

*Schuco*®

# PHYSIK



SCHUCO  
EXPERIMENTER-  
TECHNIK

D

6501/6502

**Anleitungsbuch**

**Physik A**  
Elektro-Technik

**Physik B**  
Solar-Technik



© G. A. Mangold – Fürth

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

Wir übernehmen keine Gewähr, daß die in diesem Buch enthaltenen Angaben frei von Schutzrechten sind.

Technische Änderungen vorbehalten.



***Schuco***<sup>®</sup>

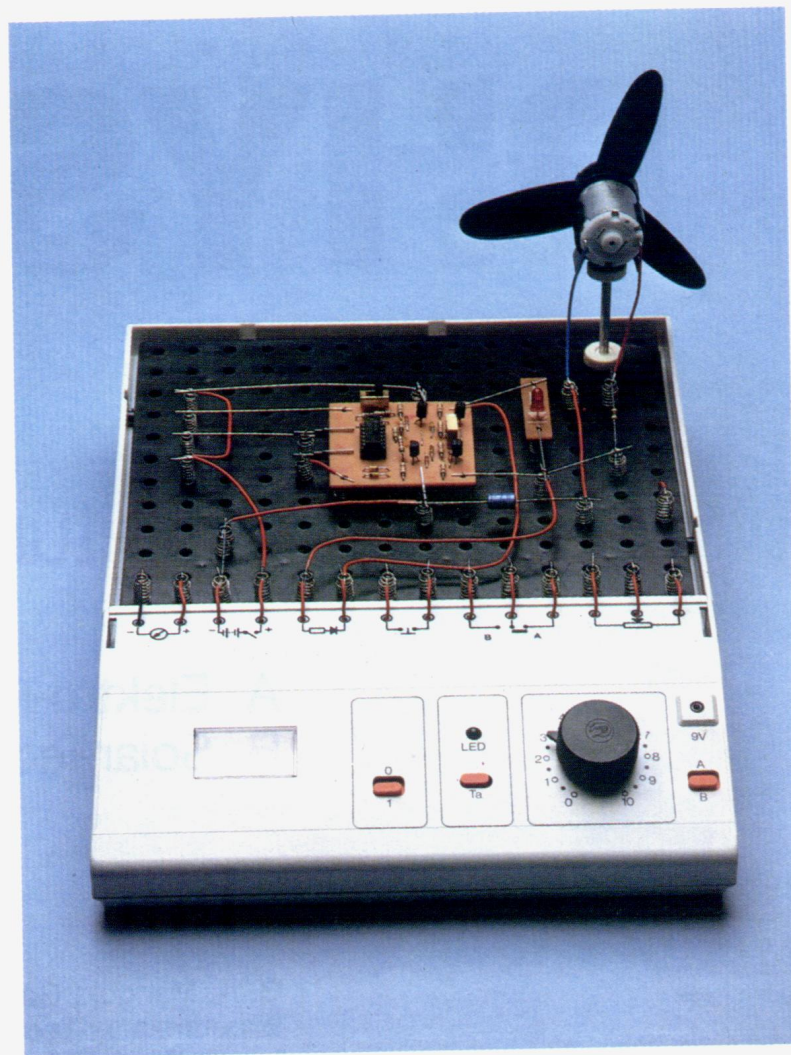
# PHYSIK

## Anleitungsbuch

A	Elektro-Technik	6501
B	Solar-Technik	6502

G. A. Mangold GmbH. u. Co. KG  
Experimentier-Technik  
Lange Straße 69–75  
8510 Fürth/Bayern  
Tel. (09 11) 7 81 81







## Vorwort

Viele große Naturwissenschaftler haben sicherlich wie du in ihrer Jugend angefangen, mit einfachen Mitteln die Fragen aus den Gebieten der Physik, Chemie oder Biologie durch eigene Experimente zu beantworten, um so die Natur und ihre Gesetze zu begreifen. Weit in die Vergangenheit reichen die physikalischen Forschungen der Naturwissenschaftler, die mit ihren neugewonnenen Erkenntnissen ihre Umwelt oft in Staunen, manchmal sogar in Furcht versetzten. Ihre Forschungsergebnisse und Erfindungen haben immer wieder große Veränderungen im Leben der Menschen ausgelöst.

Mit diesem Physik-Experimentierkasten hast du eine Ausrüstung erworben, die es dir ermöglicht, erste Experimente durchzuführen und mit weitergehenden Forschungen in verschiedene Gebiete der Physik einzudringen.

Dazu liegt ein umfangreiches Anleitungsbuch bei, in dem alle Experimente ausführlich beschrieben und auch erklärt sind. Es soll dir die notwendigen Hilfen beim Experimentieren und Einblick in physikalische Regeln und Gesetze geben, jedoch kein Physik-Lehrbuch ersetzen.

Bevor du anfängst zu experimentieren, solltest du unbedingt den Abschnitt **„Ohne Vorbereitung geht es nicht“** lesen, denn hier werden die Vorarbeiten erläutert und die Bauteile vorgestellt. So vermeidest du Fehler beim Aufbau und erhältst dir die Freude am Experimentieren.

Liebe Eltern,

Sie haben ein Qualitäts-Produkt erworben, das dem Stand der Technik entspricht und damit die gültigen Sicherheitsbestimmungen erfüllt.

Bedenken Sie aber auch, daß der Umgang mit der Netzspannung immer Gefahren in sich birgt, und daher bitten wir Sie, Ihre Kinder zu entsprechend vorsichtigem Verhalten anzuleiten.

Wir möchten Sie außerdem darauf hinweisen, daß Sie verpflichtet sind, jeden Sicherheits-Transformator, jede Ladeeinheit und jeden Netzadapter regelmäßig auf mögliche Gefahren, wie z. B. Schäden am Gehäuse, am Stecker und an der Leitung zu untersuchen. Falls Sie solche Schäden feststellen, darf das Spielzeug nicht weiterbenutzt werden, bis der Schaden ordnungsgemäß behoben ist. (VDE-Vorschrift 700, Teil 209, Seite 3)



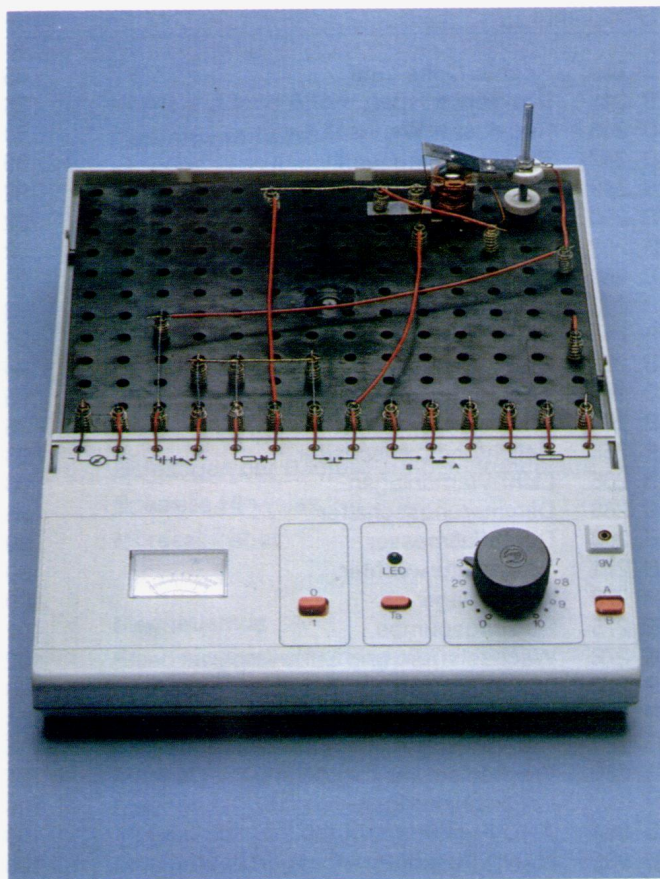
# Inhaltsverzeichnis

Experiment	Seite	Experiment	Seite
<b>Vorwort</b>	3	<b>Fliegen und Gleiten</b>	26
<b>Hinweis „Liebe Eltern . . .“</b>	3	46 Auftrieb im Wasser	27
<b>Experimentierbox</b>	6	50 Auftrieb in Gasen	28
<b>Steckernetzteil</b>	6	52 Auftrieb durch strömende Luft	28
<b>Bauteile-Verzeichnis</b>	7	55 Anstellwinkel	29
		57 Eben oder gewölbt?	29
		61 Der Sturm deckt Dächer ab	30
<b>Ohne Vorbereitung geht es nicht</b>	8	62 Windschatten	31
Bauteile der Experimentierkästen A und B	8	64 Steuerung	31
Abbildung der Bauteile	8	67 Propellerantrieb	31
Bauteile der Experimentierbox	10	68 Hubschrauberflug	31
Vorbereiten der Experimentierbox	11		
Befestigen der Bauteile auf der Grundplatte	13	<b>Elektrizität</b>	32
Spezielle Hinweise	15	70 Anzeige für den Strom	33
Morsealphabet	15	74 Stromkreis	34
		78 Leiter oder Nichtleiter	36
<b>Magnetismus</b>	16	82 Spannungsuntersuchungen	38
1 Eisen magnetisch aufgespürt	16	85 Das Meßgerät	39
4 Magnetkraft durchdringt Stoffe	16	87 Stromstärkemessungen	40
8 Wer angelt am besten?	17	90 Widerstände	41
9 Der Magnet ist unbestechlich	17	96 Spannungen an Widerständen	44
11 Magnetkraft übertragen	17	98 Reihenschaltung von Widerständen	45
15 Magnetkraft verschieden stark	18	101 Spannungsteilung	46
17 Magnetkraft aus der Entfernung	18	111 Potentiometer	48
19 Magnetkraft abgeschirmt	18	113 Parallelschaltung von Widerständen	49
20 Magnetisches Kraftfeld	18	117 Veränderliche Widerstände	50
22 Pole des Magneten	19	127 Kondensatoren	51
24 Kompaß und Magnet	20	132 Entladestrom	53
25 Magnetkraft umgekehrt	20	135 Reihenschaltung mit Kondensatoren	54
26 Kompaß als Orientierungshilfe	21	137 Parallelschaltung mit Kondensatoren	54
27 Deklination und Inklination	21	139 Verschiedene Stromkreise	55
29 Orientierung ohne Kompaß	22	145 Elektrische Sicherung	57
31 Magnetische Anziehung und Abstoßung	22	147 Stromkreis und Kompaß	57
35 Magnetkraft – selbst erzeugt	23	149 Eine selbstgewickelte Spule	58
40 Magnetkraft geteilt	24	152 Elektromagnetische Kräfte	59
42 Ein Kompaß-Schiff	24	153 Spule und Kompaß	59
43 Ein selbstgebauter Kompaß	25	B 159 Elektromagnetischer Schalter	61
44 Entmagnetisieren	25	B 160 Ein selbstgebauter Summer	62
		162 Der Elektromotor	63
		170 Stromerzeugung	65



Experiment	Seite	Experiment	Seite
173 Windmeßgerät	66	B 240 Rechts-Links-Lauf	85
B 174 Energiequelle Sonne	66	B 241 Blinklichtanlagen	86
B 175 Solarstrom treibt Motor an	66	B 246 Regelbarer Wechselblinker	88
B 176 Solar-Meßgerät	67	B 247 Sensorschaltungen	89
		B 249 Sensor-Wechselschalter	92
<b>Physik in unserer Welt</b>	68	B 250 Sensor-Motorschalter	92
177 Luft und Luftdruck	68	B 252 Sensor-Intervallschalter	92
184 Erwärmte Luft	69	B 253 Feuchtigkeitsanzeiger	92
187 Wasser und Eis	70	B 260 Automatische Abpumpanlage	93
191 Wärme wandert	70	B 261 Drehrichtungsanzeige	94
195 Oberflächenspannung	71	B 262 Drehzahlmesser	94
199 Das schwebende Ei	72	B 263 Lichtkontrollanlagen	95
200 Töne und Geräusche	72	B 264 Automatisches Notlicht	95
205 Licht und Schatten	73	B 265 Belichtungszeitschalter	96
207 Optische Täuschungen	74	B 266 Licht-Warnanlagen	96
210 Reaktionstest	74	B 268 Dämmerungsschalter	98
		B 269 Durchflußmesser	99
<b>Elektrostatik</b>	75	B 271 Temperaturwächter	100
211 Unsichtbare Kräfte	75	B 273 Klimaanlage	100
212 Gleiche und ungleiche Ladungen	75	B 275 Heizungspumpe	102
214 Ein Meßgerät für elektrische Ladungen	76	B 276 Wechselstrom und Stromimpulse	102
215 Statische Elektrizität	76	B 278 Impuls-Steuerung	103
218 Tanzendes Papier	77	B 280 Dimmer	104
221 Der verbogene Wasserstrahl	78	B 281 Umblendregler	104
223 Ladungsträger	78	B 282 Wechselstromschaltungen	104
224 Haare sträuben sich	78	Logikschaltungen	106
		B 284 AND-Funktion	106
<b>Steuer- und Regeltechnik</b>	79	B 285 NAND-Funktion	106
Das IC-Steuermodul	79	B 286 OR-Funktion	107
B 225 Das IC-Steuermodul als Verstärker	79	B 287 NOR-Funktion	108
B 226 Brückenverstärker	79		
B 227 Das IC-Steuermodul als bistabiler Multivibrator	80	<b>Stromleitung in Flüssigkeiten</b>	109
B 229 RS-Flip-Flop	81	B 288 Stromfluß im Wasser	109
B 230 Das IC-Steuermodul als Schmitt-Trigger	82	B 290 Strom durch Flüssigkeiten	109
B 232 Maschinensteuerungen	82	B 295 Flüssige Nichtleiter	110
B 236 Drehzahlregelung	84	B 298 Strom durch die Erde	110
B 237 Ausschalverzögerungen	85	B 302 Stromerzeugung durch chemische Vorgänge	111
B 239 Treppenhauslicht	85	B 306 Strom aus Obst	111
		B 309 Akkumulatoren	112
		B 312 Solar-Stromversorgung	113

# Experimentierbox



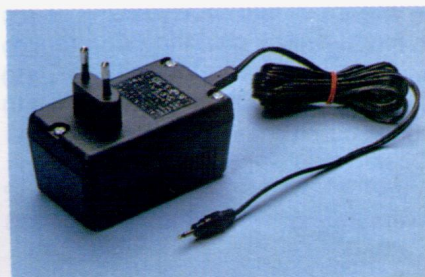
Die **Experimentierbox** besteht nach der Montage aus dem **Experimentierfeld** mit der Grundplatte, dem Batteriehalter, der Abdeckhaube und dem **Bedienungspult**.

Experimentierfeld

Anschluß für  
Netzgerät

Bedienungspult

Meßwerk    Ein-  
Aus-    LED    Potentio-  
Schalter    Tast-    meter  
schalter    schalter    Schiebe-  
schalter



Als Zubehör lieferbar:  
**Steckernetzteil 6-6155**  
(VDE-geprüft)

Nur Netzteil verwenden, das Gleichspannung 9 Volt bei einem Strom von 300–450 mA abgibt. Der Pluspol muß am vorderen Kontakt des Klinkensteckers liegen.



# Bauteile der Experimentierkästen

Bestell-Nr.	Bezeichnung	Menge	
		A	B
349.2604	Platine mit Bedienungselementen Tastschalter 2 x Schiebeschalter Potentiometer, 10.000 Ohm Leuchtdiode, grün Vorwiderstand, 470 Ohm Federleiste, 14polig Netzanschlußbuchse	1	1
349.2549	Gehäuse	1	1
349.2606	Rahmeneinsatz	1	1
349.2605	Frontplatte	1	1
349.2521	Grundplatte	1	1
349.2553	Batteriehalter, komplett	1	1
349.2554	Zeigerknopf	1	1
349.2534	Knopfaufsatz	2	2
349.5141	Solarzelle mit Halterung		1
349.5138	Motor	1	1
349.2700	IC-Steuermodul		1
349.2603	Meßwerk	1	1
349.2547	Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand	1	1
349.1125	Diode	2	2
349.1004	Widerstand		
	4,7 Ohm (gelb, violett, gold)	1	1
	10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)	1	1
	100 Ohm (braun, schwarz, braun)	1	1
	470 Ohm (gelb, violett, braun)	1	1
	4.700 Ohm (gelb, violett, rot)	1	1
	47.000 Ohm (gelb, violett, orange)	1	1
349.2701	Drahtwiderstand 0,1 Ohm (0R1)	1	1
349.1006	Elektrolyt-Kondensator 10 µF	1	1
	100 µF	1	1

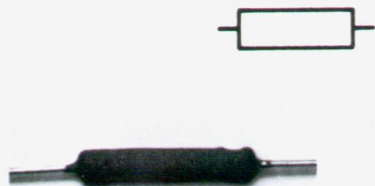
Bestell-Nr.	Bezeichnung	Menge	
		A	B
349.1010	LDR – Lichtempfindlicher Widerstand		1
349.2558	NTC – Temperaturabhängiger Widerstand 1.300 Ohm		1
349.5021	Kompaß	1	1
349.4072	Kupferblech		1
349.4371	Zinkblech		1
349.2526	Klemmen	25	50
349.1016	Blanker Draht	4 m	4 m
349.1017	Isolierter Draht	4 m	4 m
349.5003	Spulendraht – Kupferlackdraht (Enden abisolieren)		10 m
349.1154	Stanzstift	1	1
349.2051	Stiftkontakt	12	12
349.2057	Gummitülle	12	12
349.2590	Gabelkontakt		4
349.2610	Blechschrabe	7	7
349.4124	Stab aus PVC	1	1
349.5004	Spulenkörper	1	1
349.5005	Schloßschraube und Mutter	1	1
349.5018	Stahldraht	1	1
349.5020	Stabmagnet	1	1
349.5022	Röhrchen mit Eisenfeilspänen	1	1
349.5025	Krokodilklemme		2
349.5050	Luftballon	1	1
349.5139	Propeller	1	1
349.5140	Halter für Motor	1	1
349.5144	Rändelmutter	2	2
349.5146	Lötöse mit Draht		1
349.5147	Schraube M4	1	1
349.5148	Mutter M4	1	1
349.5149	Anker		1
349.5150	Summerkontakt		1
349.2705	Anleitungsbuch	1	1

Alle Bauteile kannst du bei deinem Fachhändler nachkaufen oder direkt bei der auf der letzten Seite angegebenen Adresse bestellen.

# Ohne Vorbereitung geht es nicht

## Bauteile der Experimentierkästen A und B

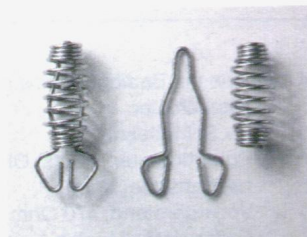
Durch die folgenden Fotos werden die Bauteile der Experimentierkästen A und B vorgestellt. Bei jedem Foto findest



Drahtwiderstand



blanker Draht



Klemme

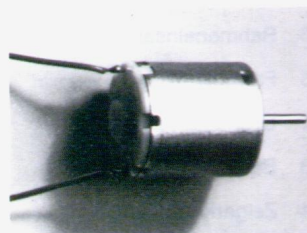


Widerstand  
4 Farbringe (gold rechts)

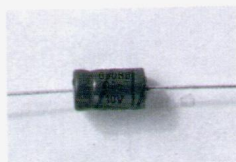


isolierter Draht

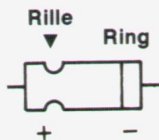
Enden  
abisolieren



Motor



Elektrolyt-Kondensator



Achtung: richtig herum einsetzen

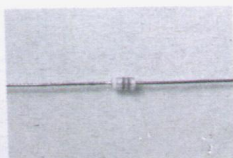


Spulendraht – Kupferlackdraht

Enden  
abisolieren



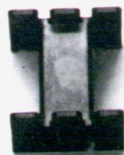
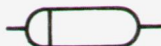
Propeller



Diode

Achtung: richtig herum einsetzen

breiter  
Farbring



Spulenkörper

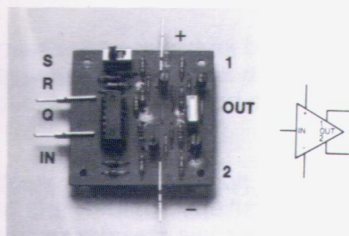


Halter für Motor



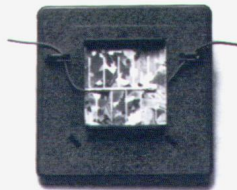
# Ohne Vorbereitung geht es nicht

du eine symbolhafte Abbildung, die im Verdrahtungsplan verwendet wird.



IC-Steuermodul

Achtung:  
Anschlüsse nicht vertauschen  
Gabelkontakt aufstecken



Solarzelle/Halterung

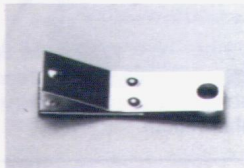


Leuchtdiode rot  
mit Vorwiderstand

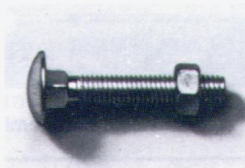
Achtung:  
richtig herum einsetzen



Kompaß



Summerkontakt



Schloßschraube/Mutter



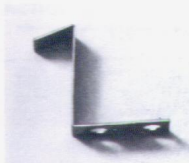
Schraube M4 mit Mutter M4  
und Rändelmutter



Stabmagnet



Stab aus PVC



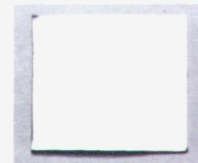
Anker



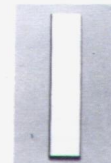
Krokodilklemme



Lötöse mit Draht



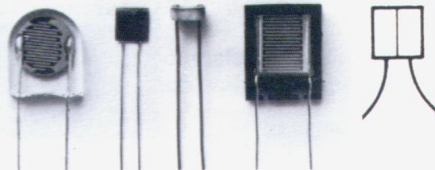
Kupferblech



Zinkblech



NTC



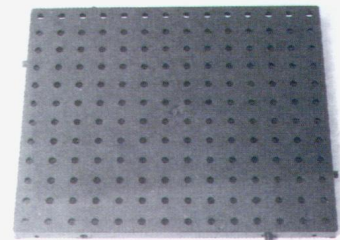
LDR



Gabelkontakt



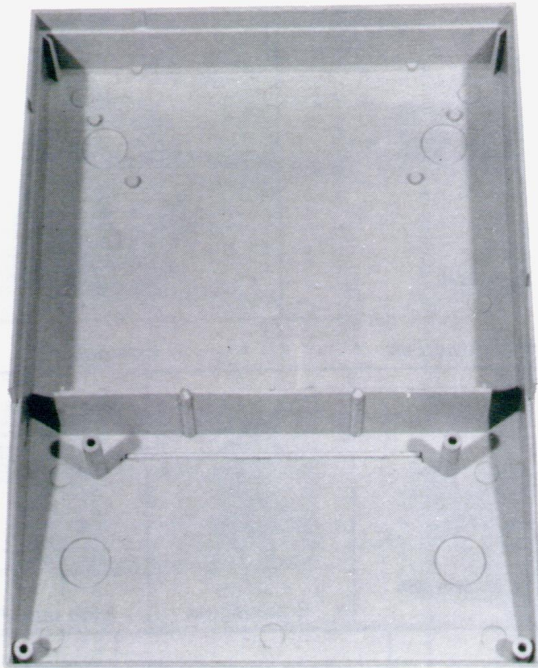
Stanzstift



Grundplatte

# Ohne Vorbereitung geht es nicht

## Bauteile der Experimentierbox



Gehäuse



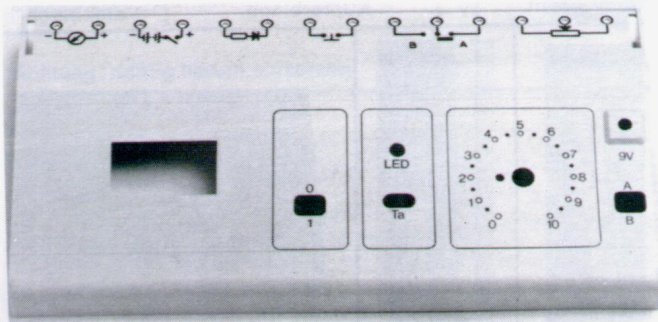
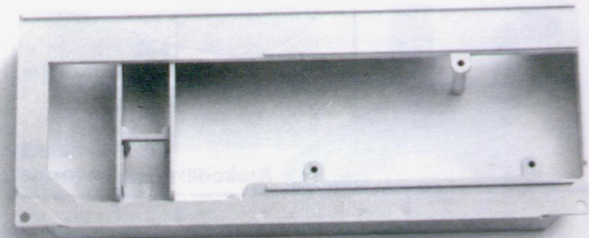
Zeigerknopf



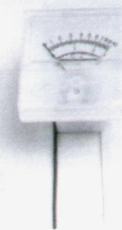
Batteriehalter mit Anschlußkabeln

Rahmeneinsatz

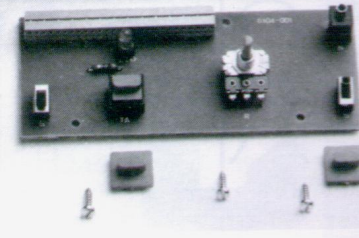
Platine mit Bedienungselementen



Frontplatte für Bedienungspult



Meßwerk



Knopfaufsatz für Schiebeschalter

Blechschauben



## Vorbereiten der Experimentierbox

Die **Experimentierbox** besteht nach der Montage aus dem **Experimentierfeld** mit der Grundplatte, dem Batteriehalter, der Abdeckhaube und dem **Bedienungspult**.

