverlässig?

Betrachte die Abb. 205

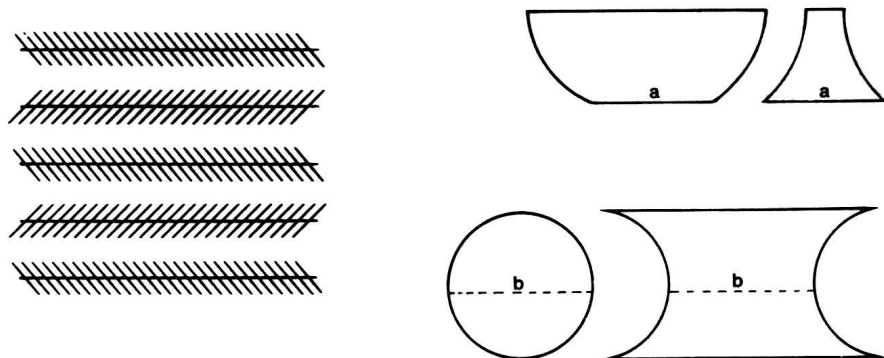


Abb. 206

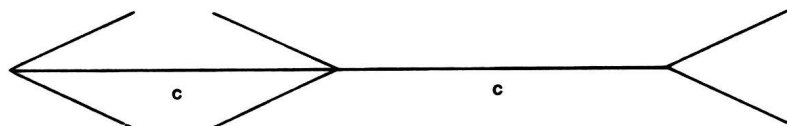


Abb. 205

Miß mit einem Lineal die Strecken a. Hättest du vermutet, daß beide Strecken gleich lang sind? Miß nun die Strecken b und c und die Größe der beiden Personen in Abb. 206. Was stellst du fest?

Das menschliche Auge ist nicht unbedingt zuverlässig. Es nimmt Eindrücke auf, die durch Nebenwirkungen verfälscht werden können. So erklären sich viele **optische Täuschungen!**

8.24. Auch eine Täuschung

Nimm einen Bogen Schreibpapier und rolle ihn zu einer Röhre. Jetzt gucke mit dem rechten Auge durch die Papierröhre. Halte gleichzeitig deine linke Handfläche links daneben und blicke mit dem linken Auge auf deine Hand. *Scheinbar hat jetzt deine linke Handfläche ein Loch, aber das ist natürlich auch eine optische Täuschung. Beim Sehen werden die Wahrnehmungen beider Augen im Gehirn zu einem Bild zusammengefügt. Da bei diesem Experiment das eine Auge die Handfläche und das andere das Innere der Röhre sieht, entsteht dieser merkwürdige Eindruck.*

8.25 Dein Auge – blind?

Betrachte die Abb. 207! Schließe das rechte Auge und richte das linke starr auf den Kreis. Achte dabei aber auch auf das Kreuz! Halte nun die Zeichnung dicht vor die Augen und rücke sie dann langsam weiter ab. Du findest eine Stelle, wo das Kreuz verschwindet. Unser Auge sieht innerhalb des Gesichtsfeldes nicht alle Gegenstände mit gleicher Deutlichkeit. Wir „richten“ das Auge auf das, was wir sehen wollen. Wie dir die Abb. 208 zeigt, liegt in gerader Linie mit dem Gegenstand hinter der Augenlinse eine besonders lichtempfindliche Fläche auf der Netzhaut. Man nennt sie den **gelben Fleck**.

Die Eintrittsstelle des Sehnerves in das Auge ist unempfindlich. Strahlen von Gegenständen, die im Auge auf diese Stelle treffen, werden nicht wahrgenommen. Man nennt sie den **blinden Fleck**.