Dieses Bedienungspult wird als erstes aufgebaut. In die vordere Abteilung der Experimentierbox wird der **Rahmeneinsatz** eingelegt. Darauf liegt an der rechten Seite leicht schräg die Platine mit den fest montierten **Bedienungselementen**. Die drei Bohrlöcher der Platine müssen sich mit denen im Rahmeneinsatz decken, damit die Platine mit den drei selbstschneidenden Schrauben (Blechschrauben) fixiert werden kann.

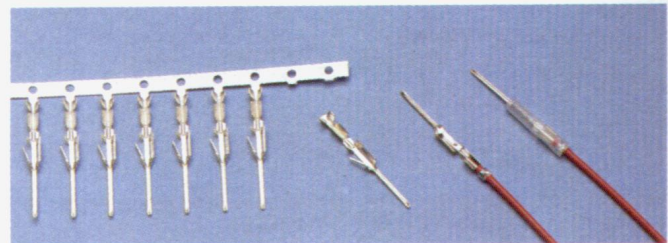
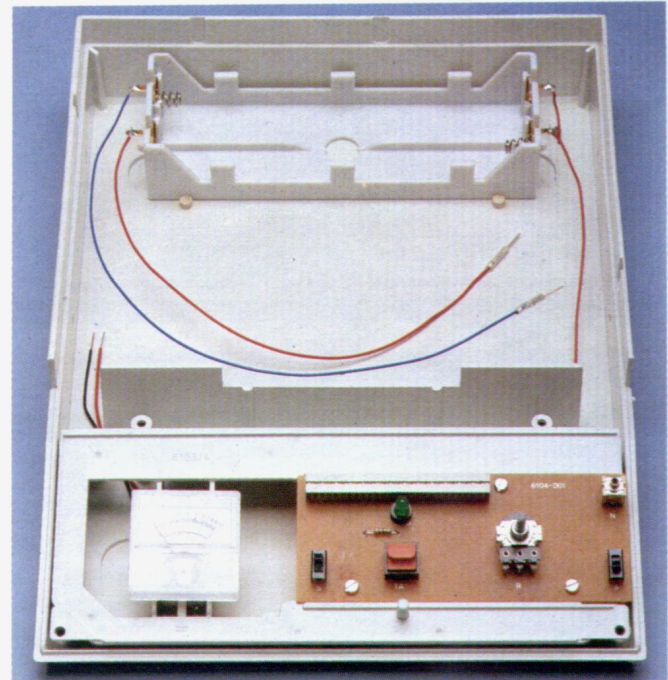
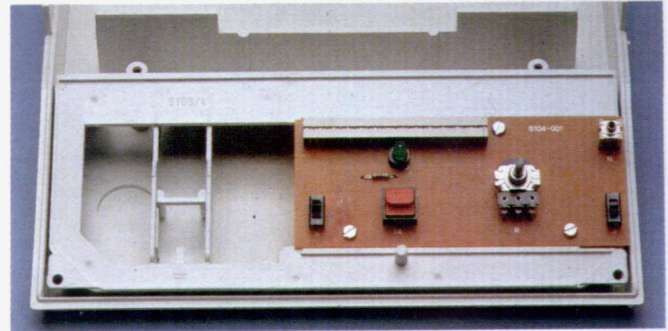
Das Meßwerk wird einfach von oben links in den Rahmeneinsatz gesteckt. Die angelöteten Anschlußdrähte führen durch die Aussparung des Rahmeneinsatzes heraus.

**Achtung:** Das Meßwerk niemals direkt an die Batterie anschließen.

Um eine feststehende Verdrahtung zwischen dem Bedienungspult und dem Experimentierfeld herzustellen, müssen zwölf Drähte von 14 cm Länge abgeschnitten und mit Stiftkontakten versehen werden.

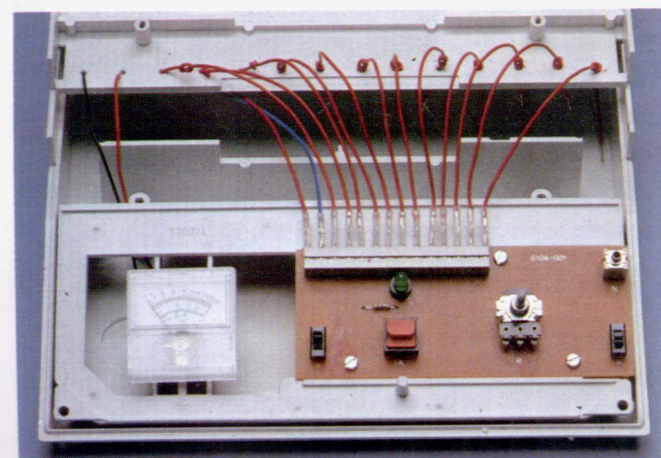
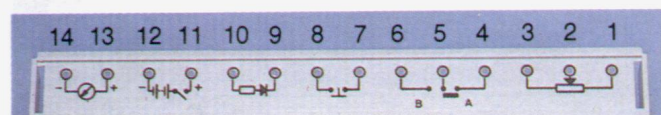
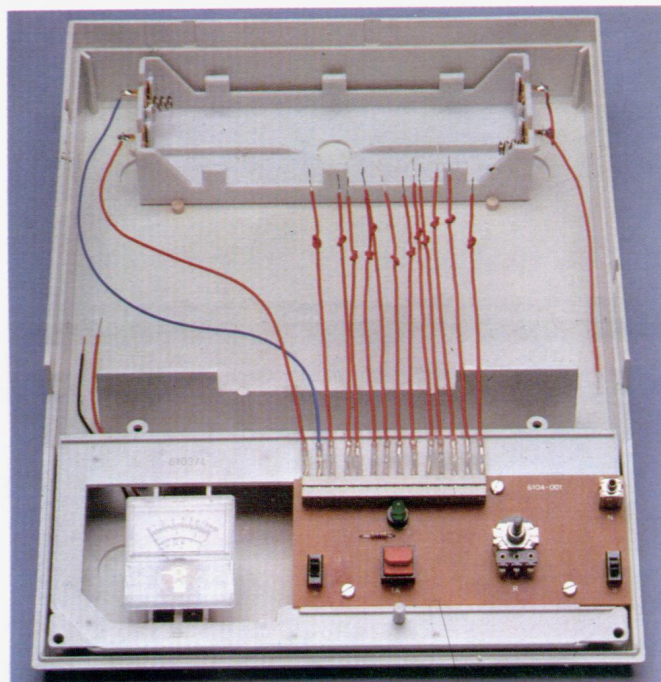
Die Stiftkontakte müssen von dem schmalen Metallband durch mehrmaliges Hin- und Herbieten vorsichtig abgetrennt werden.

Dann werden die Drähte an beiden Enden ca. 1 cm abisoliert. Auf einer Seite drückt man mit einer Flachzange den Stiftkontakt fest und schiebt eine Gummitülle (15 mm lang abschneiden) darüber, damit keine Kurzschlüsse entstehen. Die andere Seite des Drahtes bleibt frei.





# Ohne Vorbereitung geht es nicht



Die Stiftkontakte dieser 12 Drähte schiebt man dann in die Buchsen 1–12 der Buchsenleiste auf der Platine.

Achtung: Benutze nur die oberen Buchsen genau über den Ziffern. Nur sie geben Kontakt.

Damit beim späteren Experimentieren diese Drähte nicht aus den Buchsen gerissen werden, macht man in jeden Draht etwa 5 cm vom freien abisolierten Ende einen Knoten.

Zur Stromversorgung müssen zwei Verbindungen vom Batteriehalter zum Bedienungspult hergestellt werden. Am Batteriehalter befinden sich drei Drähte, die bereits vormontiert wurden. Lege den Batteriehalter so in die Box, daß die Seite, an der zwei Drähte abgehen, links liegt. An diese beiden Drähte werden jetzt auch wie eben beschrieben je ein Stiftkontakt befestigt (der einzelne Draht auf der anderen Seite bleibt frei).

Der Stiftkontakt der roten Drahtes (+) wird in die Buchse + B und der des dunklen in die Buchse – B der Platine gesteckt.

Nun müssen alle 14 Buchsen belegt sein.

In der Frontplatte für das Bedienungspult sind bei den Schaltsymbolen 14 Löcher. Die Zählung beginnt auf der rechten Seite bei Loch Nr. 1 und endet auf der linken Seite bei Nr. 14.

Durch diese Löcher werden jetzt von innen die 12 Verbindungsdrähte von der Buchsenleiste (Buchsen 1–12) hindurchgesteckt.

ACHTUNG: Stecke den Draht von Buchse 1 durch das Loch 1, von Buchse 2 durch das Loch 2 usw. bis zum Draht von Buchse 12 durch das Loch 12.

Stecke den dunklen Draht vom – Anschluß des Meßwerks durch Loch 14 und den Draht vom + Anschluß des Meßwerks durch Loch 13.

Alle 14 Drahtenden werden später in entsprechenden Klemmen auf der Grundplatte befestigt.

Zum Abschluß sind noch die beiden Knopfaufsätze für die Schiebeschalter aufzusetzen und die Frontplatte für das Bedienungspult mit vier Blechschrauben, die von unten eingedreht werden, zu montieren. Man muß hierbei darauf achten, daß kein Draht aus der Befestigung rutscht.

Jetzt können die 6 Batterien (R 14 P) in den Batteriehalter eingelegt werden. Die richtige Lage ist auf dem Boden des Batteriehaltes zu erkennen.



## Ohne Vorbereitung geht es nicht

Das eigentliche Experimentierfeld ist die schwarze Grundplatte mit den vielen Löchern. Sie wird in die hintere Abteilung der Experimentierbox eingelegt. Zur Befestigung der Bauteile und zum Herstellen von Drahtverbindungen dienen Klemmen, die von oben durch ein Loch der Grundplatte gesteckt werden, bis sie einrasten. Für feststehende Verbindungen des Bedienungspults mit dem Experimentierfeld setzt man in die Reihe neben den herausragenden Drähten des Bedienungspults auf der Grundplatte 14 Klemmen ein. An diese Klemmen werden die Drähte aus den Löchern 1–14 auf dem kürzesten Wege angeschlossen. Der abisolierte Draht muß vollständig durchgesteckt werden. Diese Verbindungen bleiben immer bestehen, auch wenn nicht alle bei jedem Experiment benötigt werden.

Für einige Experimente wird nur die halbe Betriebsspannung von 4,5 Volt benötigt. Dazu führt man den einzelnen roten Draht, von der rechten Seite des Batteriehalters, unter der Grundplatte entlang, schiebt ihn durch ein Loch der Grundplatte hinter der mit M (Mittelanzapfung) bezeichneten Klemme und steckt ihn in diese Klemme.

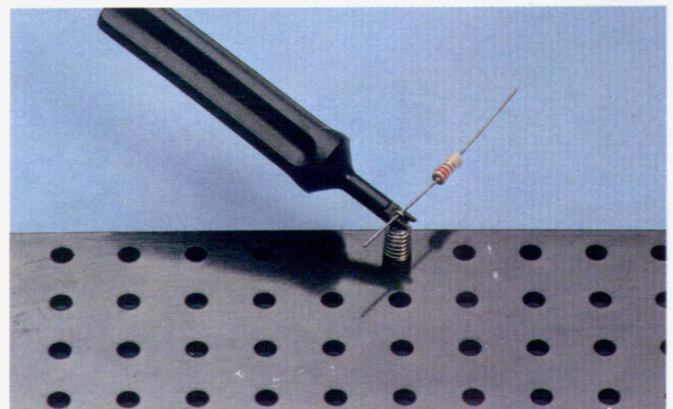
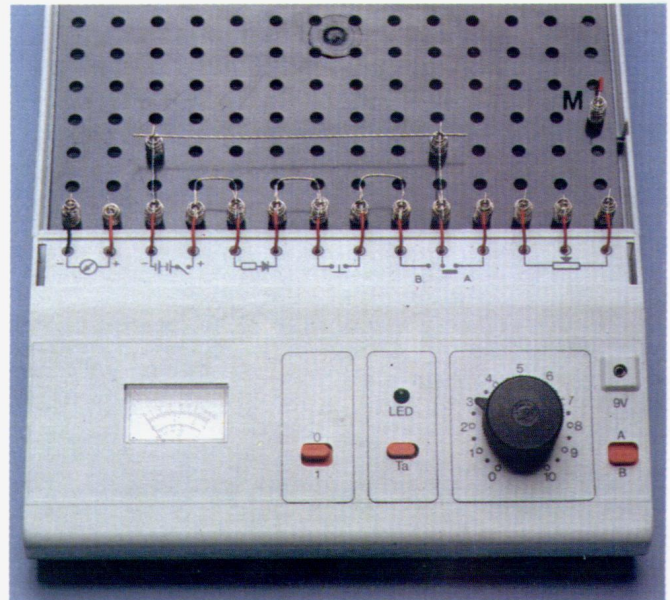
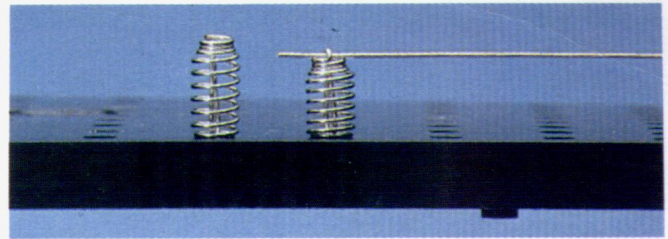
Die Experimente mit 4,5 Volt (Mittelanzapfung Klemme M) können nur bei Batteriebetrieb durchgeführt werden, weil das Netzteil immer eine konstante Betriebsspannung von 9 Volt liefert.

Für eine Kontrolle, ob das Bedienungspult und die Verbindungen zum Experimentierfeld richtig aufgebaut und die Batterien richtig angeschlossen sind, stellt man die Drahtverbindungen her, wie sie das Foto zeigt. Wenn man den Ein-Ausschalter in Stellung 1, den Umschalter in Stellung B schiebt und den Taster niederdrückt, muß die Leuchtdiode aufleuchten.

### Befestigen der Bauteile auf der Grundplatte

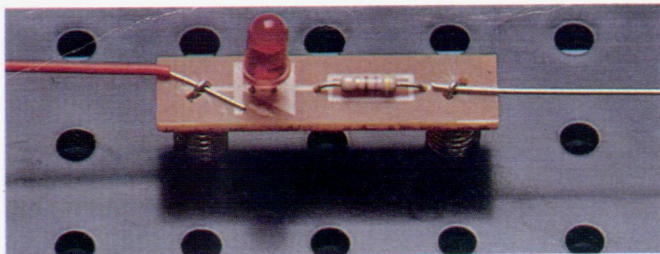
Anschlußdrähte  
Widerstände  
Kondensatoren  
Dioden

Klemmfeder niederdrücken, bis Schlaufe der Haarnadelfeder sichtbar ist. Draht in die Schlaufe einschieben. Klemmfeder loslassen.





# Ohne Vorbereitung geht es nicht

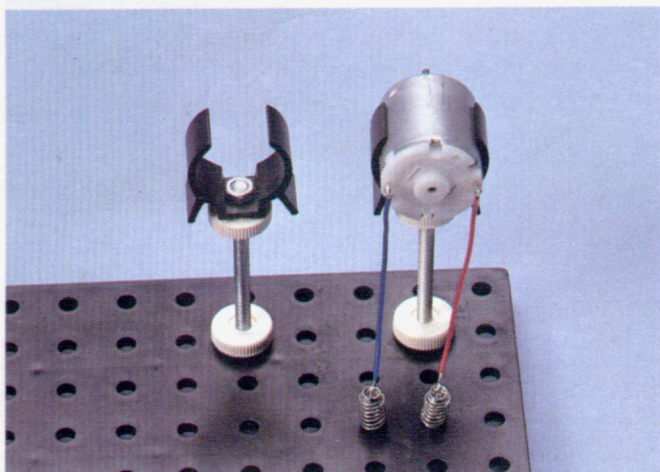


## Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

Zwei Klemmen wie auf dem Verdrahtungsplan angegeben einsetzen.

Plättchen an einer Seite niederdrücken und Anschlußdraht durch die Schlaufe schieben.

An der anderen Klemme wiederholen.



## Motor

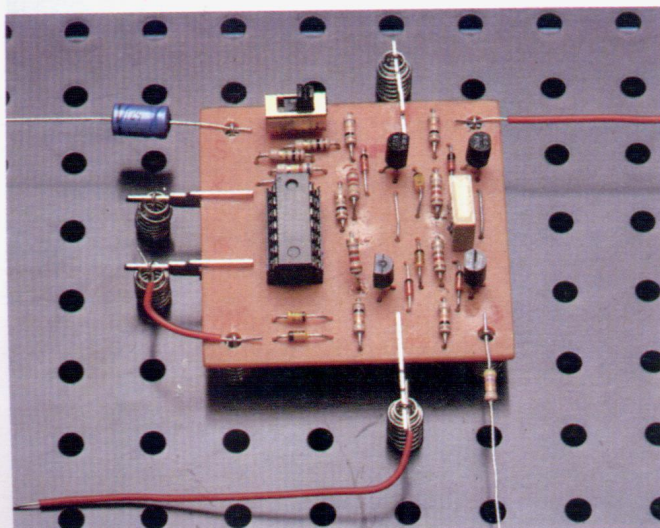
Zylinderkopfschraube gem. Verdrahtungsplan von unten durch ein Loch der Grundplatte stecken und von oben eine Rändelmutter fest aufschrauben.

Die zweite Rändelmutter etwa 20 mm auf die Schraube drehen.

Halter für Motor aufstecken, die Mutter M 4 wenige Umdrehungen aufschrauben und die zweite Rändelmutter von unten fest gegen den Halter drehen.

Motor seitlich in die Halterung einschieben und Zuleitungskabel anschließen.

Bei Ventilatorbetrieb Propeller auf die Motorachse stecken.



## IC-Steuermodul

Je einen Gabelkontakt seitlich auf die Anschlüsse +, -, R und Q stecken.

Auf die Gabelkontakte je eine Klemme schieben.

Vier Klemmen gem. Verdrahtungsplan in die Löcher auf der Grundplatte stecken, die die vier Eckpunkte des IC-Steuermoduls bilden.

Jetzt das IC-Steuermodul mit den auf den Gabelkontakten aufgeschobenen Klemmen so in die Löcher der Grundplatte stecken, daß die vier Klemmen, die sich schon auf der Grundplatte befinden, in die Ecklöcher passen.

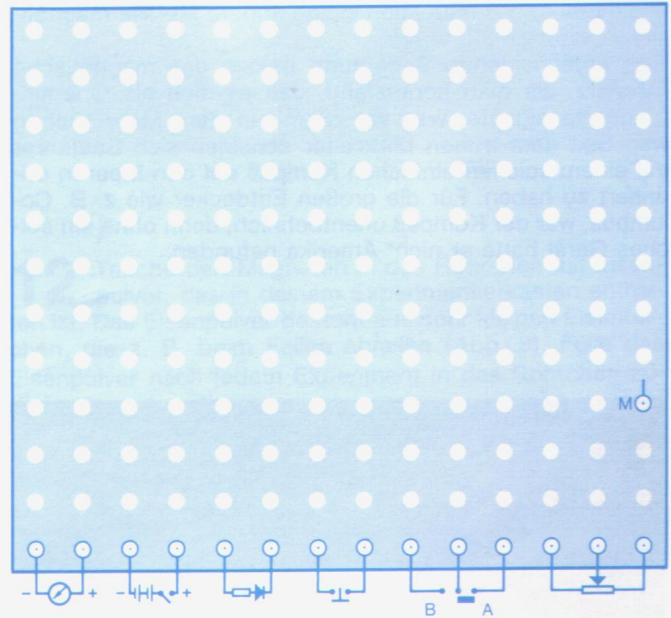
IC-Steuermodul gem. Verdrahtungsplan an den entsprechenden Ecken niederdrücken und Anschlußdraht durch die Schlaufe der Klemme schieben.

Bei Dauerbetrieb unter Vollast werden die Widerstände neben den Transistoren 2 und 4 warm.



**Bei den Experimenten sollte man so vorgehen:**

1. Alle Bauteile und Klemmen nach der Stückliste bereitlegen. Die Stückliste steht beim Verdrahtungsplan.
2. Der Verdrahtungsplan gibt die Lage der Teile und Klemmen auf der Grundplatte genau an.
3. Klemmen in die Löcher der Grundplatte einsetzen, die auf dem Verdrahtungsplan durch einen Kreis gekennzeichnet sind.
4. Bauteile nach dem Verdrahtungsplan einsetzen. Die Symbole findet man neben den abgebildeten Bauteilen (siehe Seiten 8 und 9). Es empfiehlt sich, mit dem blanken Draht zu beginnen.
5. Fertigen Aufbau noch einmal sorgfältig mit dem Verdrahtungsplan vergleichen.
6. Schalter nach den Symbolen einstellen.
7. Mit dem Schiebeschalter einschalten.



## Morsealphabet

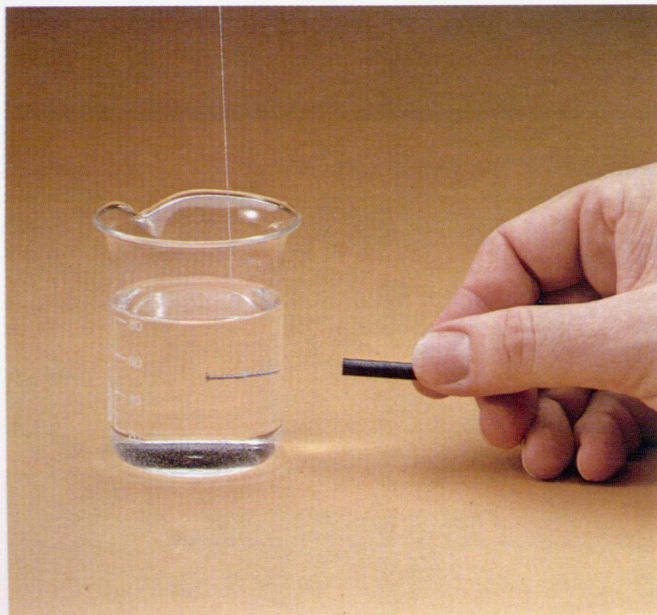
A	..	F	....	K	---	P	....	U	---	Z	---	1	-----	6	-----	
B	....	G	---	L	....	Q	----	V	....	Ä	---	2	-----	7	-----	
C	----	H	....	M	--	R	---	W	---	CH	----	3	-----	8	-----	Punkt .....
D	---	I	..	N	--	S	...	X	----	Ö	---	4	-----	9	-----	Irrtum .....
E	.	J	-----	O	---	T	-	Y	----	Ü	---	5	-----	0	-----	SOS .....



# Magnetismus

Beim Hantieren mit Eisenstücken kann man manchmal erkennen, daß sie kleine Gegenstände aus Eisen, wie z. B. Nadeln oder Nägel anziehen oder festhalten. Vor mehr als 2000 Jahren stellte man diese Eigenschaft an Eisenerz fest. Angeblich wurden erstmalig in der Stadt **Magnesia** in Kleinasien solche Erze gefunden, und darum nennt man Gegenstände, die Eisen anziehen, Magnete. Berühmte griechische Philosophen, wie Thales von Milet und Plato befaßten sich mit dem magnetischen Eisen, und Plato fand u. a. heraus, daß man auch einige andere Metalle magnetisieren kann.

Eine entscheidende Bedeutung bekam das magnetische Eisenerz, als man herausfand, daß es sich als Orientierungshilfe eignete, was vor allem auf dem Meer wichtig war. Seit dem frühen Mittelalter scheinen sich Seefahrer mit einem solchen einfachen Kompaß auf den Meeren orientiert zu haben. Für die großen Entdecker wie z. B. Columbus, war der Kompaß unentbehrlich, denn ohne ein solches Gerät hätte er nicht Amerika gefunden.



①

## 1 Eisen – magnetisch aufgespürt

Berühre mit dem Magneten die verschiedenen metallischen Gegenstände in deinem Experimentierkasten

2 Suche dir verschiedene Gegenstände, wie Nägel, Nadeln, Büroklammern, Knöpfe, Glasperlen, Gummistücke usw. und berühre sie alle mit dem Magneten.

3 Untersuche in der Wohnung viele Gegenstände aus Metall, auch wenn sie lackiert oder emailliert sind, mit dem Magneten.

Alle Gegenstände aus Eisen werden vom Magneten angezogen, auf andere Stoffe, wie Aluminium, Kupfer, Holz, Glas, Gummi oder Kunststoff übt er keine Anziehungskraft aus; sie sind unmagnetisch. Außer dem Eisen gibt es noch wenige andere Stoffe, die der Magnet ebenfalls anzieht. Dazu gehören die Metalle Nickel und Kobalt, die allerdings nur schwach angezogen werden. Magnetisch sind auch einige Eisenverbindungen (Ferrite) und einige Metallegierungen, z. B. Alnico und Ticonal.

**Die Kraft, die Magnete auf eiserne Gegenstände ausüben, nennt man Magnetkraft.**

## 4 Magnetkraft durchdringt Stoffe

Lege einige Stecknadeln oder kleine Eisennägel auf ein Blatt Papier und fahre mit dem Magneten unter dem Blatt hin und her.

5 Wiederhole das vorige Experiment, lege aber die Nadeln oder Nägel auf eine dünne Holzplatte oder eine Glasscheibe und bewege wieder den Magneten auf der anderen Seite.

6 Fülle in ein Glas etwas Wasser und lege einige Nadeln hinein. Tauche dann den Magneten in das Glas und führe ihn langsam an die Nadeln heran. Achte darauf, wann sie angezogen werden.

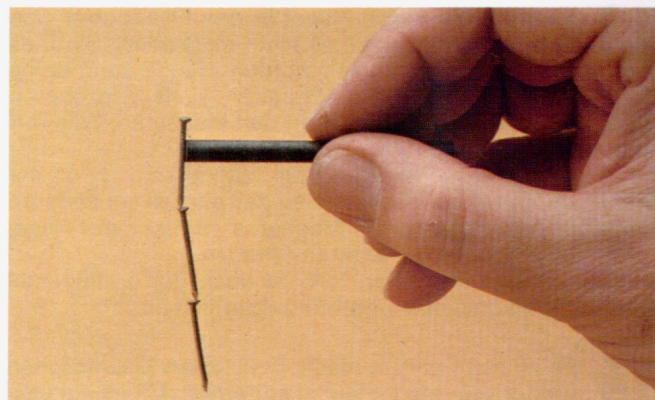
7 Befestige einen kleinen Nagel an einem dünnen Band und laß ihn so in ein Glas Wasser eintauchen, daß sich der Nagel in der Mitte des Glases befindet. Führe dann von außen den Magneten an das Glas heran (Abb. 1).



Die Magnetkraft kann viele Stoffe durchdringen, wie z. B. Papier, Holz und Glas. Selbst durch Wasser dringt die magnetische Kraft

## 8 Wer angelt am besten?

Mit Magneten lassen sich sehr einfach kleine Spiele herstellen. Hier ein Beispiel:  
Schreibe auf gleichgroße Pappstücke (ca.  $3 \times 3$  cm) Zahlen zwischen 1 und 100 und schiebe auf jedes dieser Kärtchen eine Büroklammer aus Eisen. Lege alle in einen Karton mit möglichst hohen Seitenwänden. Baue dir eine Angel aus einem Stock und einem Faden, an dem du den Magneten befestigst. Mit Freunden oder deinen Eltern kannst du nun um die Wette angeln. Wer am Schluß die höchste Punktzahl „fischt“, hat gewonnen.



2

## 9 Der Magnet ist unbestechlich

Untersuche mit dem Stabmagneten verschiedene Geldstücke und stelle fest, welche angezogen werden. Besonders mußt du bei den 2-Pfennigstücken aufpassen. Überprüfe ältere davon (bis 1967) und solche mit neuerem Prägedatum (ab 1968).

Alle 1-, 5- und 10-Pfennigstücke werden vom Magneten angezogen. Auch wenn sie nicht wie Eisen aussehen, bestehen sie doch alle aus einem Eisenkern, der mit Kupfer bzw. mit Messing überzogen ist. Bei den 2-Pfennigstücken ist das Ergebnis nicht einheitlich: Bis 1967 wurden sie aus reinem Kupfer hergestellt, das vom Magneten nicht angezogen wird. Da der Preis für Kupfer stark anstieg, wurden die reinen Kupfermünzen zu teuer, und so verwendet man seit der Mitte des Jahres 1968 auch für die 2-Pfennigstücke einen Eisenkern.

10 Jetzt, da du weißt, daß die Magnetkraft Stoffe durchdringen kann und nicht alle 2-Pfennigstücke vom Magneten angezogen werden, kannst du deine Freunde verblüffen. Stecke den Magneten in die Hosentasche und halte von außen ein 2-Pfennigstück mit Eisenkern daran. Laß nun deinen Freund probieren, tausche aber heimlich das Geldstück gegen eines aus reinem Kupfer aus, das ja nicht vom Magneten angezogen wird

## 11 Magnetkraft übertragen

Nimm eine Stecknadel oder einen kleinen Nagel mit dem Magneten auf und halte dann an die Nadel oder den Nagel eine zweite und daran noch eine dritte. Probiere aus, wie lang die „Kette“ werden kann (Abb. 2).

12 Tauche den Magneten in das Röhrchen mit Eisenpulver, das in deinem Experimentierkasten enthalten ist. Das Eisenpulver besteht aus sehr kleinen Eisenteilchen, die z. B. beim Feilen abfallen (Abb. 3). Fülle das Eisenpulver nach jedem Experiment in das Röhrchen zurück.

An der ersten Nadel bleiben noch zwei oder drei andere hängen. Die Eisenteilchen des Eisenpulvers am Magneten sehen fast aus wie ein Bart.



3



# Magnetismus

**13** Tauche zwei kleine Nägel in das Eisenpulver und überzeuge dich, daß sie nicht magnetisch sind, es darf kein Pulver aufgenommen werden. Hänge dann beide Nägel untereinander an den Magneten. Halte den oberen Nagel fest und entferne vorsichtig den Magneten. Was fällt dir auf?

Bei diesen Experimenten wirkt die Magnetkraft durch die Teile hindurch auf die nächsten, so daß ein Teil am anderen hängenbleibt. Je stärker ein Magnet ist, umso mehr Nägel oder Nadeln können die Kraft übertragen.

Nimmt man den Magneten fort, ist auch der erste Nagel nicht mehr magnetisch, und der zweite fällt ab.

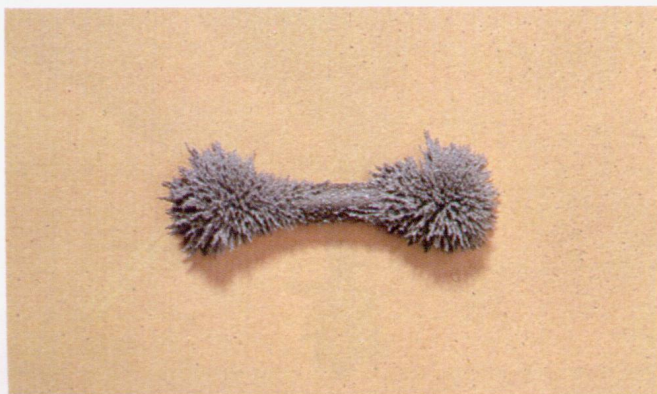
**14** Es ist nicht ganz einfach, die kleinen Eisenteilchen wieder vom Magneten zu entfernen. Mit einem kleinen Trick, bei dem dir das Wissen nützt, daß die Magnetkraft Papier durchdringt, kannst du es dir leichter machen. Wickle um den Magneten ein Stück dünnes Papier und tauche ihn dann in das Eisenpulver.

Wenn du anschließend den Magneten aus dem Papier herausziehst, fällt das Eisenpulver ab, und am Magneten haftet kein Eisenpulver mehr.

## **15 Magnetkraft verschieden stark**

Berühre den Magneten mit dem Stahldraht aus dem Experimentierkasten zunächst an den Enden und dann in der Mitte. Was stellst du fest?

**16** Lege den Magneten auf ein Blatt Papier und streue dann über den ganzen Magneten das Eisenpulver. Beobachte, wo sich am meisten Pulver sammelt (Abb. 4).



4

Die Magnetkraft ist an den Ende des Magneten am stärksten, in der Mitte ist sie sehr gering. Das wird dadurch deutlich, daß der Stahldraht in der Mitte des Magneten kaum angezogen wird, an den Enden dagegen stark. Auch die Eisenteilchen sammeln sich stärker an den Enden als in der Mitte. Die Stellen mit der größten Anziehungskraft beim Magneten heißen **Pole**. Jeder Magnet hat zwei Pole.

## **17 Magnetkraft aus der Entfernung**

Lege einen Eisennagel oder eine Nadel auf den Tisch und nähere langsam von oben den Magneten. Schiebe danach den Magneten auch von der Seite an den Nagel heran.

**18** Bewege den Magneten in etwa 5 cm Entfernung um den Kompaß aus dem Experimentierkasten herum.

Die Nadel bzw. der Nagel wird bereits aus einer Entfernung von einem bis zwei cm angezogen. Auch die Kompaßnadel läßt sich aus der Ferne ablenken. Du erkennst also, daß die Magnetkraft auch aus der Entfernung wirksam wird.

## **19 Magnetkraft abgeschirmt**

Daß die Magnetkraft durch einige Stoffe hindurch wirksam wird, hast du bereits erfahren. Ist das auch möglich bei eisernen Gegenständen? Um das festzustellen, lege den Magneten in eine kleine Blechdose und halte dann von unten eine Nadel an die Dose.

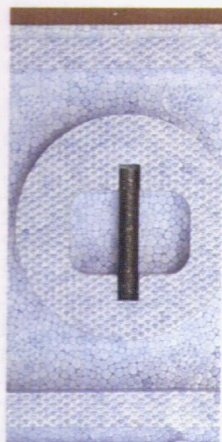
Du wirst erkennen, daß nun die Nadel nicht mehr angezogen wird. Denn solche Stoffe, die selbst vom Magneten angezogen werden, schirmen die Magnetkraft ab.

## **20 Magnetisches Kraftfeld**

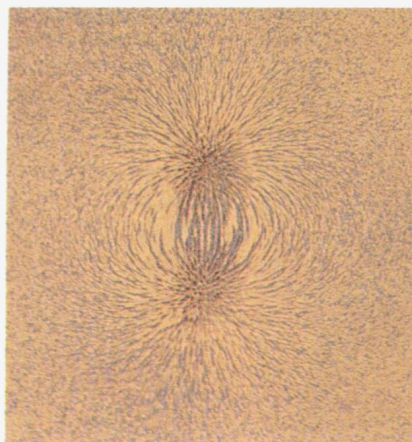
In den vorigen Experimenten hast du erfahren, daß die Magnetkraft auch in einiger Entfernung vom Magneten wirkt. Warum das so ist, kannst du selbst ausprobieren. Lege den Magneten in die vorgesehene Vertiefung im Styropor deines Experimentierkastens (Abb. 5). Decke dann ein Blatt Papier darüber. Streue aus 10 bis 15 cm Höhe Eisenpulver auf das Papier und klopfe leicht auf das Blatt (Abb. 6). Achte darauf, wie sich die Eisenteilchen anordnen.

Direkt über den Polen des Magneten sammelt sich am meisten Eisenpulver. Um den Magneten herum entsteht ein Bereich fast ohne Pulver, und etwas weiter außen ordnen sich die Teilchen auf ganz bestimmten Linien an, die von ei-





5



6

nem Pol zum anderen verlaufen. Diese Linien heißen **magnetische Kraftlinien**. Den ganzen Bereich, in dem die Kraftlinien wirksam sind, nennt man magnetisches Kraftfeld oder auch **Magnetfeld**. Wenn du dir das Eisenpulver an den Polen genau ansiehst, erkennst du, daß es auch hochsteht. Das Magnetfeld besteht nämlich nicht nur auf der Papierebene, sondern auch über und unter dem Bogen. Der gesamte Raum um den Magneten herum wird vom Kraftfeld ausgefüllt.

Das magnetische Kraftfeld ist verantwortlich dafür, daß Nägel oder Nadeln auch aus einiger Entfernung angezogen werden.

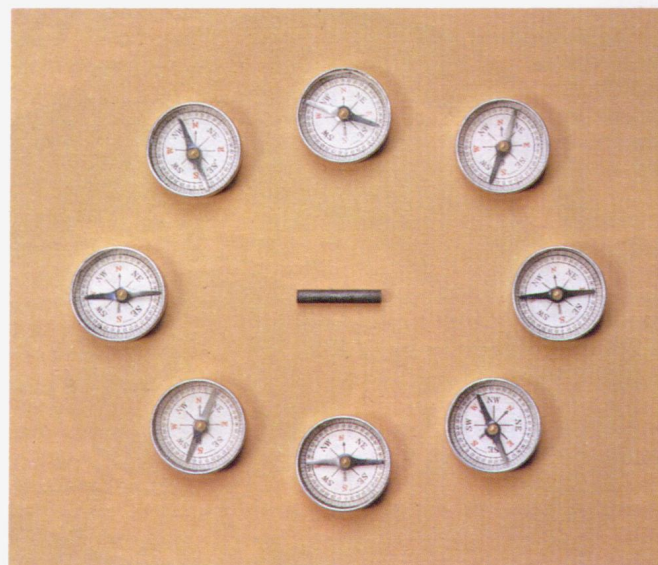
**21** Mit dem Kompaß kannst du auch sichtbar machen, daß die Kraftlinien immer von einem Pol zum anderen verlaufen. Fülle das Eisenpulver wieder in das Röhrchen zurück und stelle dann den Kompaß auf das Blatt Papier. Führe ihn in etwa 5 cm Entfernung um den Magneten herum und achte auf die Stellung der Kompaßnadel (Abb. 7).

Die Kompaßnadel steht immer so, wie die Kraftlinien im vorigen Experiment verliefen, also parallel zu ihnen.

Eine Kompaßnadel stellt sich im Magnetfeld so, daß sie parallel zu den Kraftlinien steht.

## 22 Pole des Magneten

Binde einen dünnen Faden um den Magneten und lege ihn mitten auf den Stahldraht. Laß dann den Magneten

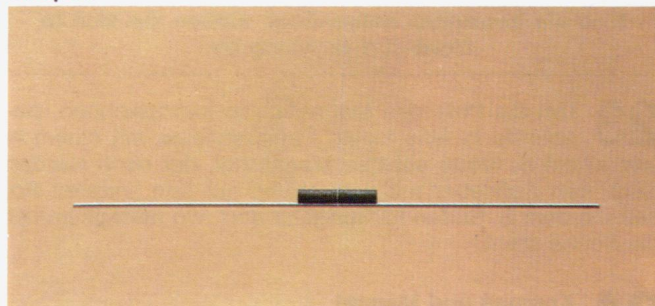


7

mit dem Draht frei in der Luft hängen und warte, bis er zur Ruhe kommt (Abb. 8). Wenn der Faden stark verdreht ist, kann sich der Magnet schnell drehen. Dann mußt du zwischendurch abbremsen.

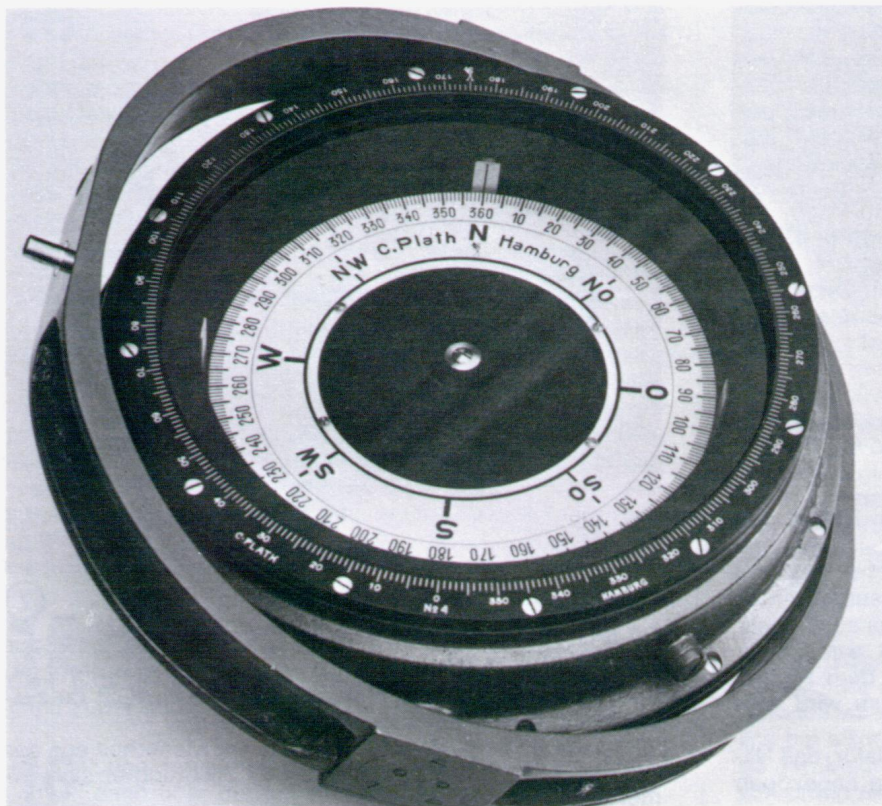
Wenn der Magnet ruhig steht, drehe ihn wiederholt aus der Ruhelage und beobachte, in welcher Richtung er sich immer wieder einpendelt.

Nach dem Stillstand bleibt der Magnet immer in derselben Stellung stehen. Der eine Pol zeigt immer nach Norden und der andere immer nach Süden. Der Pol, der nach Norden zeigt, heißt **Nordpol**, der nach Süden gerichtete Pol heißt **Südpol**.



8





9 Schiffskompaß Werkfoto C. Plath

**Magnete haben einen Nordpol und einen Südpol. Sind sie beweglich aufgehängt, stellen sie sich in Nord-Süd-Richtung ein.**

**23** Um die Pole des Magneten zu kennzeichnen, beschrifte je eine kleine Papierscheibe mit einem N und einem S. Klebe auf den Magnetpol, der nach Norden zeigt, den Aufkleber mit dem N und auf den anderen Pol den mit dem S. Süden ist übrigens dort, wo mittags immer die Sonne steht.

**24 Kompaß und Magnet** Wiederhole Experiment 22, stelle aber den Kompaß etwa 30–40 cm neben den aufgehängten Magneten.

Der Magnet und die Kompaßnadel stellen sich beide in Nord-Süd-Richtung ein. Die Kompaßnadel ist nämlich auch ein kleiner Magnet, dessen einer Pol, der Nordpol, immer nach Norden zeigt. Die Erde ist von einem Magnetfeld umgeben, dessen Kraftlinien so stark sind, daß sich der Magnet und die Kompaßnadel parallel zu diesen Kraftlinien einpendeln. Auch die Erde hat zwei Magnetpole, die aber nicht mit den geographischen Polen der Erde verwechselt werden dürfen. Der eine Pol liegt etwa 1500 km vom **geographischen Nordpol** entfernt westlich von Grönland, der andere liegt in der Antarktis, und zwar etwa 2300 km vom **geographischen Südpol** entfernt.

## 25 Magnetkraft umgekehrt

Im vorigen Experiment hast du erfahren, daß auch die Kompaßnadel ein kleiner Magnet ist. Nähere der Kompaßnadel verschiedene Gegenstände aus Eisen, wie z. B. Schere, Messer usw. Beobachte, wie sie sich verhält. Versuche auch, mit dem Messer oder der Schere eine Stecknadel aufzunehmen. Obwohl keine Nadeln angezogen werden, wird die Kompaßnadel zu dem eisernen Gegenstand hin abgelenkt. Es hat den Anschein, als ob das Eisen die Magnetnadel anzieht. Tatsächlich geht

der Magnetismus von der Kompaßnadel aus. Als sehr kleiner Magnet hat die Nadel aber nicht die Kraft, die schweren Eisenteile anzuziehen. Da sie selbst aber auf einer Nadelspitze pendeln kann, wirkt sich die Magnetkraft so aus, daß sie zum Eisen hinpendelt. Bei der Orientierung mit einem Kompaß, muß man immer darauf achten, daß sich keine größeren Eisenteile in der Nähe befinden. Ein Kompaß besteht aus einer drehbar gelagerten Magnetnadel über einer Scheibe mit den Himmelsrichtungen, der **Windrose**. Auf der Windrose sind die Richtungen mit N (Norden), O (Osten), S (Süden) und W (Westen) bezeichnet. Auf internationalen Kompassen steht für O oft auch E, abgeleitet vom englischen Wort für Osten, nämlich „East“. Außerdem ist auf der Windrose noch eine Gradeinteilung zu sehen. Dadurch wird der Winkel zur Nordrichtung ange-



geben. Bei Ost steht die Zahl 90, dann beträgt der Winkel zwischen N und O genau  $90^\circ$  (Abb. 9).

## 26 Kompaß als Orientierungshilfe

Willst du im Gelände einen Kompaß zur Orientierung verwenden, so benötigst du außerdem noch eine Wanderkarte des betreffenden Gebietes. Zum Beginn mußt du den Kompaß waagrecht auf deinem Standpunkt auf der Karte legen. Drehe dann die Karte so lange unter dem Kompaß, bis die Nadel genau parallel zum linken bzw. rechten Kartenrand verläuft. Nun mußt du den Kompaß so drehen, daß das N der Windrose genau unter der blauen Nadelspitze steht. Markiere das Ziel auf der Karte und lege am besten ein Lineal von der Mitte der Kompaßnadel zum Ziel. Unter dem Lineal kannst du nun auf der Windrose die Himmelsrichtung ablesen, in die du wandern oder fahren mußt.

Die Ausrichtung einer Landkarte genau nach Norden nennt man Einnorden. Landkarten sind so gezeichnet, daß der obere Kartenrand Norden ist (Abb. 10).



10

## 27 Deklination und Inklination

Dadurch, daß der magnetische Nordpol nicht mit dem geographischen übereinstimmt, ergeben sich Schwierigkeiten beim Gebrauch von Landkarte und Kompaß: Die Landkarten sind auf den geographischen Nordpol ausgerichtet, der Kompaß aber zeigt zum magnetischen. Und wie du weißt, ist die Entfernung zwischen beiden Polen beträchtlich.