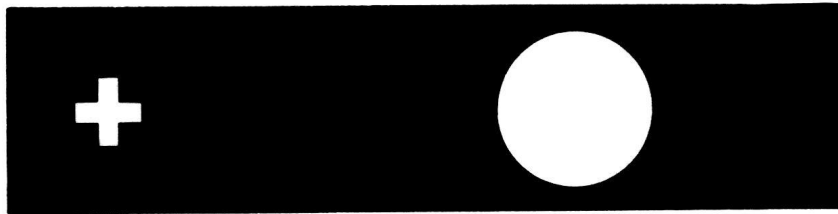


Abb. 207

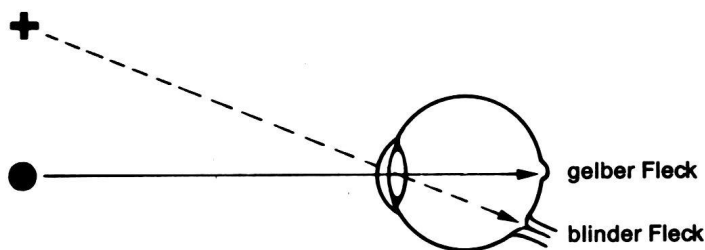


Abb. 208

8.26. Die Linse hilft

In diesem Versuch sollst du ein weitsichtiges Auge nachbilden und mit einer Linse den Augenfehler beheben.

Baue zunächst die Versuchsanordnung wie 8.17. auf. Verwende die Linse mit Griff. Nachdem du das scharfe Bild eingestellt hast, rücke den Bildschirm etwas näher an die Linse heran. Das Bild wird wieder unscharf. Du hast nun die physikalischen Ursachen eines weitsichtigen Auges nachgebildet.

Im Auge bildet die Augenlinse die Gegenstände auf der Netzhaut als Bildschirm ab (Abb. 209). Mit zunehmendem Alter, auch durch andere Ursachen, schrumpft der Augapfel etwas zusammen. Das Bild wird darum erst hinter der Netzhaut scharf. Das Auge ist dann **weitsichtig** (Abb. 210).

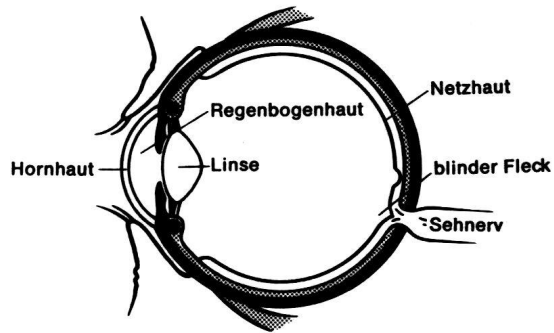


Abb. 209

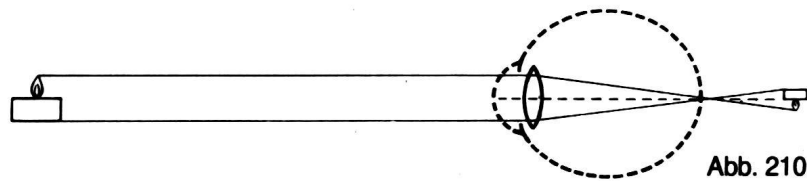


Abb. 210

Halte die stark gewölbte Linse nahe vor die andere auf der Kerzenseite. Durch vorsichtiges Verschieben der Linse kannst du das Bild wieder scharf einstellen.

*Die **Brille**, hier durch die stark gewölbte Linse dargestellt, zieht den Strahlengang zusammen. Dadurch wird das Bild auf der Netzhaut wieder scharf, und der Augenfehler ist behoben.*

8.27. Eine Schlitzblende für Versuche

Für die nächsten Versuche benötigst du eine Schlitzblende. Stelle sie dir auf einfache Weise aus der schwarzen Pappe her. Falte diese zur Hälfte und schneide einige Schlitzze hinein (Abb. 211). Lege deine Schlitzblende auf den Tisch und richte die eine Seite auf. Verstärke die Kanten an den Enden, indem du kleine Dreiecke aus Papier (Heftumschlag) hineinklebst. Nun hast du eine Schlitzblende für die nächsten Versuche.