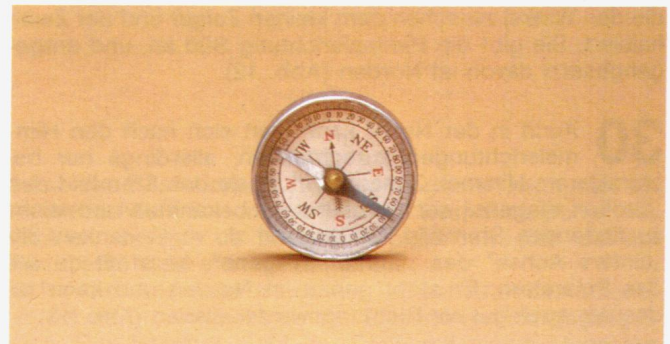
Du kannst die Abweichung in einem einfachen Experiment selbst feststellen. Dazu mußt du einen etwa 50 cm langen Stock senkrecht in die Erde stecken. Wenn die Sonne scheint, wirft der Stab mittags um 12.00 Uhr Ortszeit (Sommerzeit 13.00 Uhr) einen Schatten genau nach Norden. Markiere diesen Schatten mit einem Strich und stelle dann den Kompaß daneben. Kannst du eine Abweichung feststellen?

Die Abweichung der Kompaßnadel von der geographischen Nord-Süd-Richtung nennt man **Mißweisung** oder **Deklination**. Sie ist für die einzelnen Orte der Erde verschieden. In Deutschland zeigt die Nadel nach Westen an der wahren Nord-Süd-Richtung vorbei. Man sagt, Deutschland hat eine westliche Deklination. Die Mißweisung beträgt etwa  $3^\circ$ .

Reykjavik auf Island hat eine Mißweisung von etwa  $25^\circ$ .

Die Mißweisung bleibt allerdings nicht immer gleich, sondern sie verschiebt sich im Laufe von Jahren etwas, weil sich die Magnetpole der Erde verschieben.

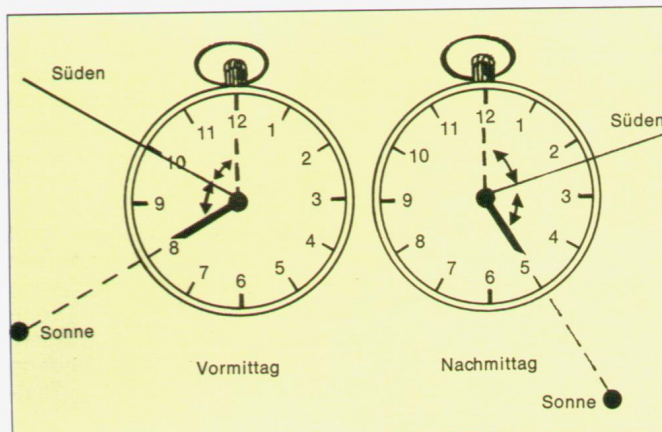
**28** Liegt der Kompaß z. B. auf einem Tisch, fällt dir auf, daß der Nordpol der Nadel immer ein bißchen nach unten zeigt. Wenn du ihn in Nord-Süd-Richtung einmal senkrecht stellst und vorsichtig daran klopfst, neigt sich der Nordpol der Nadel stark nach unten (Abb. 11).



11



# Magnetismus



12

Du hast bereits erfahren, daß sich die Kompaßnadel immer parallel zu den Kraftlinien eines Magnetfeldes ausrichtet. Also müssen die Kraftlinien steil aus der Erde austreten, jedenfalls in Deutschland. Das ist auch tatsächlich so: Am Nord- und Südpol treten sie senkrecht aus, am Äquator verlaufen sie waagerecht. Den Winkel, den die Feldlinien mit der Erdoberfläche bilden, nennt man **Inklination**.

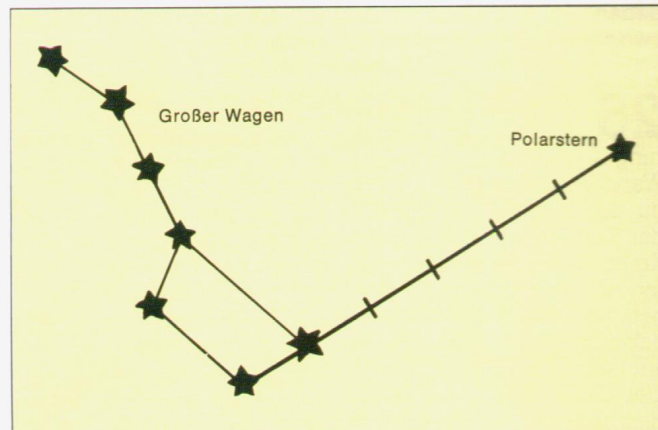
## 29 Orientierung ohne Kompaß

Auch ohne Kompaß lassen sich die Himmelsrichtungen bei Sonnenschein feststellen, und zwar mit einer Armanduhr mit Zeigern.

Halte die Armanduhr waagerecht und richte den kleinen Zeiger auf die Sonne. Dann mußt du dir eine Linie denken, die den Winkel zwischen dem kleinen Zeiger und der Zwölf halbiert. Sie gibt die Himmelsrichtung Süd an, und entgegengesetzt davon ist Norden (Abb. 12).

**30** Auch in der Nacht kann man sich nach den Himmelsrichtungen zurechtfinden, allerdings nur bei sternklarem Himmel. Zunächst mußt du das Sternbild des „Großen Wagens“ suchen, ein sehr bekanntes und leicht zu findendes Sternbild. Verlängerst du in Gedanken die „hintere Achse“ des „Großen Wagens“, so stößt du auf den Polarstern. Er steht genau im Norden und kann dir deshalb auch gut als Richtungsweiser dienen (Abb. 13).

**31 Magnetische Anziehung und Abstoßung**  
Nähere nacheinander beide Pole des Magneten



13

demselben Pol der Kompaßnadel. Achte darauf, wie sie sich verhält.

Nähert sich der Nordpol des Magneten der blauen Nadelspitze, so wird sie weggedreht oder abgestoßen, der Südpol des Magneten dagegen zieht sie an.

Umgekehrt zieht der Südpol des Magneten die blaue Seite der Kompaßnadel an und stößt die andere Seite ab. Der Nordpol eines Magneten zieht den Südpol eines anderen an und stößt den Nordpol des zweiten Magneten ab.

**Gleiche Magnetpole stoßen sich ab,  
ungleiche Magnetpole ziehen sich an.**

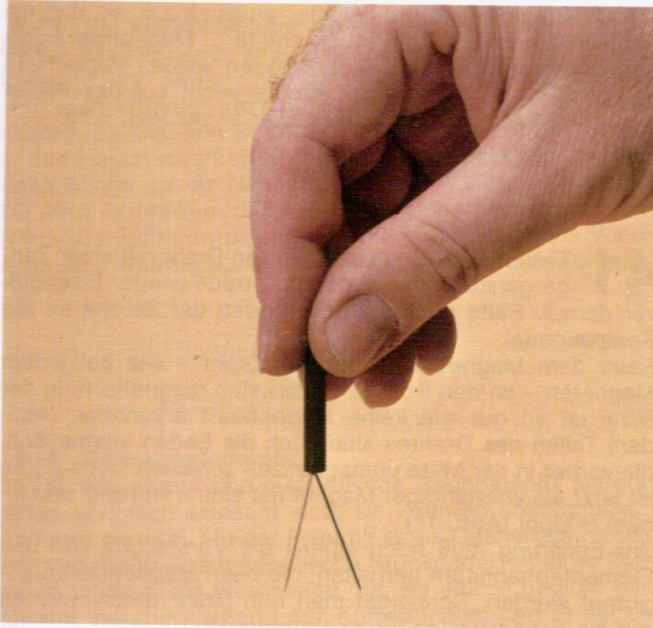
Im Experiment 24 hast du erfahren, daß der Nordpol eines Magneten zum magnetischen Nordpol zeigt. Das kann ja nicht möglich sein, denn du weißt, daß sich gleiche Pole abstoßen. Deshalb muß noch etwas ergänzt werden: Man hat sich darauf geeinigt, den Magnetpol in der Nähe des geographischen Nordpols als **magnetischen Südpol** zu bezeichnen. Der Magnetpol in der Antarktis ist der **magnetische Nordpol**. Das klingt sehr verwirrend, aber nun stimmt die Bezeichnung der Pole deines Magneten.

**Der Pol eines Magneten, der nach Norden zeigt,  
wird vom magnetischen Südpol der Erde angezo-  
gen. Der Pol, der nach Süden zeigt, wird vom mag-  
netischen Nordpol der Erde angezogen.**



**32** Nimm mit dem Nordpol des Magneten einen Nagel am Kopf auf und nähere das freie Ende des Nagels der blauen Spitze der Kompaßnadel. Der Nordpol der Kompaßnadel wird auch von dem freien Ende des Nagels abgestoßen wie vom Nordpol des Magneten selbst. Bei der Übertragung der Magnetkraft auf den Nagel stellt die Spitze des Nagels einen Nordpol dar. Deshalb erfolgt eine Abstoßung des gleichnamigen Pols der Kompaßnadel.

**33** Halte die Köpfe zweier Stecknadeln an einen Pol des Magneten und versuche, die Spitzen gegeneinander zu drücken (Abb. 14).



(14)

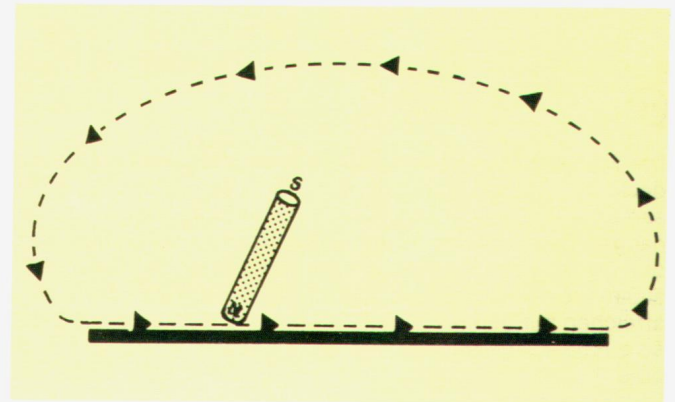
**34** Binde die Köpfe zweier Stecknadeln an dünne Fäden und laß sie über einem Pol des Magneten hängen, ohne daß sie ihn berühren. Wie verhalten sich die Nadeln?

Bei beiden Experimenten streben die Nadeln auseinander, und sie bleiben auch nicht beieinander, wenn du versuchst, sie zusammenzudrücken. Es macht sich nämlich die Abstoßung der gleichen Magnetpole bemerkbar. Die Köpfe und die Spitzen der Nadeln haben nämlich jeweils die gleichen Pole, und deshalb stoßen sie sich ab.

**35** **Magnetkraft – selbst erzeugt**  
Schüttle das Röhrchen mit dem Eisenpulver kräftig, nähere es der Kompaßnadel und stelle fest, ob sie abgelenkt wird.

**36** Streiche dann immer in der gleichen Richtung, mit dem Magneten am Röhrchen entlang, ohne es zu schütteln. Halte es anschließend langsam an die Kompaßnadel und prüfe wieder, ob eine Ablenkung erfolgt.

**37** Halte eine unmagnetische Stricknadel oder einen langen Nagel an einige Stecknadeln und überzeuge dich, daß sie wirklich nicht magnetisch sind. Streiche dann wie im vorigen Experiment immer in der gleichen Richtung über die Stricknadel (Abb. 15) und prüfe, ob nun Stecknadeln angezogen werden.

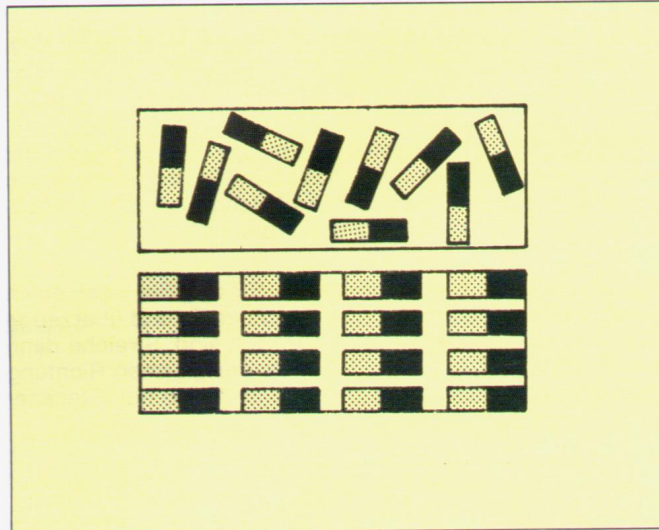


(15)

Durch das Bestreichen mit einem Magneten kann man unmagnetisches Eisen **magnetisieren**. Beim Eisenpulver war sichtbar, wie sich die kleinen Teilchen bewegten, bei der Stricknadel kann man nichts sehen.

Es hat den Anschein, als ob ein Teil der Kraft des Magneten auf die Stricknadel bzw. das Eisenpulver übergegangen wäre. Das ist aber nicht so. Denn mit einem Magneten kann man viele Stricknadeln magnetisieren, ohne daß der Magnet an Kraft verliert.





16

Der Magnetismus ist in unmagnetischem Eisen bereits verdeckt vorhanden. Man muß sich vorstellen, als seien im Eisen unzählige kleine Magnete, die **Elementarmagnete**, vorhanden. Jeder davon besitzt einen Nordpol und einen Südpol. Da sie aber alle regellos durcheinanderliegen, ist nach außen keine magnetische Wirkung erkennbar. Beim Bestreichen mit den Magneten werden die Elementarmagnete so ausgerichtet, daß alle Nordpole in die eine und alle Südpole in die andere Richtung zeigen. An einem Ende der Stricknadel liegen nur Nordpole nebeneinander – das ist der Nordpol, am anderen Ende liegen nur Südpole – das ist der Südpol (Abb. 16).

Ähnlich erfolgt auch die Magnetisierung des Eisenpulvers. Schüttelt man es aber wieder, geht die Magnetwirkung verloren.

**38** Bei verschiedenen Stoffen, die sich magnetisieren lassen, bleibt die Magnetkraft unterschiedlich lange erhalten. Das wird deutlich, wenn du einen Eisennagel und eine Stahlstopfnadel wie in den vorigen Experimenten magnetisierst.

Weiches Eisen, wie der Nagel, verliert seine magnetischen Eigenschaften ziemlich schnell wieder. Gegenstände aus Stahl dagegen bleiben lange magnetisch.

**39** Bastler wissen, wie schwierig es ist, in kleinen Geräten Schrauben einzudrehen. Wenn man nicht mit den Fingern hineinkommt, kann das manchmal sehr mühselig sein. Mit einem Magneten kannst du solche Probleme spielend lösen: Du magnetisierst den Schraubendreher wie in den letzten Experimenten so lange, bis die Schrauben angezogen werden. Dann bereitet es keine Schwierigkeiten mehr, die Schrauben hineinzudrehen.

**40** **Magnetkraft geteilt**  
Biege eine Büroklammer auseinander, so daß ein möglichst gerades Drahtstück entsteht. Magnetisiere diesen Draht, lege ihn auf einen Bogen weißes Papier und streue Eisenpulver darüber. Klopfe leicht auf das Papier und beobachte, wo das Eisenpulver angezogen wird.

**41** Teile dann den magnetisierten Draht mit einer Zange genau in der Mitte und streue wieder Eisenpulver darauf. Halte außerdem die Enden der Stücke an die Kompaßnadel.

Nach dem Magnetisieren ist der Draht – wie bei jedem Magneten – an den Polen am stärksten magnetisch. In der Mitte ist so gut wie keine Magnetkraft erkennbar. Nach dem Teilen des Drahtes sind auch die Enden magnetisch, die vorher in der Mitte unmagnetisch schienen. Jede Hälfte ist jetzt ein vollständiger Magnet mit einem Nordpol und einem Südpol (Abb. 17).

Zur Erklärung muß noch einmal die Vorstellung von den Elementarmagneten erhalten, die beim Magnetisieren geordnet werden. Schneidet man den Draht durch, werden nur die benachbarten Elementarmagnete getrennt. Auf der einen Seite der Trennstelle entsteht dann ein Nordpol, auf der anderen ein Südpol. Darum entstehen zwei vollständige Magnete.

**42** **Ein Kompaß-Schiff**  
Magnetisiere eine größere Stopfnadel und fette sie mit etwas Speisefett ein. Lege sie danach vorsichtig auf ein Stück Löschpapier (ca. 5 × 5 cm), das in einer Schüssel mit Wasser schwimmt. Beobachte die Bewegung des „Schiffchens“.



Die Nadel auf dem Löschpapier stellt sich auch auf dem Wasser in Nord-Süd-Richtung ein. Da sie im Wasser leicht beweglich ist, kann sie sich parallel zu den Kraftlinien des Erdmagnetfeldes ausrichten.

In ähnlicher Weise wurden schon vor fast 2000 Jahren Kompassse verwendet. Man legte damals ein Stück Magnet-  
erz auf eine Korkscheibe, die in einem Behälter mit Wasser schwamm.

## 43 Ein selbstgebauter Kompaß

Magnetisiere eine Rasierklinge in Längsrichtung. Klebe in der Mitte einen Druckknopf fest und an den schmalen, ungeschliffenen Seiten je ein Stück eines Trinkhalmes. Stecke eine Stricknadel mit der Spitze nach oben in den Flaschenkorken und setze den Druckknopf mit der Rasierklinge auf die Nadel.

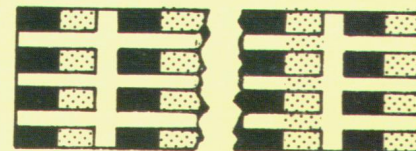
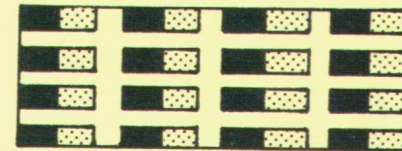
Du wirst feststellen, daß sich auch diese Kompaßnadel in Nord-Süd-Richtung einpendelt. Wenn du noch eine Windrose dazu anfertigst, hast du einen vollständigen Kompaß.

## 44 Entmagnetisieren

Manchmal sind magnetische Gegenstände äußerst lästig, und man wünscht sich, sie könnten unmagnetisch gemacht werden. Mit der Flamme eines Gasherdes ist das möglich. Halte eine magnetische Stricknadel mit einer Zange so lange in die Gasflamme, bis sie einmal geglüht hat. Nähere sie anschließend der Kompaßnadel und prüfe, ob eine Ablenkung erfolgt.

**45** Du kannst eine Stahlnadel auch unmagnetisch machen, indem du mehrfach mit einem Hammer auf eine Spitze schlägst oder sie häufiger auf einen harten Untergrund fallen läßt.

Magnetische Gegenstände lassen sich durch Ausglühen oder Schlagen mit einem Hammer entmagnetisieren.







18

Der Traum vom Fliegen beherrschte die Menschen bereits Jahrtausende, bevor sich der erste Mensch in die Lüfte erheben konnte. Bereits vor etwa 2500 Jahren erdachten die Menschen Geräte zum Fliegen, die jedoch nicht gebaut wurden. Im Jahre 1505 entwickelte der italienische Bildhauer, Maler und Wissenschaftler Leonardo da Vinci sehr genaue Vorstellungen, wie ein „Fluggerät“ aussehen könnte. 1783 erhoben sich die Brüder Montgolfier mit einem Heißluftballon in die für damalige Zeiten atemberaubende Höhe von mehreren hundert Metern.

Trotz der sehr langen Überlegungen und Planungen hat sich die Fliegerei erst in den vergangenen 100 Jahren zielstrebig weiterentwickelt, und wenn heute ein großes Pas-

sagierflugzeug auch überhaupt keine Ähnlichkeit mehr mit dem „Gleiter“ Otto von Lilienthals besitzt, so ist es doch als eine Weiterentwicklung auf dem Gebiet des Fluggerätebaus anzusehen.

In diesem Kapitel kannst du einiges darüber erfahren, wie es möglich ist, daß sich riesige metallene Flugzeuge in der Luft bewegen und Hubschrauber gar in der Luft stehen können, ohne abzustürzen.

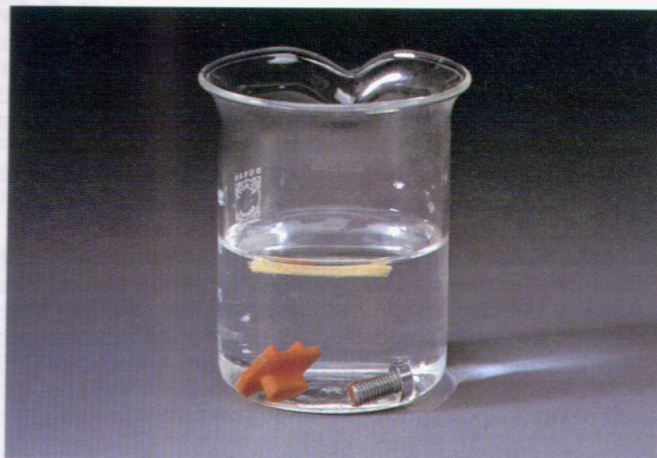
Für die Experimente dieses Kapitels kannst du als Winderzeuger entweder den Motor mit Propeller aus diesem Experimentierkasten oder einen Haartrockner verwenden. Auch der Luftaustritt eines Staubsaugers eignet sich dafür.



## 46 Auftrieb im Wasser

Es wird dich überraschen, daß die ersten Experimente zum Thema „Fliegen“ mit Wasser durchgeführt werden. Es gibt aber einige grundlegende Erkenntnisse, die sowohl für die Bewegung im Wasser als auch in der Luft gelten. Deshalb einige einfache Experimente mit Wasser vorweg:

Lege in ein Glas mit Wasser verschiedene Gegenstände aus Holz, Metall und Kunststoff (Abb. 19). Versuche herauszufinden, welche schwimmen und welche sinken.



19

**47** Falte dir aus der silbernen Folie einer Schokoladentafel eine allseitig geschlossene Wanne und setze sie auf die Wasseroberfläche. Drücke danach die Folie zu einer festen Kugel zusammen und lege sie ebenfalls in das Wasser.

**48** Beim Baden wird es dir im Wasser leicht fallen, viel schwerere Menschen zu tragen als das an der Luft möglich ist. Wie kommt das?

Nur Gegenstände aus Holz und wenige Kunststoffe schwimmen im Wasser, alle anderen sinken. Durch die Formgebung können aber auch Metalle – die Folie für die Schokolade besteht im allgemeinen aus Aluminium – schwimmen, wie das Beispiel der Wanne zeigt.

Beim Heben von Gegenständen im Wasser wird deutlich, daß alle Gegenstände – in der Physik nennt man sie **Körper** – im Wasser scheinbar leichter werden. Um das zu verste-

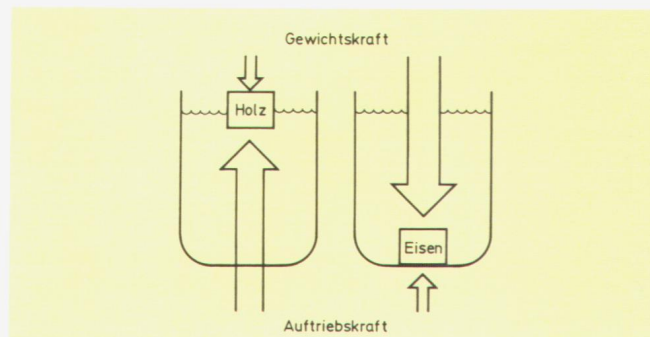
hen, muß man die Kräfte an einem Körper untersuchen: Die Anziehungskraft der Erde übt auf alle Körper eine **Gewichtskraft** aus. Diese Gewichtskraft wirkt senkrecht nach unten. Durch das Eintauchen in Wasser entsteht eine Kraft, die die Gewichtskraft verringert. Da sie senkrecht nach oben gerichtet ist, spricht man von der **Auftriebskraft**.

Welche der beiden Kräfte größer ist, gibt Aufschluß darüber, ob ein Körper schwimmt oder sinkt. Holz schwimmt im Wasser, weil die Auftriebskraft größer ist als die Gewichtskraft. Bei allen Metallen ist es umgekehrt; sie sinken. Da eine Metallwanne doch schwimmt – schließlich sind Schiffe nichts anderes als „Metallwannen“ – muß noch eine andere Erscheinung eine Rolle spielen.

**49** Stelle einen Becher in eine Schüssel und fülle ihn bis zum Rand mit Wasser. Binde einen Stein an ein Band, tauche ihn in den Becher, bis er völlig untergetaucht ist und ziehe ihn wieder heraus. Wiederhole das Experiment noch einmal mit einem kleineren Stein und vergleiche die Wasserstände.

Beim Eintauchen des großen Steins läuft mehr Wasser aus dem Becher heraus als bei dem kleinen Stein.

Wenn ein Körper in Wasser getaucht wird, verdrängt er Wasser, und zwar gerade so viel, wie sein Volumen (Rauminhalt) beträgt. Dieses verdrängte Wasser hat natürlich auch eine Gewichtskraft. Ist diese Gewichtskraft des verdrängten Wassers kleiner als die Gewichtskraft des Körpers, dann sinkt der Körper im Wasser. Denn die Auftriebskraft ist nur so groß wie die Gewichtskraft des verdrängten Wassers (Abb. 20). Mit einem Beispiel wird diese komplizierte Erklärung verständlicher:



20



# Fliegen und Gleiten

Ein Körper aus Aluminium mit einem Volumen von  $50 \text{ cm}^3$  hat eine Gewichtskraft von  $1,35 \text{ N}$  (Newton). Das verdrängte Wasser hat eine Gewichtskraft von  $0,5 \text{ N}$ , und damit beträgt die Auftriebskraft ebenfalls  $0,5 \text{ N}$ . Da die Gewichtskraft größer ist als die Auftriebskraft, sinkt der Körper.

**Ein Körper im Wasser sinkt, wenn die Gewichtskraft größer ist als die Auftriebskraft. Er schwimmt, wenn die Auftriebskraft größer ist als die Gewichtskraft, und er schwebt, wenn beide Kräfte gleich groß sind.**

Wenn ein Stück Aluminium zu einer geschlossenen Wanne gefaltet wird, verdrängt sie mehr Wasser als das Aluminium zu einer Kugel gerollt. Da die Wanne mehr Wasser verdrängt, steigt die Auftriebskraft bei gleicher Gewichtskraft. Deshalb schwimmt die Wanne, die Kugel aber nicht. Und nun zum Fliegen: Dieselben physikalischen Grundsätze gelten auch für Gase, und Luft ist ja bekanntlich ein Gas.

## 50 Auftrieb in Gasen

Blase den Luftballon auf, verschließe ihn mit einem Band und lasse ihn in Augenhöhe los. Warum sinkt er zu Boden?

Auch auf den Luftballon wirken die Gewichtskraft und die Auftriebskraft. Die Auftriebskraft ist so groß wie die Gewichtskraft der vom Ballon verdrängten Luft. Da die Luft im Ballon zusammengepreßt und somit schwerer ist als die außen verdrängte Luft und noch die Hülle hinzugerechnet werden muß, ist auf jeden Fall die Gewichtskraft größer als die Auftriebskraft. Der Ballon sinkt also nach unten.

Auf einen Liter Luft bei Zimmertemperatur wirkt übrigens eine Gewichtskraft von  $0,012 \text{ N}$ . Leichter als Luft sind z. B. die Gase Helium ( $0,0018 \text{ N}$ ) und Wasserstoff ( $0,0009 \text{ N}$ ). Um einen Ballon steigen zu lassen, kann man nur ein Gas verwenden, das leichter als Luft und unbrennbar ist. Deshalb wird für Ballons ausschließlich Helium verwendet, das leider sehr selten und teuer ist.

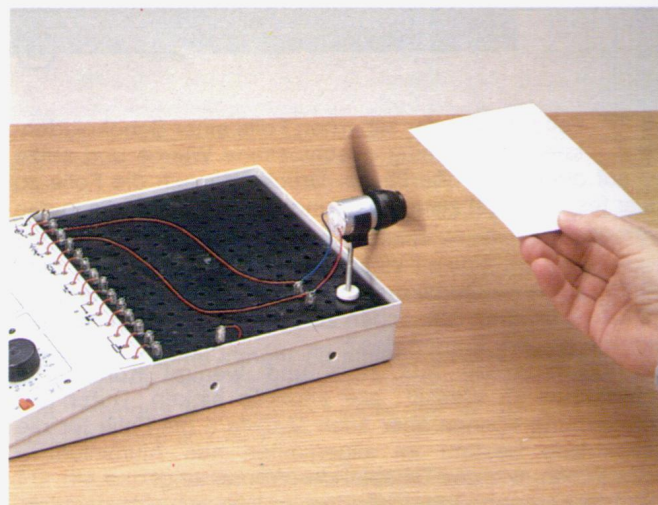
**51** Daß man mit Luft doch aufsteigen kann, bewiesen bereits im Jahre 1783 die beiden Brüder Montgolfier in Paris. Sie nutzten aber die Erkenntnis aus, daß heiße Luft leichter ist als kalte und füllten ihren Ballon mit heißer Luft. Das Prinzip eines Heißluftballons kannst du erkennen, wenn du dir aus 5 sehr dünnen Servietten (oder Seidenpa-

pier) einen unten offenen Würfel klebst. Halte diesen Würfel etwa  $15 \text{ cm}$  über eine Kerzenflamme, so daß die heiße Luft in den Würfel hineinsteigen kann. Sei sehr vorsichtig, daß das Papier der Flamme nicht zu nahe kommt. Blase dann die Kerze aus und stelle fest, ob der Würfel steigt. Wenn die Luft im Würfel genügend aufgeheizt wurde, steigt der Papierwürfel etwas auf. Da er aber unten nicht beschwert wurde, ist seine Lage in der Luft sehr wenig stabil, und er kippt zur Seite. Dann entweicht die heiße Luft, und er fällt herunter.

Auch heute noch gibt es Heißluftballons, die nach dem gleichen Prinzip fliegen. Mit einem Gasbrenner wird Luft erhitzt, die in den sehr großen Ballon hineinströmt. Da heiße Luft mehr Raum einnimmt als kalte, wird Luft hinausgedrängt, und damit verringert sich die Gewichtskraft. Sie kann so klein werden, daß nicht nur ein Korb, sondern auch noch Personen darin mitfliegen können.

## 52 Auftrieb durch strömende Luft

Auch Flugzeuge unterliegen den Gewicht- und Auftriebskräften, die du bisher kennengelernt hast. Daß Gewichtskräfte wirken, ist selbstverständlich; denn jedes Flugzeug hat schließlich ein Gewicht (eine Masse). Wie aber wird der Auftrieb an Tragflächen erzeugt? Für die folgenden Experimente benötigst du einen bzw. zwei Kartonstücke, z.B. zwei Hefdeckel (DIN A5) oder auch etwas stärkeren Karton derselben Größe.



(21)



Halte ein Stück Karton am oberen Rand in den Luftstrom des Winderzeugers (Motor mit Propeller, Fön oder Staubsauger). Halte ihn senkrecht, schräge und auch waagrecht davor. Achte darauf, wann der Karton nach oben gedrückt wird (Abb. 21).

Wenn der Luftstrom gegen den schräg nach oben gerichteten Karton trifft, wird dieser nach oben gedrückt. Bei waagerechter und senkrechter Stellung erfolgt gar kein Auftrieb.

**53** Entferne den Karton etwa doppelt so weit vom Winderzeuger wie im vorigen Experiment und versuche festzustellen, wie sich der Auftrieb verändert.

In größerer Entfernung ist die Strömungsgeschwindigkeit der Luft geringer, und damit verringert sich auch der Auftrieb. Du kannst nun sicherlich schon verstehen, daß ein Flugzeug zum Starten eine bestimmte Mindestgeschwindigkeit erreicht haben muß, um genügend Auftrieb zum Abheben zu haben.

**54** Ziehe einen der Kartons mehrfach scharf über eine Tischkante, so daß er sich nach innen wölbt. Halte dann die gewölbte Seite wieder in den Luftstrom. Verändert sich der Auftrieb?

Bereits durch eine kleine Wölbung des Kartons erhöht sich der Auftrieb beträchtlich, wenn der Luftstrom in die Wölbung hineinbläst.



22

## 55 Anstellwinkel

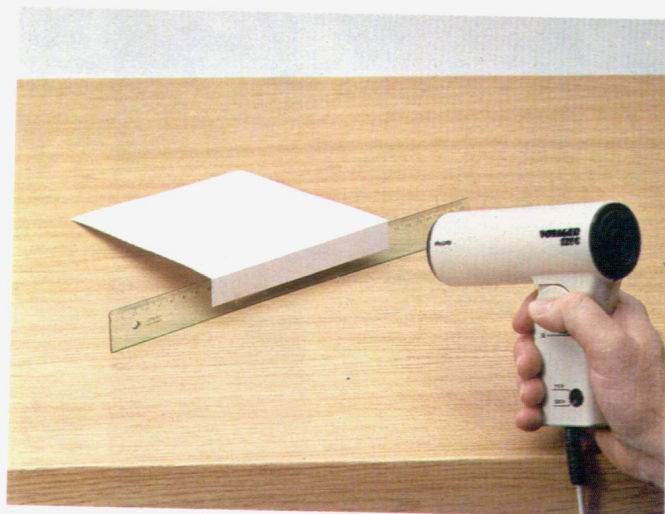
Laß bei diesem Experiment die Luft parallel zum Tisch strömen und stelle den Deckel des Experimentierkastens senkrecht auf den Tisch. Klebe den glatten Karton mit zwei Klebestreifen an der Oberkante an den Deckel. Neige dann den Deckel langsam zum Winderzeuger hin und achte auf den Karton.

Wenn man den Deckel langsam zum Luftstrom hin neigt, bleibt der Karton zunächst noch fest angedrückt. Von einem bestimmten Winkel an löst sich die untere Kante des Kartons vom Deckel und behält einen festen Winkel zum Luftstrom. Diesen Winkel zwischen dem Luftstrom und dem Karton nennt man den **Anstellwinkel** (Abb. 22.).

**56** Entferne den Deckel mit dem aufgeklebten Karton vom Winderzeuger und achte auf den Anstellwinkel des Kartons. Der Anstellwinkel wird umso größer, je langsamer die Luft strömt. Für startende und landende Flugzeuge, die dann ja am langsamsten fliegen, bedeutet dies, daß dann der Anstellwinkel der Tragflächen am größten sein muß, um den größtmöglichen Auftrieb zu erzielen.

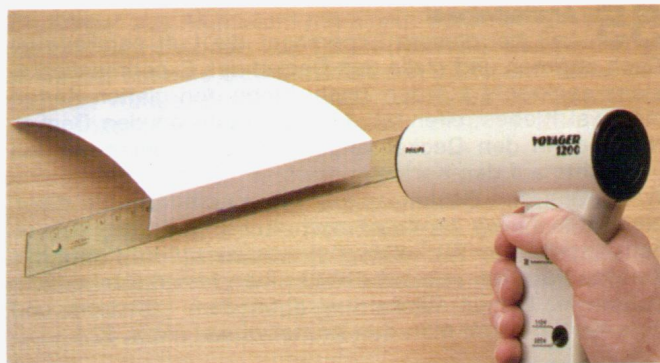
## 57 Eben oder gewölbt?

Knicke von der Schmalseite des ebenen Kartons etwa 2 cm um und hänge diese Kante über ein Lineal, das du aufrecht halten mußt. Laß den Luftstrom über den Karton streichen. (Abb. 23).



23

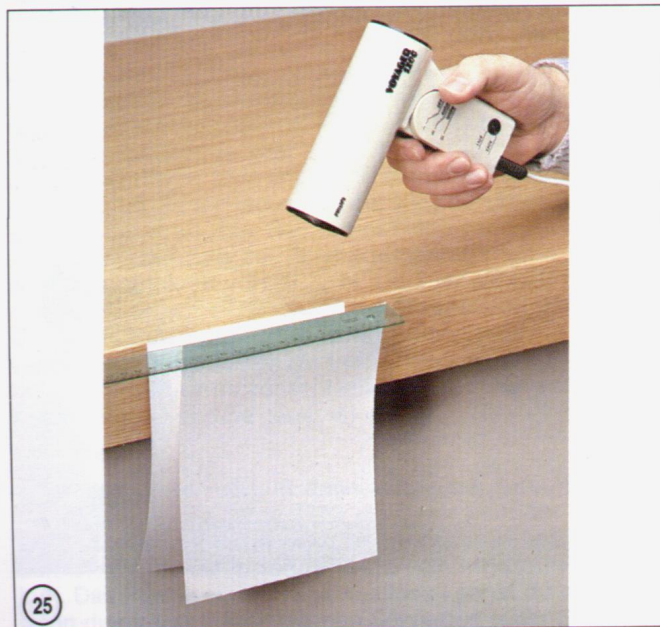




24

**58** Ziehe anschließend den Karton so über eine Tischkante, daß er sich zu einer Seite wölbt. Hänge dann den Karton wieder über das Lineal, laß erneut den Luftstrom darüberstreichen. (Abb. 24). Findest du einen Unterschied heraus?

Der ebene Karton ändert seine Lage nicht, der gewölbte dagegen wird angehoben. Durch die Luftströmung entsteht nämlich über der gewölbten Fläche ein Unterdruck, ein **Sog**, der die Pappe anhebt.

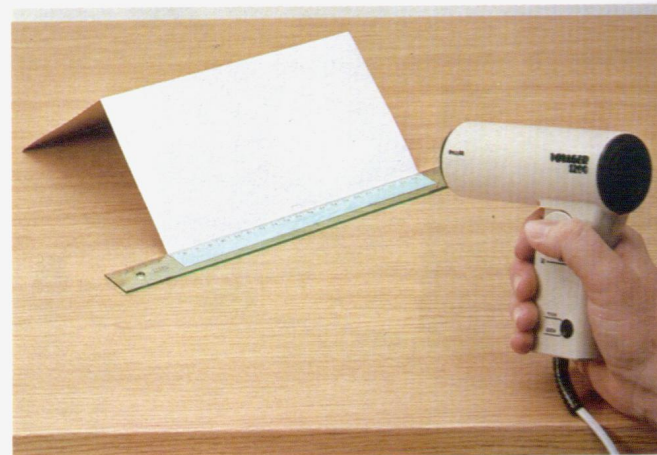


25

**59** Klebe einen der gewölbten Kartons mit der Wölbung nach außen an eine Tischkante, den anderen an das Lineal. Halte das Lineal so, daß die beiden Karten etwa 3 cm senkrecht voneinander hängen. Blase dann von oben mit dem Winderzeuger hindurch. (Abb. 25). Die beiden Kartons werden nicht etwa auseinanderge-drückt, wie man erwarten sollte, sondern sie bewegen sich aufeinander zu. An jedem Karton entsteht nämlich ein Unterdruck. Die auftretenden Kräfte wirken entgegengesetzt, und deshalb nähern sich die Kartons.

**60** Laß den Luftstrom des Winderzeugers über die Oberseite des aufgeblasenen Luftballons strömen, der auf dem Tisch liegt. Auch über der Wölbung des Luftballons entsteht ein Unterdruck (Sog), so daß er sich hebt. Selbst mit einem kleinen Gewicht daran kann der Luftballon steigen.

**61 Der Sturm deckt Dächer ab**  
Der Auftrieb, an Flugzeugtragflächen erwünscht, kann manchmal auch sehr unerfreuliche Wirkungen erzielen, nämlich dann, wenn Dächer von Häusern im Sturm abgedeckt werden.  
Falte einen der Kartons in der Mitte wie ein Dach. Beschwere eine Kante mit einem Lineal und blase Luft quer über dieses „Dach“. (Abb. 26)  
Über der dem Wind abgewandten Dachfläche bildet sich ein Sog, der das „Dach“ zunächst anhebt und dann fortfliegen läßt.



26



## 62 Windschatten

Halte ein Stück Karton von etwa 8 cm Breite vor eine brennende Kerze und blase dann kräftig gegen den Karton.

## 63

Stelle danach eine Flasche von etwa 8 cm Durchmesser vor die Kerze und blase kräftig gegen die Flasche. Fällt dir ein Unterschied auf?

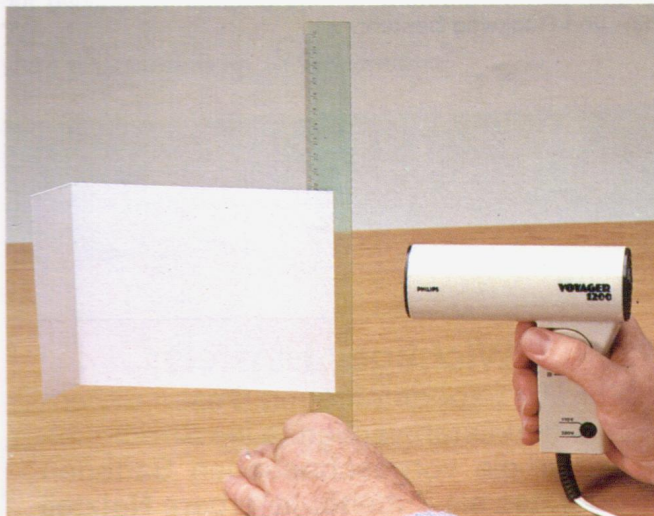
Die Flamme hinter dem Karton läßt sich nicht ausblasen, so sehr du dich auch bemüht. Hinter der Flasche dagegen läßt sie sich leicht ausblasen. Beim Auftreffen auf die Flasche teilt sich der Luftstrom, paßt sich der Flaschenwölbung an und vereinigt sich dahinter. Dabei entstehen Luftwirbel, die die Kerzenflamme zum Erlöschen bringen.

## 64 Steuerung

Klebe einen Karton von der Größe einer Postkarte mit Klebestreifen an ein Lineal. Halte es senkrecht auf den Tisch und blase mit dem Winderzeuger gegen das Lineal.

## 65

Knicke dann hinten an der Postkarte 2 cm breit zunächst leicht ab und blase wieder gegen das Lineal. Knicke dann den Falz stärker um und wiederhole noch einmal. (Abb. 27).



(27)

## 66

Halte das Lineal waagerecht und laß wieder die Luft dagegen strömen.

Die Steuerung eines Flugzeugs ist wesentlich aufwendiger als die eines Autos, das nur links oder rechts gelenkt werden kann. Beim Flugzeug sind Bewegungen um drei Achsen möglich: Um die senkrechte Achse dreht es sich nach rechts oder links, um die Querachse neigt es sich nach oben oder unten, und um die Längsachse rollt es, d. h., die Tragflächen werden nach oben bzw. unten bewegt.

Das Leitwerk eines Flugzeugs besteht aus festen Seiten- und Höhenflossen zur Stabilisierung der Fluglage. Die beweglichen **Höhenruder** lassen das Flugzeug steigen oder sinken. Das ebenfalls bewegliche **Seitenruder** und die **Querruder** bewirken das Fliegen von Kurven. Dabei senkt sich immer die kurveninnere Tragfläche, und die äußere hebt sich.

## 67 Propellerantrieb

Mit dem Motor, dem Propeller aus dem Experimentierkasten und einem Spielzeugauto kannst du ausprobieren, wie Propellerflugzeuge die zum Fliegen notwendige Geschwindigkeit erreichen. (Um den Motor mit Strom zu versorgen, ist eine Flachbatterie 4,5 V am besten geeignet.) Befestige den Motor mit Gummibändern so auf dem Auto, daß der Propeller sich frei drehen kann. Klemme die Anschlußdrähte des Motors mit Büroklammern an den Polen der Batterie fest. Vertausche auch einmal die Anschlußdrähte an den Polen.

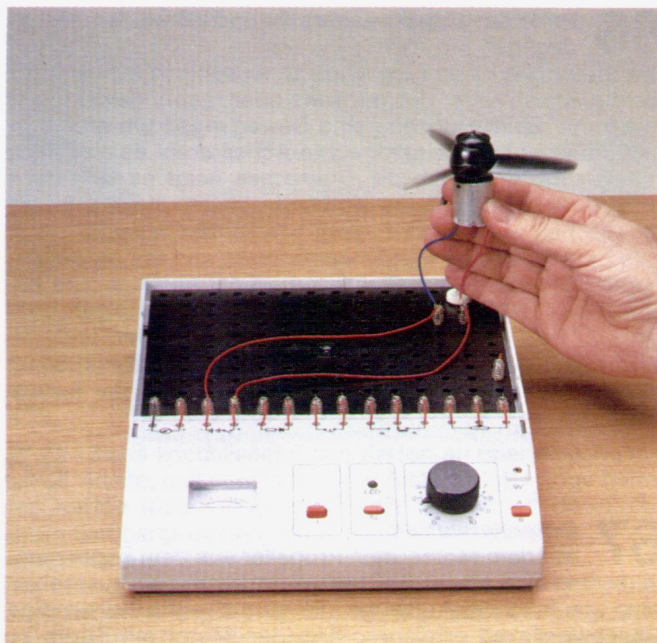
Nur wenn sich dieser Propeller in Fahrtrichtung rechts herum dreht, bewegt sich das Auto vorwärts, andernfalls rollt es rückwärts. Wenn du den Propeller betrachtest, fällt dir auf, daß auch er einen Anstellwinkel besitzt. Dadurch werden die Luftteilchen beim Drehen erfaßt und mit höherer Geschwindigkeit nach hinten fortgeschleudert. Es entsteht ein Schub, der das Flugzeug vorantreibt.

Moderne Propellerflugzeuge sind mit Verstellpropellern ausgerüstet. Beim Starten z. B. erhalten die Propeller einen kleinen Anstellwinkel, beim Schnellflug einen großen.

## 68 Hubschrauberflug

Halte den an den Stromversorgungsklemmen angeschlossenen Motor senkrecht und laß den Propeller rechts herum laufen. (Abb. 28). Wohin wirkt der Schub des Propellers? Fällt dir auf, daß sich der Motor beim Einschalten auch bewegt?





28

Die Luft wird mit höherer Geschwindigkeit nach unten geschleudert, und damit wirkt der Schub nach oben. Während sich der Propeller nach rechts dreht, spürt man am Motor eine Linksdrehung. Ein waagrecht laufender Propeller – bei einem Hubschrauber nennt man ihn **Rotor** – erzeugt den zum Aufsteigen notwendigen Auftrieb und gleichzeitig durch Verändern des Anstellwinkels auch den Vorwärtsflug.

Damit sich der Hubschrauber nicht entgegengesetzt zum Rotor dreht, wird ein kleiner, um eine waagerechte Achse rotierender Heckrotor benötigt. Er ist zur Steuerung der Bewegung des Hubschraubers um die senkrechte Achse notwendig.

**69** Steige auf einen Stuhl und laß den waagrecht gehaltenen Propeller (ohne Motor natürlich) mit der Spitze nach unten fallen. Achte auf die Bewegung, die der Propeller ausführt.

Ohne Antrieb dreht sich der Propeller nach kurzem Fall. Diese Erscheinung nennt man **Autorotation**. Die Autorotation macht es möglich, daß ein Hubschrauber bei Motor-ausfall noch landen kann.

Die Elektrizität ist eine Naturerscheinung, die wir mit unseren Sinnesorganen nicht direkt wahrnehmen können. Man kann nämlich den elektrischen Strom weder sehen, hören, schmecken, fühlen noch riechen, sondern man kann ihn nur indirekt an seinen Wirkungen erkennen. So kann Strom Licht und Wärme erzeugen, ein Magnetfeld hervorrufen, Elektromotoren antreiben und z. B. auch chemische Verbindungen zersetzen.