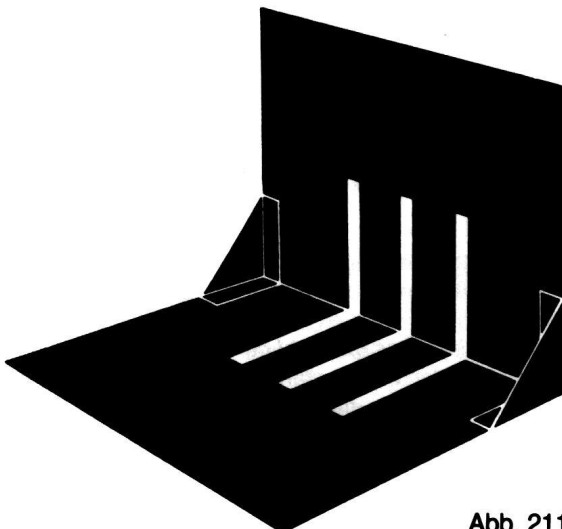


Abb. 211

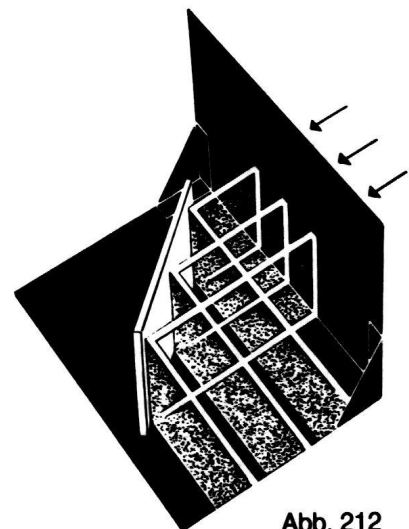


Abb. 212

8.28. Abprallende Lichtstrahlen

Baue mit einem Spiegel und der selbstgebauten Schlitzblende die Anordnung nach Abb. 212 auf. Laß nun Sonnenstrahlen durch die Schlitzblende auf den Spiegel fallen!

*Durch den Spiegel werden Lichtstrahlen zurückgeworfen. Sie verlieren dabei kaum an Helligkeit. Die Strahlen prallen aber nicht beliebig vom Spiegel ab. Sie werden immer nur in eine bestimmte Richtung reflektiert. Man spricht daher in der Physik von einer **gerichteten Reflexion** des Lichts an einem Spiegel. Sie ist nur bei sehr glatten Oberflächen möglich.*

8.29. Weißes Papier als Spiegel?

Verwende für diesen Versuch wieder den Aufbau nach Abb. 212, benutze aber statt des Spiegels einen Bogen weißes Papier. Richte die Schlitzblende so, daß Sonnenstrahlen durch sie auf den Papierbogen fallen. Vergleiche mit dem Ergebnis aus Vers. 8.28.

*Die Sonnenstrahlen werden nicht zurückgeworfen. Zwar ist der ganze Raum hell, aber reflektierte Strahlen sind nicht zu erkennen. Das Licht der Strahlen ist beim Auftreffen auf den Papierbogen in alle Richtungen zerstreut worden. Man nennt einen solchen Vorgang eine ungerichtete oder **diffuse Reflexion**.*

8.30. Merkwürdiges zur Spiegelschrift

Stelle den Spiegel aufrecht auf eine Tageszeitung oder Druckschrift. Schauge schräg in den Spiegel.

Der Spiegel bildet die Schrift in gleicher Größe ab. Die Buchstaben werden auch in scheinbar gleicher Entfernung abgebildet. Nur oben und unten werden nicht vertauscht. Der Spiegel reflektiert nur in einer Ebene: Links und rechts werden zwar vertauscht, oben und unten bleiben aber erhalten.

8.31. Sehen wir uns selbst?

Betrachte dich in deinem Spiegel! Zwinkere mit dem linken Auge! Ist es auch das linke Auge in deinem Spiegelgesicht?

Da der Spiegel nur in einer Ebene reflektiert (vgl. Vers. 8.30.), ist unser linkes Auge in unserem „Spiegelgesicht“, das uns „ansieht“, das rechte.

Wir sehen uns also gar nicht so, wie wir wirklich sind. Vielleicht verstehst du nun, warum einige Leute meinen, sie sähen so wie auf einer Fotografie in Wirklichkeit nicht aus. Aber das Foto ist eine genaue Wiedergabe, das Spiegelbild nicht!

8.32. Um die Ecke sehen

Stelle dich mit deinem Spiegel an eine Hausecke. Halte den Spiegel mit der Hand so an die Ecke, daß du um sie herumsehen kannst!