In unserem Alltag ist der Umgang mit dem elektrischen Strom zur Selbstverständlichkeit geworden. Ein Knopfdruck genügt, und schon leuchtet eine Lampe auf oder erleichtert uns ein elektrisches Haushaltsgerät die Arbeit. Durch die fortschreitende Technisierung ist der Bedarf an elektrischer Energie immer größer geworden, so daß ständig neue Formen der Energiegewinnung erprobt werden, z. B. auch Wind- und Sonnenenergie nutzbar zu machen.

Voraussetzung für das Fließen eines Stromes ist ein geschlossener Stromkreis, bei dem zwischen der Stromquelle und dem Verbraucher je eine leitende Verbindung für Hin- und Rückweg besteht.

## Wichtiger Hinweis:

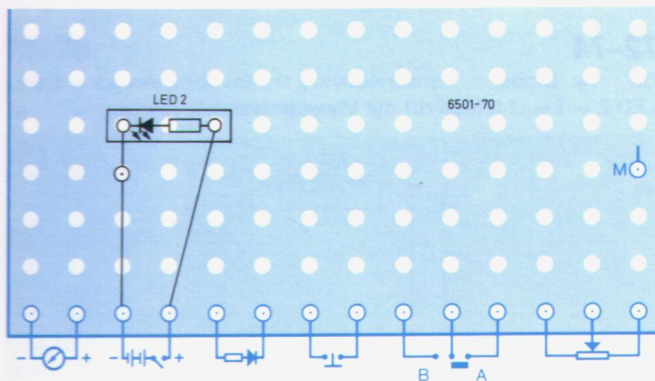
Für alle Experimente mit diesen Experimentierkästen verwende als Stromquelle nur die vorgeschriebenen Batterien oder das als Zubehör lieferbare Netzteil – Bestell-Nr. 6155.



## 70 Anzeige für den Strom

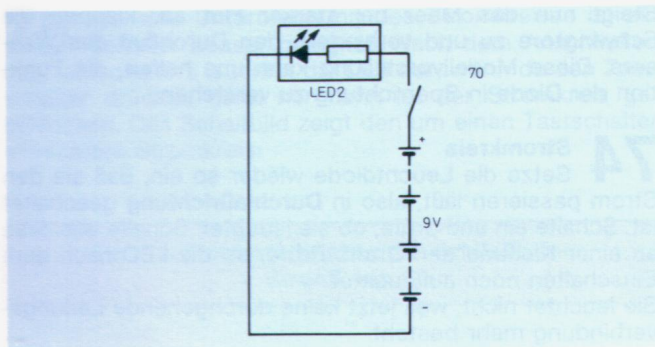
Da der elektrische Strom mit unseren Sinnesorganen nicht direkt wahrgenommen werden kann, benötigen wir in jedem Falle eine Anzeige, um elektrische Vorgänge sichtbar zu machen. Für eine optische Anzeige ist eine Leuchtdiode gut geeignet.

Setze die rote Leuchtdiode auf die Grundplatte und stelle wie im Verdrahtungsplan angegeben die entsprechenden Drahtverbindungen her. Bei Schalterstellung 1 leuchtet die Leuchtdiode und zeigt einen elektrischen Strom an.



70

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



Zur Darstellung aller elektrischen Schaltungen kann man **Schaltpläne** benutzen. Dabei werden als Abkürzungen festgelegte Zeichen verwendet. Diese Zeichen werden **Schaltzeichen** oder **Schaltsymbole** genannt.

Symbole für die ersten Experimente

Leitungsdraht:



6 Batterien 1,5 V:  
( $6 \times 1,5 = 9$  Volt)



Minuspol:



Pluspol:



Mittelanzapfung  
(hier  $3 \times 1,5 = 4,5$  Volt)



Schalter:



Verbindungspunkt:



Leuchtdiode mit Vorwiderstand:



Die Leuchtdiode, abgekürzt LED, ist durch einen Vorwiderstand gegen Überlastung geschützt. Sicherheitshalber ist er auf der Platine fest montiert.

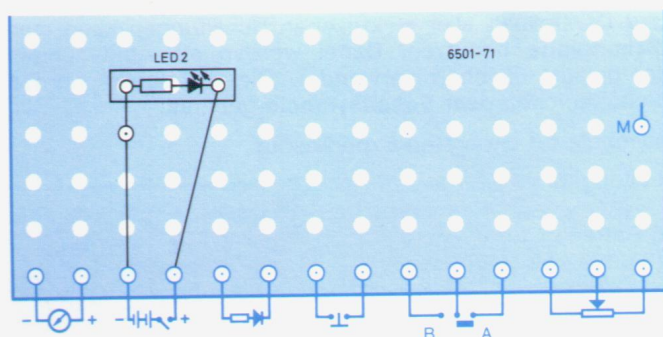
**71** Setze die Leuchtdiode umgekehrt in den Stromkreis und schalte ein.

Die Diode leuchtet nicht, man sagt sie ist in **Sperrichtung** geschaltet. Dioden sind Bauteile, die den elektrischen Strom nur in einer Richtung passieren lassen, in der Gegenrichtung aber eine Sperre darstellen.

Neben den Leuchtdioden sind auch zwei einfache Dioden in diesem Experimentierkasten. Sie haben die gleichen Eigenschaften wie eine Leuchtdiode, nur kann man an ihnen selbst die jeweilige Schaltfunktion nicht direkt ablesen. Die Diode hat dieses Schaltzeichen:

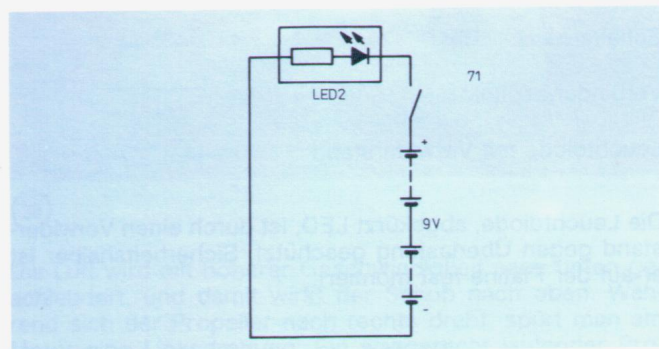






71

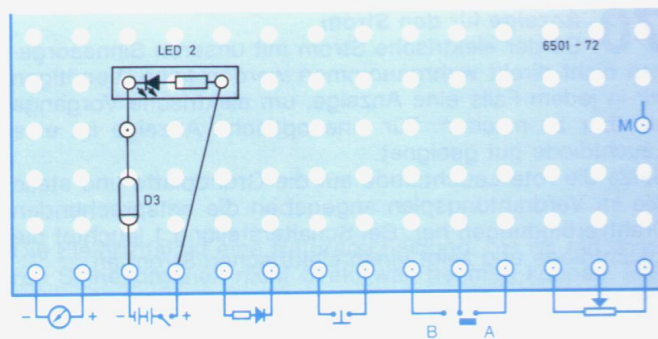
LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



**72** Setze nach dem Verdrahtungsplan zusätzlich zur LED in Durchlaßrichtung eine Diode in Durchlaßrichtung ein. Die Markierung muß zur Klemme – weisen. Wenn du einschaltest, leuchtet die LED.

**73** Drehe die Diode um, Markierung zur Klemme + und schalte ein. Die LED leuchtet nicht, weil die Diode jetzt in Sperrrichtung geschaltet ist. Genau wie Leuchtdioden lassen einfache Dioden den Strom auch nur in einer Richtung passieren, in der Gegenrichtung stellen sie eine Sperre für den Strom dar.

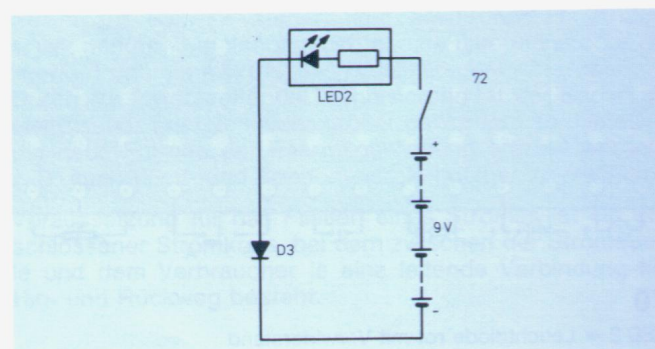
Mit einem Vergleich kann man diese Erscheinung veranschaulichen: Im Küstenbereich der Meere entwässern zahlreiche kleine Bäche und Flüsse das Land. Damit aber bei Sturmfluten kein Meerwasser in die Flüsse hineingedrückt wird, sind Schwingtore in den Flußlauf hineingebaut.



72-74

D3 = Diode

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



Steigt nun das Meer bei starker Flut an, klappen die Schwingtore zu und verhindern den Durchfluß des Wassers. Diese Modellvorstellung kann uns helfen, die Funktion der Diode in Sperrrichtung zu verstehen.

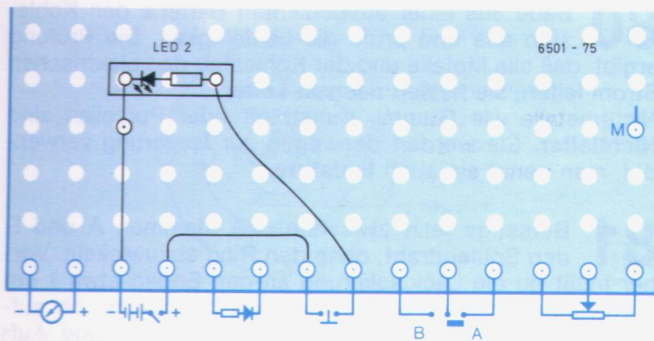
**74 Stromkreis**

Setze die Leuchtdiode wieder so ein, daß sie den Strom passieren läßt, also in **Durchlaßrichtung** geschaltet ist. Schalte ein und prüfe, ob sie leuchtet. Schalte aus, löse an einer Klemme den Draht. Prüfe, ob die LED nach dem Einschalten noch aufleuchtet.

Sie leuchtet nicht, weil jetzt keine durchgehende Leitungsverbindung mehr besteht.

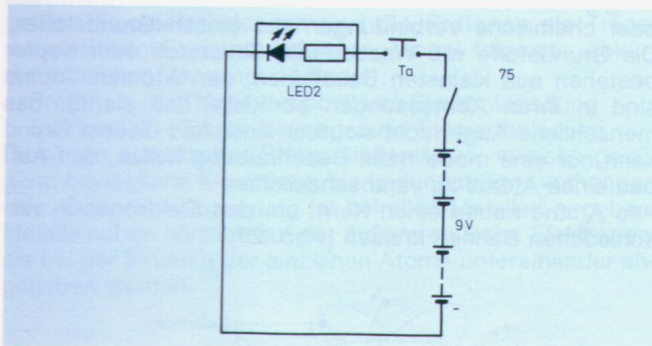
**Elektrischer Strom kann nur in einem geschlossenen Stromkreis fließen.**





## 75-76

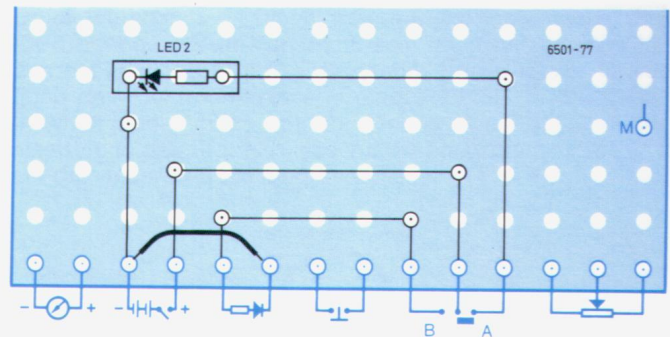
LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand  
Ta = Taster im Bedienungspult



**75** Für eine Unterbrechung des Stromkreises ist ein Schalter besser geeignet. Nach dem Anschließen des Tastschalters leuchtet die LED nur, wenn du den Tastschalter drückst, denn nur dann ist der Stromkreis geschlossen. Das Schaltbild zeigt den um einen Tastschalter erweiterten Stromkreis.

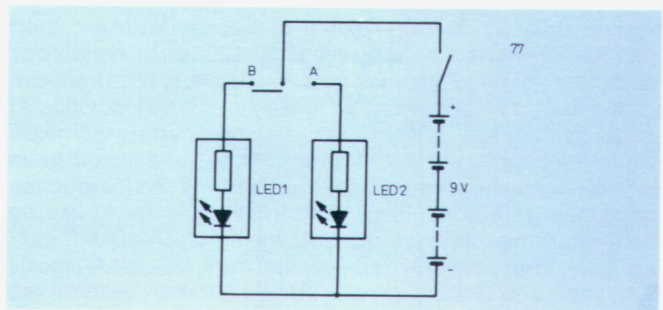
**Ein Schalter unterbricht oder schließt den Stromkreis.**

**76** Mit einem Tastschalter im Stromkreis kann der Strom beliebig oft und mit unterschiedlicher Dauer ein- und ausgeschaltet werden. Damit hast du eine einfache Anlage zum Morsen.



## 77

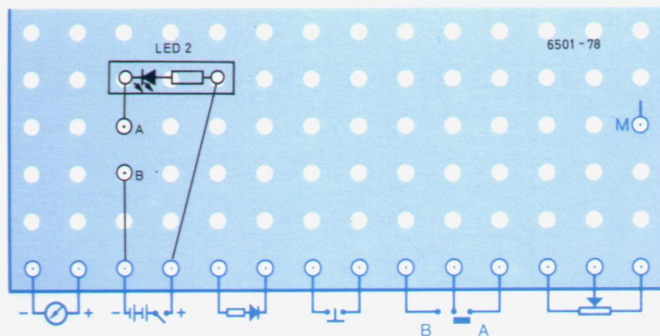
S = Umschalter im Bedienungspult  
LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult  
LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



Für die Nachrichtenübermittlung durch Ein- und Ausschalten des elektrischen Stroms erstellte der Amerikaner Morse 1835 ein Zeichensystem. Es ist auch heute noch im Gebrauch. Die Zeichen für Buchstaben und Zahlen sind im **Morsealphabet** (Seite 15) zusammengestellt. Du kannst ja einmal versuchen, eine einfache Nachricht ins Morsealphabet zu „übersetzen“. Ein Schiffsfunktor muß 120 Zeichen pro Minute sicher aufnehmen und geben können.

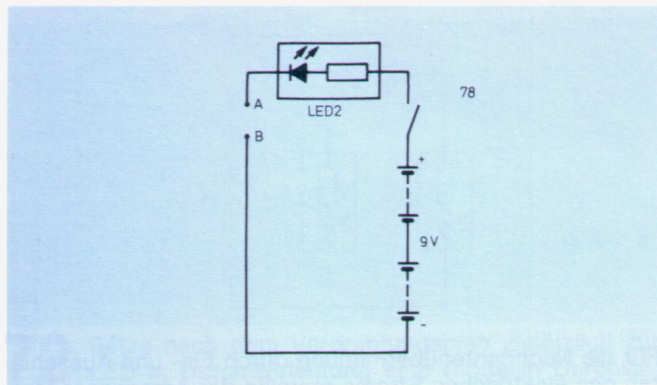
**77** Mit dem Umschalter kannst du abwechselnd zwei Stromkreise ein- bzw. ausschalten. In diesem Experiment wird bei Stellung B des Umschalters der Stromkreis geschlossen, in dem die ins Bedienungspult eingebaute LED (grün) liegt. Schiebst du den Schalter in Stellung A, erlischt die grüne LED im Bedienungspult, dafür leuchtet jetzt die rote Leuchtdiode auf der Grundplatte.





**78-81**

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



## 78 Leiter und Nichtleiter

Einige Stoffe leiten den elektrischen Strom sehr gut, andere gar nicht. Baue dir nach dem Verdrahtungsplan eine Prüfschaltung auf, um zu untersuchen, welche Stoffe den elektrischen Strom leiten und welche nicht. Verbinde die Klemmen A und B mit einem Stück Draht.

**79** Löse die Drahtverbindung zwischen A und B und drücke verschiedene Materialien wie Bindfaden, Metallstücke, Gummi oder Kunststoffe auf die Klemmen A und B oder spanne sie ein.

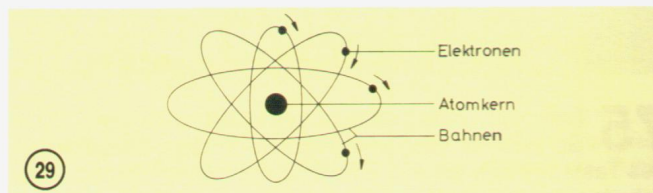
**80** Baue aus einer ausgedienten Batterie den Kohlestab aus und prüfe die Leitfähigkeit. Die Prüfung ergibt, daß alle Metalle und der Kohlestab den elektrischen Strom leiten, sie heißen deshalb **Leiter**.

Nichtmetalle wie Gummi, Kunststoff oder Porzellan sind **Nichtleiter**. Sie werden deswegen zur Isolierung verwendet, man nennt sie auch **Isolatoren**.

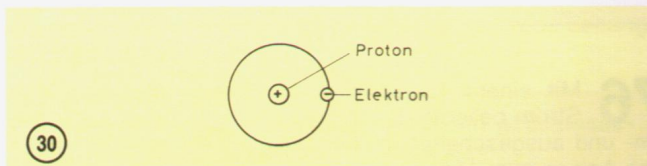
**81** Befestige jetzt zwischen den Klemmen A und B den Spulendraht, ohne den Ring abzuwickeln. Vorher muß du die Lackisolierung an den Enden etwa 1 cm sorgfältig abkratzen. Schalte ein und beobachte, ob aufgrund der Leitungslänge zwischen Einschalten und Aufleuchten der LED ein Zeitunterschied feststellbar ist. Die LED leuchtet ohne Verzögerung sofort auf, unabhängig von der Länge des Leitungsdrahtes.

Die elektrische Leitfähigkeit ist vom Aufbau der Stoffe abhängig. Alle Stoffe sind entweder Grundstoffe (Elemente) oder chemische Verbindungen aus diesen Grundstoffen. Die Grundstoffe wie Wasserstoff, Sauerstoff oder Kupfer bestehen aus kleinsten Bausteinen, den Atomen. Atome sind in ihren Abmessungen so klein, daß sie für das menschliche Auge nicht sichtbar sind. Aus diesem Grund kann nur eine modellhafte Beschreibung helfen, den Aufbau eines Atoms zu veranschaulichen.

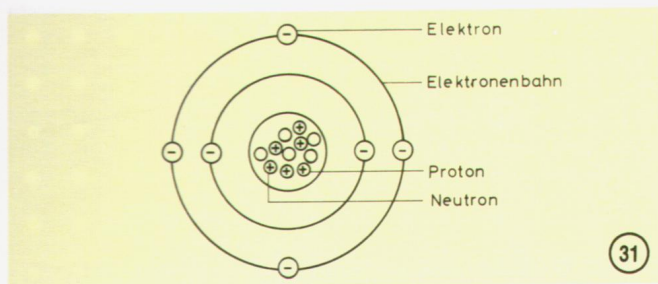
Alle Atome haben einen Kern, um den Elektronen in verschiedenen Bahnen kreisen (Abb. 29).



Das einfachste Atom ist das Wasserstoffatom. Der Kern des Wasserstoffatoms besteht aus einem Proton, der kleinsten positiven elektrischen Ladung. Das Proton wird von einem Elektron umkreist (Abb. 30). Es hat die kleinste negative elektrische Ladung.







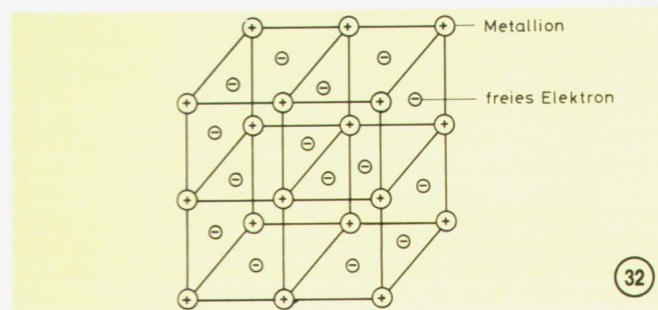
Da in einem Atom (Abb. 31) die Summe der negativen Elementarladungen aller Elektronen der Summe der positiven Ladungen aller Protonen entspricht, besteht ein Ladungsgleichgewicht, und das Atom wirkt nach außen elektrisch neutral.

Man bezeichnet deshalb die Elektronen als Träger der negativen Elementarladungen und die Protonen als Träger der positiven Elementarladungen, wobei folgende Abkürzungszeichen Verwendung finden:

Proton: + Träger der positiven Elementarladung

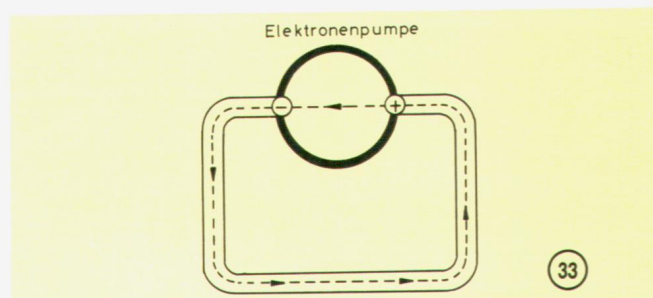
Elektron: - Träger der negativen Elementarladung

Damit ein elektrischer Strom fließen kann, müssen genügend bewegliche Elektronen als Ladungsträger vorhanden sein. Diese Voraussetzung ist bei allen Metallen gegeben. Metalle haben nämlich auf der äußersten Bahn Elektronen, die bei der Bindung der einzelnen Atome untereinander abgegeben werden.

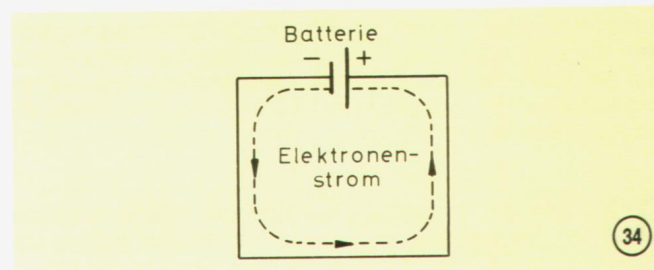


Dabei werden die Metallatome zu positiven Metallionen und bilden ein **Metallraumgitter** (Abb. 32). Zwischen den fest verankerten Metallionen liegen in gleichmäßiger Verteilung die abgegebenen Außenelektronen (Valenzelektronen, Abb. 32). Innerhalb des Metallraumgitters sind sie nicht mehr an einzelne Atome gebunden und deshalb relativ leicht beweglich. Sie lassen sich bei entsprechendem

Druck verschieben. Diese freien Elektronen bilden das Elektronengas. Sein Vorhandensein ist die Grundlage für den elektrischen Strom. Elektrischer Strom ist die Bewegung des Elektronengases in einer Richtung. Dazu benötigt man jedoch einen Antrieb, der wie eine Pumpe auf der einen Seite des Stromkreises auf die Elektronen Druck und auf der anderen Seite Sog ausübt.



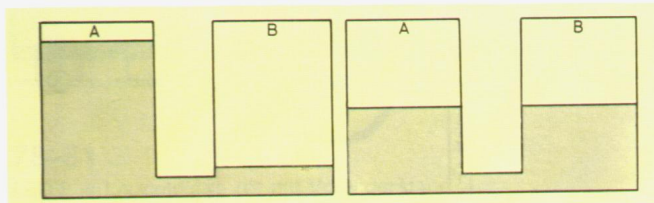
Dieser Antrieb erfolgt in jedem Falle durch eine Energie von außen (Abb. 33). Z. B. liefert eine Batterie durch chemische Umsetzung diese erforderliche Energie. Infolge unterschiedlicher Elektronenkonzentrationen an den beiden Polen der Batterie entsteht ein Zustand, den man als **Spannung** bezeichnet. Dabei herrscht am Minuspol (-) Elektronenüberschuß, am Pluspol (+) Elektronenmangel. Die Folge davon ist ein elektrisches Feld. Verbindet man beide Pole mit Draht zu einem Stromkreis, fließt ein Elektronenstrom (Abb. 34) vom Minus- zum Pluspol, weil aufgrund der unterschiedlichen Elektronenbesetzung das Bestreben zum Ladungsausgleich besteht, und die Elektronen durch das elektrische Feld angetrieben werden. Die Spannung drückt den Ladungsunterschied aus und ist Ursache für den elektrischen Strom. Sie wird mit dem Formelzeichen **U** abgekürzt. Die Maßeinheit für die elektrische Spannung ist ein **Volt**, Einheitszeichen: **V**. Sie ist benannt nach dem italienischen Physiker Alessandro Volta.