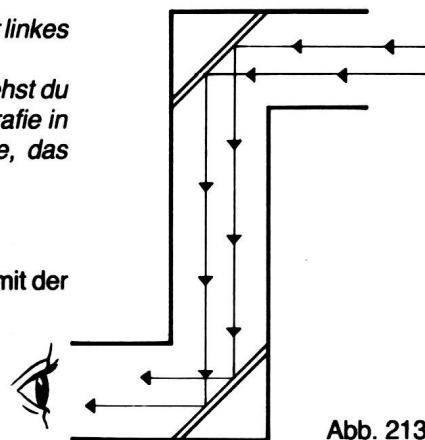


Abb. 213

*Du hast erfahren, daß ein Spiegel Lichtstrahlen reflektiert. Das gilt nicht nur für Sonnenstrahlen, sondern auch für Strahlen, die von den Gegenständen ausgehen. Die **gerichtete Reflexion** gestattet ein Sehen „um die Ecke“.*

*Mit diesem Versuch hast du das Prinzip des **Periskops** auf einfachste Weise erfahren. Beim Periskop verwendet man zwei Spiegel (Abb. 213). Damit ist es möglich, z. B. aus einem getauchten Unterseeboot über die Wasseroberfläche zu schauen.*

8.33. Fotografieren ohne Linse?

Aus einem kleinen Pappkarton mit Deckel (ca. 5 cm hoch) und einem Bogen Pergamentpapier kannst du dir ein Gerät bauen, das dir die wichtigsten Funktionen eines Fotoapparates zeigt! Brenne in die Mitte des Kartonbodens ein Loch mit einer glühenden Nähnadel. In den Deckel schneidest du ein Fenster von etwa 3×4 cm Größe. Überklebe das Fenster mit Pergamentpapier. Verfahre dabei so, wie du den Bildschirm (Vers. 8.16.) hergestellt hast.

Richte dein Gerät auf einen gut beleuchteten Gegenstand, z. B. das Fenster deines Zimmers, und betrachte das Pergamentpapier!

Auf dem Papier erscheint das Bild des Gegenstandes. Es steht auf dem Kopf. Wie dir die Bildkonstruktion zeigt, überkreuzen sich die Lichtstrahlen in der Öffnung (Abb. 214). Man nennt das Gerät, das du gebaut hast, eine **Lochkamera**.

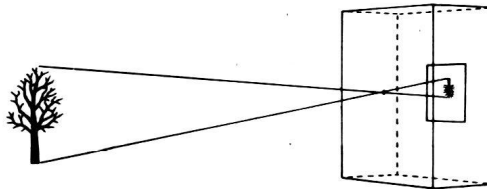


Abb. 214

8.34. Ein unscharfes Bild

Vielleicht befriedigt dich das dunkle Bild der Lochkamera nicht recht. Es gelangen nur wenige Lichtstrahlen durch die kleine Öffnung. Versuche einmal, diesen Mangel zu beheben, indem du die Öffnung auf etwa 1 cm Durchmesser vergrößerst! Beobachte wieder das Bild auf dem Pergamentpapier.

Das Bild ist nicht mehr zu erkennen. Die Umrisse erscheinen, wenn überhaupt, sehr verschwommen (Abb. 215).

Die Strahlen überschneiden sich nicht mehr in einem Punkt, sondern in einer Fläche. Darum wird das Bild unscharf.

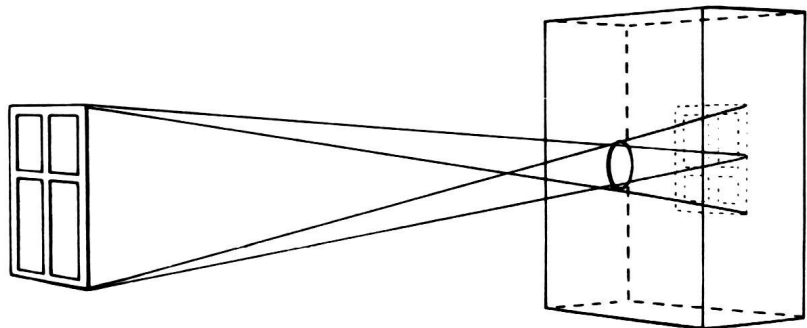


Abb. 215

8.35. Hell und klar

Du hast mit der Linse schon experimentiert und gesehen, daß sie Abbildungen erzeugen kann. Sie kann dir helfen, bei der Lochkamera ein helles und klares Bild zu erhalten.

Baue die stark gewölbte Linse in deine Kamera ein. Befestige sie dazu mit zwei Klebestreifen vor der Öffnung im Boden des Kartons. Beobachte dann den Bildschirm. Du kannst das Bild scharf einstellen, indem du den Deckel etwas verschiebst.

Das Bild steht auf dem Kopf. Zur Erklärung des Strahlenganges betrachte noch einmal Abb. 198. Im Schnittpunkt von Brennstrahl und Mittelpunktsstrahl entsteht wieder der Punkt des Gegenstandes als Bild, von dem die Strahlen ausgegangen sind.

8.36. Ein Linsenfehler wird behoben

Richte deinen Apparat auf ein Fenster. Beobachte einmal genau das Bild auf dem Pergamentpapier. Vielleicht hängst du dir eine Decke oder ein dunkles Tuch über, so wie es die Fotografen zu Opas Zeiten getan haben. Beim genauen Betrachten des Bildes entdeckst du, daß das Bild an den Rändern unscharf ist. Es läßt sich durch Verändern des Abstandes mit dem Deckel auch nicht scharf einstellen. Technisch ist es schwierig, **verzeichnungs-freie** Linsen herzustellen.

Behebe den Linsenfehler! Nimm dazu einen kleinen Rahmen, den du aus schwarzem Papier ausschneidest. Die Öffnung soll etwa 2×2 cm betragen. Klebe den Rahmen auf das Pergamentpapier im Deckel. Nun hast du die Unschärfen abgedeckt. Freilich ist das Bild auch kleiner geworden. Alle Kameras nutzen auch nur einen Teil der möglichen Bildfläche aus, um Unschärfen am Bildrand zu vermeiden.

8.37. Wir zaubern „Tiefenschärfe“

Richte deine Kamera auf eine Landschaft, z. B. aus dem Fenster heraus. Du erkennst, daß das Bild nicht alles scharf wiedergibt. Du kannst durch Verschieben des Deckels immer nur Gegenstände in einem bestimmten Entfernungsbereich scharf bekommen, entweder nah – das Fensterkreuz etwa – oder fern – z. B. Häuser oder Bäume im Hintergrund.

Mit einer „Blende“ kannst du den Mangel beheben. Schneide in einen schwarzen Papierbogen (ca. 5×5 cm) ein Loch von etwa 5 mm Durchmesser. Befestige diese „Blende“ mit Klebestreifen vor der Linse deiner Kamera. Prüfe nun wieder das Bild!

Das Bild ist dunkler geworden. Dafür hat die Schärfe über einen größeren Entfernungsbereich zugenommen. Die „Tiefenschärfe“ ist größer geworden.

Zur Erklärung betrachte den Strahlengang ohne Blende (Abb. 216). Im Schnittpunkt, wo das Bild entsteht, treffen die Strahlen unter einem großen Winkel aufeinander. Sie streben stark auseinander, wenn man die Bildebene etwas verschiebt.

Die Abb. 216 zeigt den Strahlengang beim Abblenden. Er ist beschnitten, und die Strahlen treffen im Bildpunkt nur unter einem flachen Winkel aufeinander. Steht nun die Bildebene nicht genau im Schnittpunkt der Strahlen, so ist die Unschärfe trotzdem nur gering. Die Strahlen streben nur wenig auseinander.

Unser Auge erkennt Flächen unter 0,2 mm Durchmesser in normaler Entfernung nur noch scharf als Punkt. Man sagt, das Auflösungsvermögen des Auges beträgt 0,2 mm.

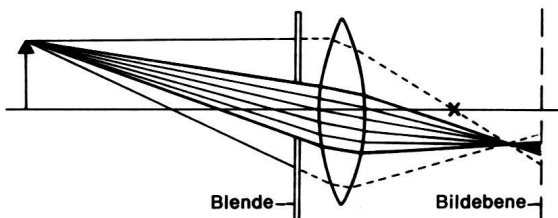


Abb. 216

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

D