# Elektrizität

Der Begriff der elektrischen Spannung läßt sich an einem Modell veranschaulichen. Zwei Wasserbehälter (A und B) werden wie in Abb. 35, miteinander verbunden, und der Behälter A mit Wasser gefüllt. Im Behälter A ist dann ein Wasserüberschuß, der durch die Verbindungsrohre in Behälter B drängt. Der Druck, der dabei ausgeübt wird, ist vergleichbar mit der elektrischen Spannung. Er wird hervorgerufen durch die Schwerkraft, die den Ausgleich herbeiführt.



35

Die Spannungen in elektrischen Stromkreisen können sehr unterschiedlich sein. In der Elektrotechnik treten Spannungen auf, die viel größer, aber auch viel kleiner als 1 Volt (1 V) sein können.

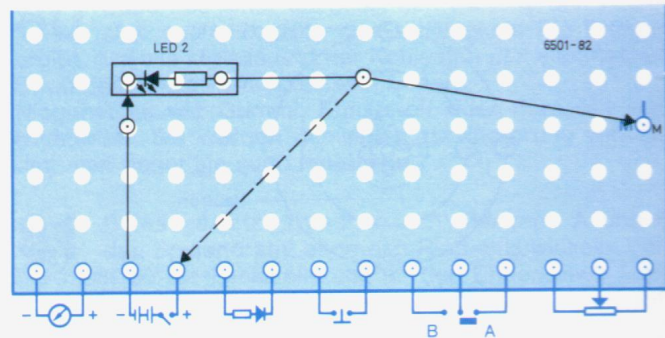
Deshalb werden bei hohen Spannungen Vielfache und bei kleinen Spannungen Teile der Einheit Volt verwendet:

1 MV	= 1 Megavolt	=	1 000 000 V
1 kV	= 1 Kilovolt	=	1 000 V
1 mV	= 1 Millivolt	=	$\frac{1}{1000}$ V
1 $\mu$ V	= 1 Mikrovolt	=	$\frac{1}{1000\,000}$ V

## 82 Spannungsuntersuchungen

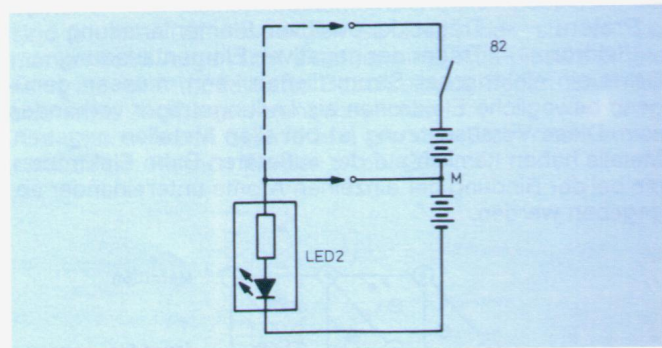
Um zu untersuchen, welche Auswirkungen unterschiedliche Spannungen im Stromkreis haben, baue nach dem Verdrahtungsplan mit der roten LED einen Stromkreis auf, der von Klemme „-“ zur Klemme M führt. Schalte ein und achte auf die Helligkeit der Leuchtdiode. Benutze auch die Klemmen M und +!

**83** Löse die Verbindung zur Klemme M und führe sie an die Klemme +. Schalte ein und vergleiche die Helligkeit der LED mit der aus dem vorigen Experiment.



82-83

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

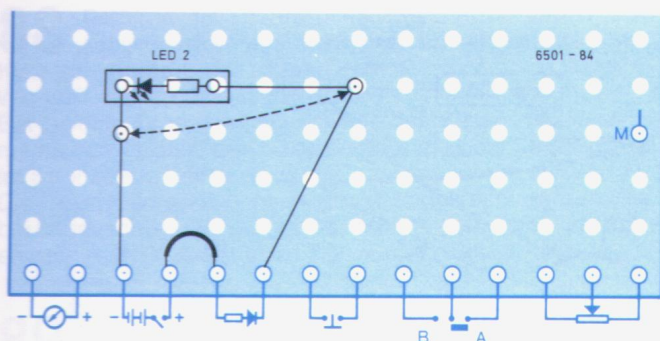


Beim Anschluß an Klemme M ist die Leuchtintensität der LED deutlich geringer, weil an Klemme M für die Stromversorgung jeweils nur 3 Batterien wirksam werden. Das entspricht einer Spannung von 3 mal 1,5 Volt, also insgesamt 4,5 Volt.

Wird die Verbindung von der Klemme - zur Klemme + hergestellt, stehen alle 6 Batterien für die Stromversorgung zur Verfügung, das entspricht einer Spannung von 6 mal 1,5 Volt, also insgesamt 9 Volt.

Zwischen den Klemmen - und + liegt die Gesamtspannung, die bei Verwendung von Klemme M aufgeteilt wird in  $2 \times 4,5$  V.

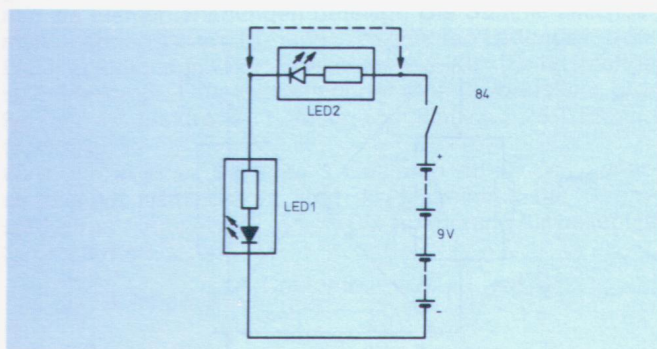




**84**

LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand  
im Bedienungspult

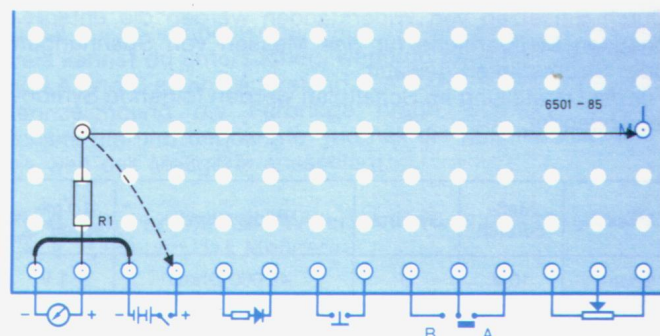
LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



**84** Schalte nach dem Verdrahtungsplan zwei Leuchtdioden hintereinander in den Stromkreis und schalte ein. Überbrücke dann mit einem Drahtstück die rote LED auf der Grundplatte.

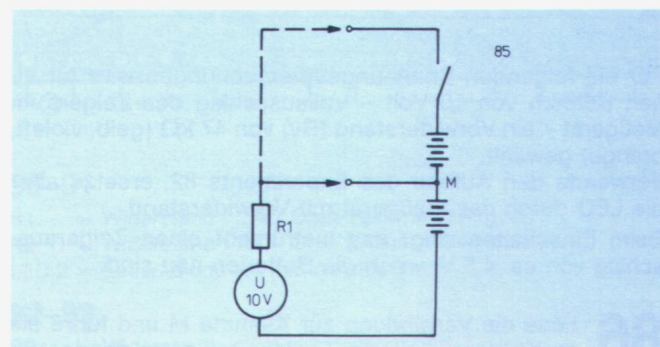
Die grüne LED im Bedienungspult leuchtet heller, weil jetzt die Gesamtspannung für eine LED zur Verfügung steht. Vor der Überbrückung verteilt sich die Spannung auf beide Leuchtdioden, sie leuchten weniger hell als eine einzelne.

**Niemals darf das Meßgerät ohne Vorwiderstand eingesetzt werden, da es sonst zerstört wird.**



**85-86**

R1 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)



**85 Das Meßgerät**

Unterschiedliche Spannungsverhältnisse kann man zwar durch die Helligkeitsunterschiede der LED sichtbar machen, doch eindeutige Ergebnisse sind so nicht zu erzielen. Für genauere Untersuchungen muß man ein Meßgerät einsetzen, das die Wirkungen des Stroms z. B. durch einen Zeigerausschlag anzeigt.

Das Meßwerk in diesem Experimentierkasten ist im Bedienungspult eingebaut. Es wird mit diesem Schaltzeichen dargestellt:





# Elektrizität

Durch Einsetzen von Widerständen werden die entsprechenden Meßbereiche für das Messen von Spannungen oder Stromstärken gewählt.  
Für die Darstellung im Schaltplan werden folgende Symbole verwendet:

Messung	Meßbereich	Symbol	Widerstand	1 Teilstrich $\cong$
Spannung	10 V	U 10 V	47 000 Ohm (gelb, violett, orange)	1 V
	1 V	U 1 V	4700 Ohm (gelb, violett, rot)	0,1 V
Strom	1 A	I 0,5 A	0,1 Ohm (OR1)	100 mA
	30 mA	I 30 mA	4,7 Ohm (gelb, violett, gold)	3 mA

Für die folgenden Spannungsuntersuchungen wird für einen Bereich von 10 Volt – Vollausschlag des Zeigers im Meßgerät – ein Vorwiderstand ( $R_v$ ) von 47 k $\Omega$  (gelb, violett, orange) gewählt.

Verwende den Aufbau des Experiments 82, ersetze aber die LED durch das Meßgerät mit Vorwiderstand.

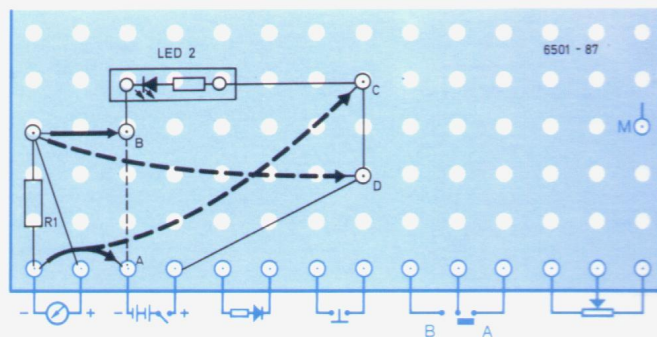
Beim Einschalten zeigt das Instrument einen Zeigerausschlag von ca. 4,5 V, wenn die Batterien neu sind.

**86** Löse die Verbindung zur Klemme M und führe sie an Klemme +. Beim Einschalten zeigt das Instrument fast vollen Zeigerausschlag. Das entspricht etwa der Gesamtspannung.

Die Messungen bestätigen die Tatsache, daß die Gesamtspannung von 9 Volt an Klemme M in zwei Teilspannungen von 4,5 Volt zerlegt wird.

## 87 Stromstärkemessungen

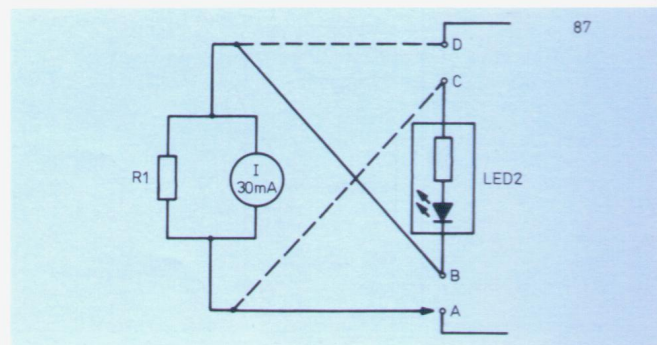
Bei Strommessungen ist der Zeigerausschlag im Meßgerät abhängig vom Strom, der durch das Meßwerk fließt. Bei entsprechender Eichung läßt sich der zu messende Strom direkt ablesen.



## 87-89

R1 = Widerstand 4,7 Ohm (gelb, violett, gold)

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



Ein Strommeßgerät muß direkt in den Stromkreis hineingeschaltet werden. Parallel zum Meßgerät schaltet man einen Nebenwiderstand mit kleinem Wert, um den Meßbereich festzulegen. Diesen Widerstand bezeichnet man als **Shunt** (eng. to shunt = ableiten).

Für die folgende Strommessung soll das Instrument in einem Meßbereich von 30 mA arbeiten. Dafür wird ein Nebenwiderstand von 4,7  $\Omega$  eingesetzt.

Baue einen Stromkreis nach dem Verdrahtungsplan auf.

Miß den Strom, der bei einer Spannung von 9V durch eine LED fließt. Das Meßgerät liegt zwischen den Klemmen A und B. Die Klemmen C und D sind mit einem Draht verbunden.



**88** Entferne die Drahtbrücke zwischen C und D und schließe dort das Meßgerät an. Überbrücke die Klemmen A und B mit einem Draht.

Wie weit schlägt der Zeiger aus?

Bei beiden Experimenten schlägt der Zeiger des Instrumentes gleich weit aus. Das bedeutet, daß die Stromstärke im Stromkreis überall gleich ist.

Die Stromstärke kann nicht direkt abgelesen werden. Da bei Vollauschlag (10 Teilstriche) 30 mA gemessen werden, entspricht 1 Teilstrich einer Stromstärke von 3 mA.

**89** Setze statt der Drahtbrücke bei den Klemmen A und B einen Widerstand von 470 Ohm (gelb, violett, braun) ein und miß die Stromstärke.

Das Meßgerät zeigt eine geringere Stromstärke als bei den vorigen Experimenten an.

Das Vorhandensein einer elektrischen Spannung ist die Voraussetzung für den Elektronenfluß bei elektrischen Vorgängen. An diesen Vorgängen sind Milliarden von Elektronen als Elementarladungen beteiligt. Die Summe aller Elementarladungen ergibt eine bestimmte Ladungs- oder Elektrizitätsmenge. Die Einheit für die Elektrizitätsmenge ist 1 Coulomb (1 C). Es bezeichnet eine unvorstellbar große Zahl von Elektronen (Ladungen), nämlich  $6,25 \times 10^{18}$ .

Wird nun in einer Sekunde 1 Coulomb durch den Leiterquerschnitt transportiert, liegt die Maßeinheit der Stromstärke von 1 Ampere (1 A) vor. Die Abkürzung für beliebige Stromstärken ist: I.

$$1 \text{ Ampere} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ sek}} \quad 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

Die Einheit Ampere ist nach dem französischen Physiker André Marie Ampère benannt, der intensiv die Erforschung der Eigenschaften des elektrischen Stromes betrieben hat. Nach neueren Erkenntnissen werden heute auch andere Definitionen für das Ampere verwendet.

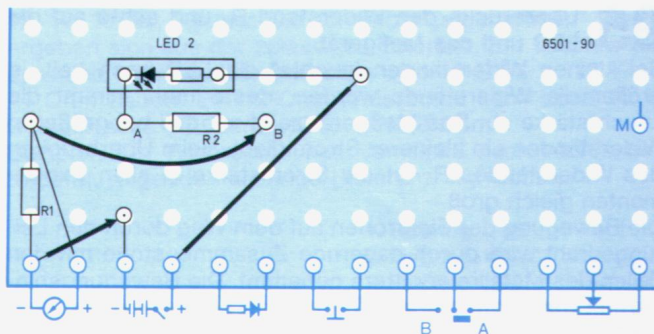
Da in elektrischen Stromkreisen sehr unterschiedliche Stromstärken auftreten können, werden auch Teile und Vielfache der Einheit verwendet.

$$\begin{aligned} 1 \text{ kA} &= 1 \text{ Kiloampere} = 1000 \text{ A} \\ 1 \text{ mA} &= 1 \text{ Milliampere} = \frac{1}{1000} \text{ A} \\ 1 \mu\text{A} &= 1 \text{ Mikroampere} = \frac{1}{1000000} \text{ A} \\ 1 \text{ nA} &= 1 \text{ Nanoampere} = \frac{1}{1000000000} \text{ A} \end{aligned}$$

## 90 Widerstände

Die Wirkungsweise eines Widerstandes im Stromkreis kannst du untersuchen, wenn du zwischen die Klemmen A und B einen Widerstand von  $100 \Omega$  setzt. Er hat zur Kennzeichnung die Farbringe braun, schwarz, braun. Schalte ein und beobachte, wie hell die LED leuchtet und wie weit das Meßgerät ausschlägt.

**91** Überbrücke den Widerstand  $R_1$  und achte auf die LED und das Meßgerät.



## 90-91

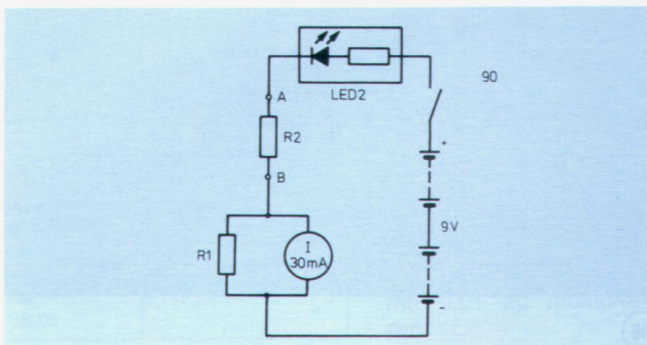
R1 = Widerstand 4,7 Ohm (gelb, violett, gold)  
R2 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)  
LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

## 92-93

R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)

## 94-95

R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)





**92** Ersetze den Widerstand  $R_1$  durch einen mit dem Wert von 470 Ohm. Du erkennst ihn an den Farbringen gelb, violett, braun.  
Prüfe die Helligkeit der LED und den Zeigerausschlag.

**93** Überbrücke den Widerstand  $R_1$  und achte auf die LED und das Meßgerät.

**94** Tausche nun  $R_1$  gegen einen Widerstand von 4.700 Ohm (gelb, violett, rot).

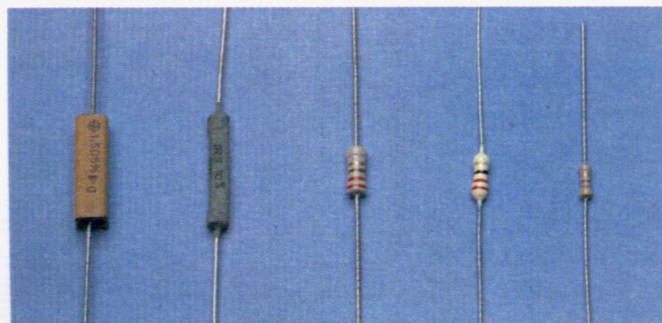
**95** Überbrücke den Widerstand  $R_1$  und achte auf die LED und das Meßgerät.

Bei kleinen Widerständen leuchtet die LED noch hell, je größer die Widerstände werden, desto mehr nimmt die Leuchtstärke ab. Das Meßgerät zeigt an, daß bei größeren Widerständen ein kleinerer Strom fließt. Beim Überbrücken des Widerstandes  $R_1$  ist die Stromstärke in allen Experimenten gleich groß.

Die Bewegung der Elektronen auf dem Weg durch den Leitungsdraht wird durch dauernde Zusammenstöße mit den Teilen des Metallraumgitters gehemmt. Die Bewegungshinderung der Ladungsträger durch den Leiter wird als **elektrischer Widerstand** bezeichnet. Bei einer festen Spannung begrenzt ein Widerstand im Stromkreis den Strom auf einen Höchstwert.

Durch Verwendung besonderer Werkstoffe, die sich in Atomdichte und Zahl der freien Elektronen unterscheiden, lassen sich Bauteile konstruieren, die den elektrischen Strom unterschiedlich hemmen. Diese Bauteile heißen **Widerstände**. Man unterscheidet dabei Festwiderstände, einstellbare und veränderliche Widerstände.

**Festwiderstände** haben einen bestimmten Wert, der sich nicht ändert.



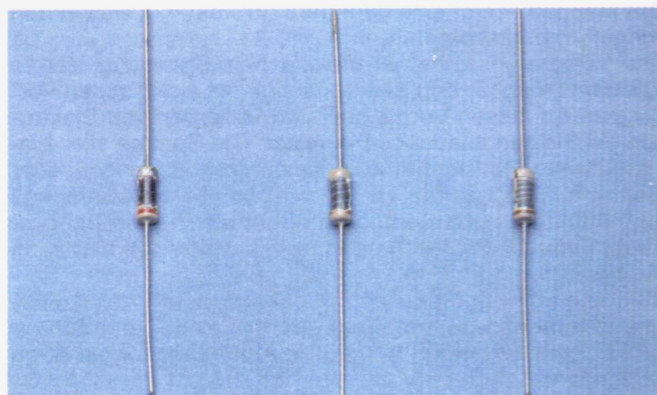
(36)

Bei **einstellbaren Widerständen** kann der Wert mechanisch eingestellt werden.

**Veränderliche Widerstände** ändern den Widerstand durch äußere Beeinflussung, z. B. Änderung des Lichteinfalls oder der Temperatur.

Bei den Festwiderständen unterscheidet man je nach Bauart Kohleschicht-, Metallschicht- oder Drahtwiderstände (Abb. 36).

Die sehr häufig verwendeten Kohleschichtwiderstände besitzen als Widerstandswerkstoff eine dünne Kohleschicht, die auf einen Träger aus Keramik (Porzellan) aufgebracht wird. Die durchgehende Kohleschicht wird mit einem Laser spiralförmig unterbrochen (Abb. 37). Die gewendelte Bahnlänge bestimmt die Größe des Widerstandes.



(37)

Nach dem deutschen Physiker Georg Simon Ohm ist als Einheit des elektrischen Widerstandes ein **Ohm** mit dem Zeichen  $\Omega$  festgelegt worden. Das  $\Omega$  ist der griechische Buchstabe Omega. Als Formelzeichen für den elektrischen Widerstand verwendet man das **R** = resistance. Die Einheit 1  $\Omega$  ist folgendermaßen definiert:

1 Ohm (1  $\Omega$ ) ist gleich dem Widerstand, durch den bei der Spannung 1 Volt (1 V) ein Strom der Stärke von 1 Ampere (1 A) fließt. Das entspricht dem Widerstand eines Quecksilberfadens von 106,3 cm Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt bei einer Temperatur von 0° C.

Für große Widerstände benutzt man auch Vielfache der Einheit Ohm ( $\Omega$ ), für kleinere Widerstände Teile:

1 k $\Omega$  = 1 Kilo-Ohm = 1 000  $\Omega$

1 M $\Omega$  = 1 Mega-Ohm = 1 000 000  $\Omega$

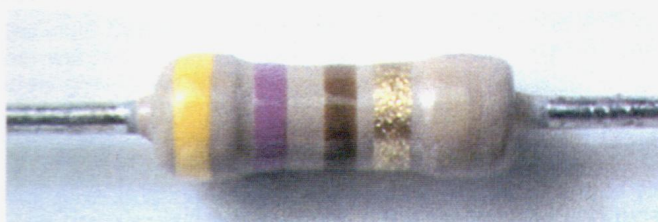
1 m $\Omega$  = 1 Milli-Ohm =  $\frac{1}{1000}$   $\Omega$



Als Schaltzeichen dient für den elektrischen Widerstand folgendes Symbol:



Auf dem Widerstandskörper wird der Wert nach einem international gültigen Farbcode angegeben, meist in Form von Farbringen (Abb. 38).



38

Standard-Widerstände tragen vier farbige Ringe. Einer dieser Ringe ist silbern, golden oder gelb. Wenn man den Farbschlüssel liest, muß sich der silberne oder goldene Ring an der rechten Seite befinden. Dann bedeutet die Farbe des ersten Ringes (von links nach rechts) die erste Zahl, die Farbe des zweiten Ringes die zweite Zahl und die Farbe des dritten Ringes die Anzahl der Nullen.

Ein goldener Ring zeigt an, daß der Widerstand eine Genauigkeitstoleranz von  $\pm 5\%$  hat und der silberne Ring eine von  $\pm 10\%$ . Der übliche Toleranzwert ist  $5\%$ .

Die Werte technischer Widerstände sind in einer Normreihe festgelegt, z. B. für Widerstände mit  $10\%$  Toleranz 10, 12, 15, 18, 27, 33 usw. Die scheinbar „eigenartigen“ Werte ergeben sich aus der zulässigen Toleranz. Ein 10-Ohm-Widerstand kann als Maximalgröße also  $10\text{ Ohm} + 10\% = 11\text{ Ohm}$  haben. Ein 12-Ohm-Widerstand kann auch  $10\%$  weniger sein:  $12\text{ Ohm} - 10\% = 10,8\text{ Ohm}$ .

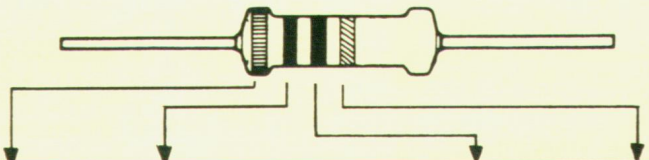
Beispiel: Ein Widerstand hat, von links nach rechts betrachtet, folgende Farbringe (Toleranzring rechts)

- |                      |      |
|----------------------|------|
| 1. Farbring: gelb    | = 4  |
| 2. Farbring: violett | = 7  |
| 3. Farbring: rot     | = 00 |

Ergebnis: 4700 Ohm      4700

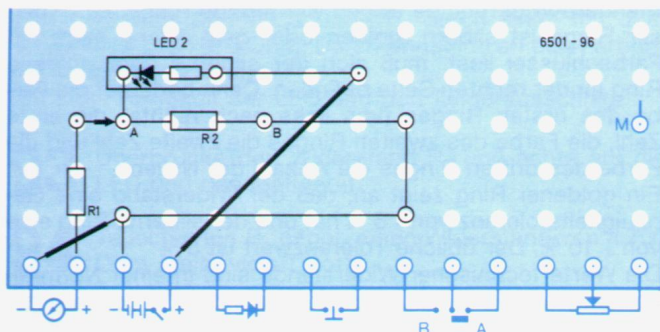
- |                         |     |
|-------------------------|-----|
| oder 1. Farbring: braun | = 1 |
| 2. Farbring: schwarz    | = 0 |
| 3. Farbring: schwarz    | = - |

Ergebnis: 10 Ohm      = 10

				
Farbe	Erster Farbring Erste Ziffer	Zweiter Farbring Zweite Ziffer	Dritter Farbring Anzahl der Nullen	Toleranz
schwarz	0	0	-	
braun	1	1	0	
rot	2	2	00	
orange	3	3	000	
gelb	4	4	0 000	rot 2 %
grün	5	5	00 000	gold 5 %
blau	6	6	000 000	silber 10 %
violett	7	7		
grau	8	8		
weiß	9	9		
gold			0,1	
silber			0,01	

Ist der dritte Farbring gold, wird der Wert mit 0,1 multipliziert. Silber als dritter Farbring heißt mit 0,01 zu multiplizieren.



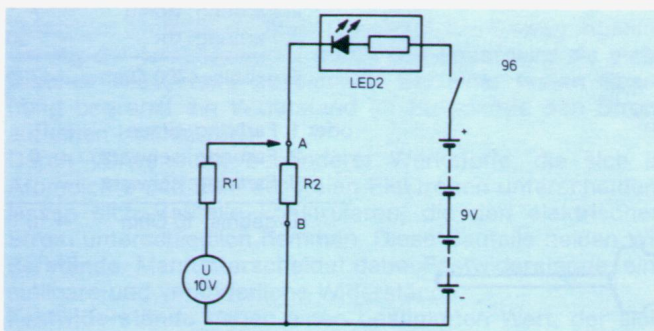


96

R1 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)  
 R2 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

97

R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)



## 96 Spannungen an Widerständen

Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf und setze zwischen die Klemmen A und B den Widerstand R1 = 100 Ohm (braun, schwarz, braun). Lies die Spannung am Meßgerät ab.

97 Ersetze den Widerstand R1 durch einen von 470 Ohm (gelb, violett, braun) und lies am Meßgerät ab.

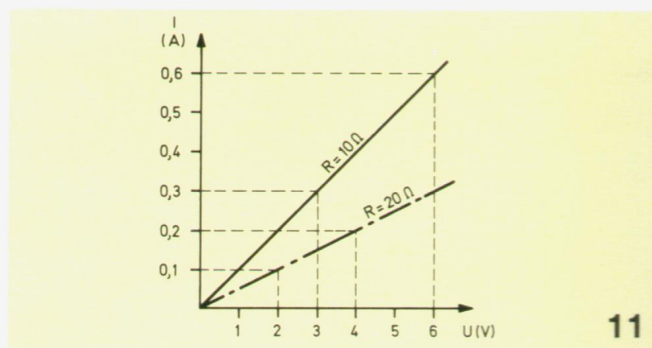
Das Meßgerät zeigt an dem kleineren Widerstand eine kleine Spannung, am großen Widerstand eine höhere. Beim Einsetzen von Widerständen in den Stromkreis tritt am Widerstand eine Spannung auf. Sie ist je nach Widerstandswert und Stromstärke unterschiedlich groß. Man bezeichnet die am Widerstand anstehende Spannung als

**Spannungsabfall.** So kann in elektronischen Schaltungen aus einer Batteriespannung von 9 Volt durch Einsetzen verschiedener Widerstände an ihnen jede beliebige niedrigere Spannung erzeugt werden.

Der Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand ist im **Ohmschen Gesetz** ausgedrückt. Es besteht zwischen den drei genannten Größen folgende Beziehung:

1. Bei konstantem Widerstand wächst die Stromstärke in gleichem Maße (proportional) wie die Spannung und umgekehrt.

Die grafische Darstellung Abb. 39 veranschaulicht diese Proportionalität von Strom und Spannung bei einem Widerstand von 10  $\Omega$  und 20  $\Omega$ .



11

39

2. Bei konstanter Spannung wird die Stromstärke kleiner, wenn der Widerstand wächst und umgekehrt.

In Kurzform:  $\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$

Bei Berechnungen benutzt man für die elektrischen Größen Formelzeichen und setzt für

Stromstärke = I  
 Spannung = U  
 Widerstand = R

Auf diese Weise ergibt sich:

$$I = \frac{U}{R} \text{ [A]}$$

Mit dieser Formel kannst du auch den Wert einer an einem Widerstand anliegenden Spannung ermitteln. Dazu muß die Gleichung umgeformt werden:

$$U = R \cdot I \text{ [V]}$$



Mit einer weiteren Umformung ergibt sich aus Spannung und Stromstärke der Widerstand:

$$R = \frac{U}{I} [\Omega]$$

Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes lassen sich also die elektrischen Größen eines Stromkreises berechnen, wenn jeweils zwei bekannt sind. Dabei ist zu beachten, daß die Einheiten Volt, Ampere und Ohm verwendet werden. Liegen die Werte für die einzelnen Größen in unterschiedlichen Maßeinheiten vor, muß umgerechnet werden. Die Beispiele zeigen Anwendungsmöglichkeiten des Ohmschen Gesetzes:

Bei einer Spannung von 9 Volt soll die Stromstärke errechnet werden, wenn ein Widerstand von  $47 \Omega$  in den Stromkreis geschaltet wird.

$$I = \frac{U}{R} [A] \quad I = \frac{9}{47} \quad I \approx 0,2 A$$

Wie groß muß ein Widerstand gewählt werden, wenn in einem Stromkreis ein Strom von  $0,5 A$  fließen soll und eine Batterie mit  $4,5 V$  angeschlossen wird?

$$R = \frac{U}{I} [\Omega] \quad R = \frac{4,5}{0,5} \quad R = \frac{45}{5} \quad R = 9 \Omega$$

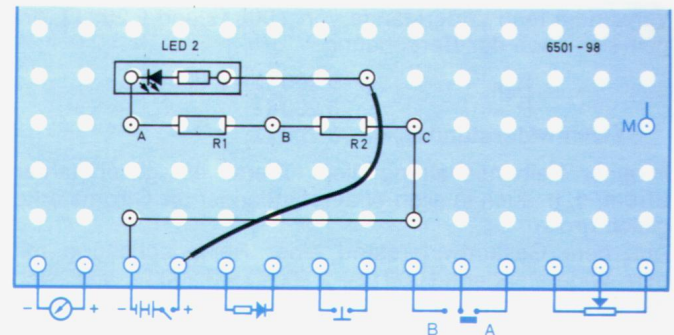
## 98 Reihenschaltung von Widerständen

Setze zwischen die Klemmen A, B, C zwei Widerstände von  $R_1 = 100 \Omega$  (braun, schwarz, braun) und  $R_2 = 470 \Omega$  (gelb, violett, braun) und schalte ein. Die Leuchtdiode glimmt nur schwach.

**99** Überbrücke jetzt den Widerstand  $R_1$  mit einem Stück Leitungsdraht.

**100** Anschließend überbrücke den Widerstand  $R_2$ . Die Leuchtdiode leuchtet beim Überbrücken heller, als wenn beide Widerstände wirksam sind.

Da die beiden Widerstände in einer Reihe im Stromkreis angeordnet sind, bezeichnet man das allgemein als **Reihenschaltung**. Dies gilt für alle Bauteile, die in dieser Form in einen Stromkreis geschaltet sind. Bei einer Reihenschaltung von Widerständen müssen die Elektronen auf ihrem Weg vom Minus- zum Pluspol beide Widerstände nachein-

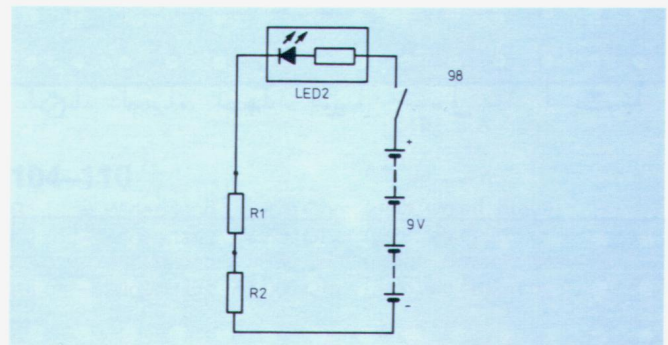


## 98-100

$R_1$  = Widerstand  $100 \Omega$  (braun, schwarz, braun)

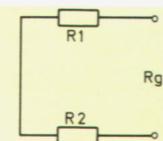
$R_2$  = Widerstand  $4.700 \Omega$  (gelb, violett, rot)

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

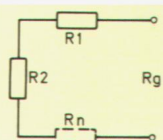


ander passieren. In beiden werden die Elektronen gehemmt, wobei sich die Widerstandswirkung addiert. Der Gesamtwiderstand (abgekürzt  $R_g$ ) kann also durch folgende Berechnung ermittelt werden:

$$R_g = R_1 + R_2$$



$$\text{oder } R_g = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$





Verwendet man Widerstände von  $1\,000\ \Omega$  und  $2\,200\ \Omega$ , ergibt sich nach der Berechnung:

$$R_g = 1\,000\ \Omega + 2\,200\ \Omega$$

$$R_g = 3\,200\ \Omega$$

**Gesamtwiderstand  $R_g = 3\,200\ \Omega$ .**

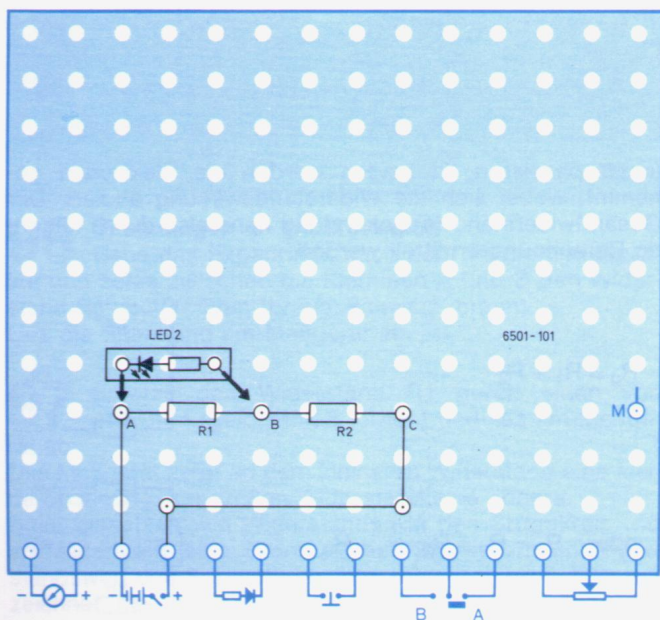
In einer Reihenschaltung fließt überall ein gleichstarker Strom, d. h. auch in allen Widerständen ist die Stromstärke gleich groß.

Aus dem Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung mit den Widerständen  $1\,000\ \Omega + 2\,200\ \Omega = 3\,200\ \Omega$  läßt sich der Strom errechnen:

$$I = \frac{U}{R} [A] \quad I = \frac{9}{3200}$$

$$I = 0,0028\ A$$

Bei einer so kleinen Stromstärke verwendet man die nächstkleinere Maßeinheit:  $0,0028\ A = 2,8\ mA$ .



## 101 Spannungsteilung

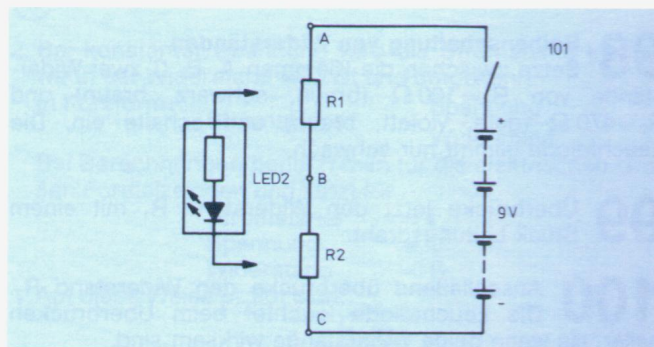
Die Reihenschaltung von Widerständen bietet eine wichtige schaltungstechnische Möglichkeit, die sogenannte **Spannungsteilung**. Durch die beiden Widerstände in diesem Experiment kann die Batteriespannung in zwei Teilspannungen aufgeteilt werden.

Schließt man die LED an die Klemmen B und C, leuchtet die LED hell.

**102** Verbinde die Leuchtdiode mit den Klemmen A und B. Sie leuchtet schwächer – die Spannung ist geringer.

**103** Zwischen den Klemmen A und C leuchtet die LED am hellsten. Die Helligkeit der LED gibt darüber Auskunft, wo eine hohe bzw. eine niedrige Spannung anliegt.

In einer Reihenschaltung von Widerständen fällt an einem großen Widerstand eine höhere Spannung ab als an einem kleinen Widerstand.



## 101-103

- R1 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
- R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



**104** Mit dem Meßgerät können die Spannungsverhältnisse bei einer Spannungsteilung mit Widerständen genauer untersucht werden. Baue nach dem Verdrahtungsplan einen Stromkreis mit den Widerständen  $R_1 = 470 \Omega$  und  $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$  auf. Überbrücke die Klemmen CD mit einem Draht.

Wählt man für das Meßgerät den Meßbereich 10 Volt (Vorwiderstand RV von  $47 \text{ k}\Omega$ ), kann man den Spannungsabfall an jedem Widerstand nachweisen.

Lege das Meßgerät an die Klemme AB. Der Spannungsabfall an  $R_1$  beträgt ca. 1 Volt.

**105** Die Messung an den Klemmen BC für Widerstand  $R_2$  ergibt einen Spannungsabfall von ca. 8 Volt.

**106** Lege das Meßgerät an die Klemmen AC. Zwischen diesen Klemmen liegt die Summe der Teilspannungen, sie entspricht der angelegten Gesamtspannung  $U_{\text{gesamt}}$  von ca. 9 Volt.

**107** Bei Verwendung von 3 Widerständen –  $R_1 = 470 \Omega$ ,  $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$  und  $R_3 = 100 \Omega$  – wird die Gesamtspannung in drei Teilspannungen aufgeteilt (Drahtbrücke CD entfernen). An den Klemmen AB steht eine Teilspannung  $U_1 = 0,8 \text{ Volt}$ .

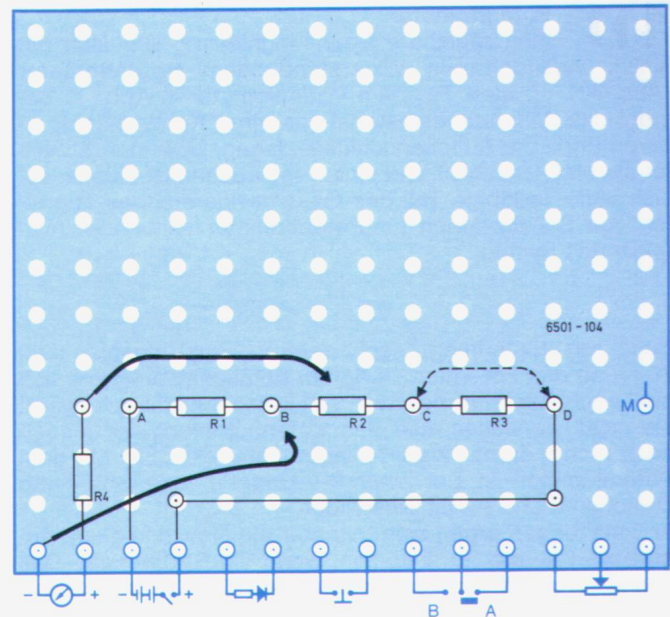
**108** Die Messung an den Klemmen BC ergibt eine Teilspannung  $U_2 = 8 \text{ Volt}$ .

**109** Die geringste Spannung fällt an den Klemmen CD ab. Sie beträgt mit  $U_3 = 0,2 \text{ Volt}$ . Das Meßgerät schlägt nur kaum wahrnehmbar aus.

**110** Eine Messung der Gesamtspannung – Klemmen AD – ergibt 9 Volt.

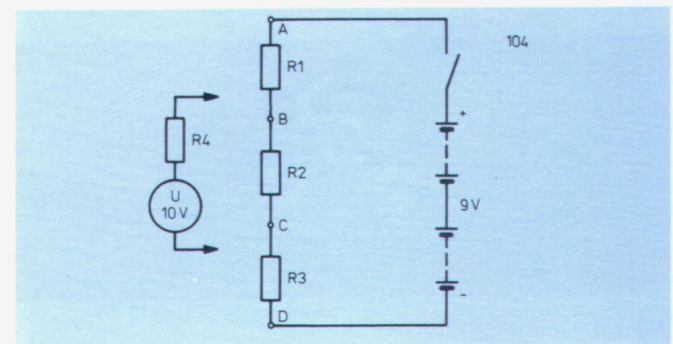
Bei einem Spannungsteiler ist die Gesamtspannung gleich der Summe aller Teilspannungen

$$U_{\text{gesamt}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots U_n$$



## 104–110

R1	= Widerstand	470 Ohm	(gelb, violett, braun)
R2	= Widerstand	4.700 Ohm	(gelb, violett, rot)
R3	= Widerstand	100 Ohm	(braun, schwarz, braun)
R4	= Widerstand	47.000 Ohm	(gelb, violett, orange)





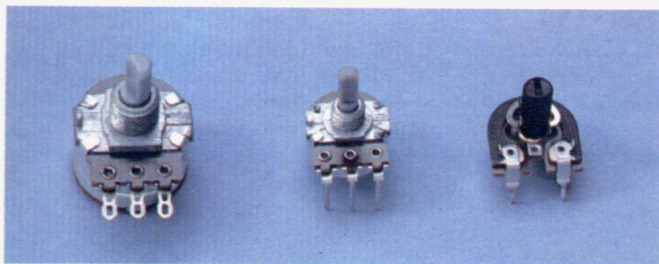
## 111 Potentiometer

Eine regelbare Spannungsteilung läßt sich mit einem veränderbaren Widerstand, dem **Potentiometer** (Abb. 40), erzielen. Bei dem Potentiometer in Abb. 41 besteht das Widerstandsmaterial aus einer Kohleschicht, an deren Ende die Außenanschlüsse liegen. Über den Schleifer als Mittelanschluß und einen der Außenanschlüsse läßt sich jeder beliebige Teil des Gesamtwiderstandes abgreifen. Als Schaltzeichen für Potentiometer verwendet man folgendes Symbol:

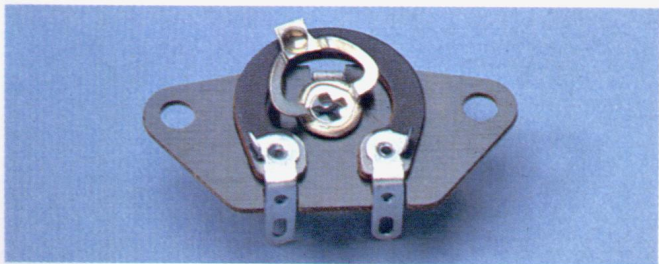


Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf. Wenn du den Potentiometerknopf betätigst, verändert sich die Leuchtintensität der LED. Am linken Anschlag leuchtet sie nicht. Je weiter man den Potentiometerknopf jedoch nach rechts dreht, desto heller leuchtet die LED. Mit dem Potentiometer ist bei einer 9-V-Batterie jede Spannung zwischen 0 und 9 Volt einstellbar.

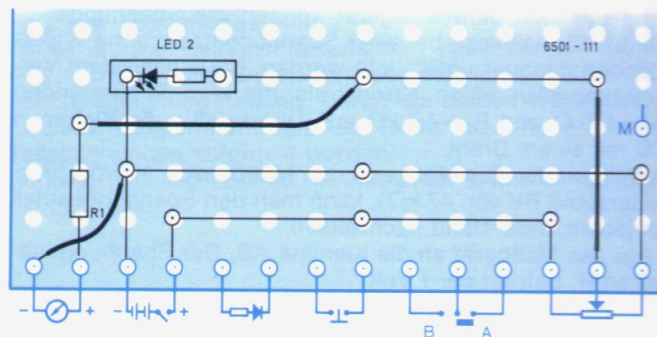
In Schaltungen ergibt sich mitunter die Notwendigkeit, bestimmte Bauteile zu schützen, wenn ein Strom fließt. Das kann man mit Widerständen erreichen, die in Reihe vor das betreffende Bauteil geschaltet werden.



40

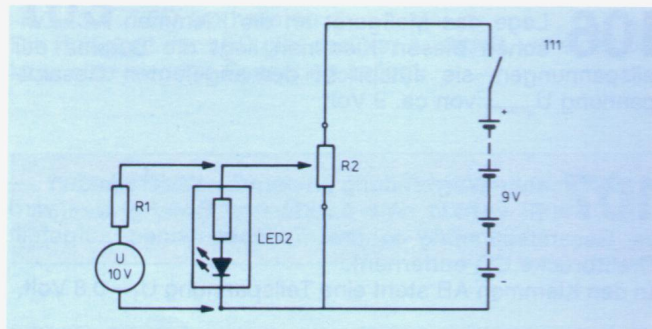


41



## 111-112

- R1 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
- R2 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



Solche Widerstände heißen **Vorwiderstände**. Deshalb ist z. B. die Leuchtdiode in diesem Experimentierkasten mit einem festen Vorwiderstand vor zu starkem Stromfluß geschützt.

Bei Verwendung eines Potentiometers als Vorwiderstand läßt sich die Spannung nach bestimmten Vorgaben einstellen. Du erkennst, daß sich die Helligkeit der Leuchtdiode entsprechend der Potentiometereinstellung ändert. Am rechten Anschlag leuchtet sie am hellsten, dann ist der Widerstand des Potentiometers am kleinsten.

**112** Um die Spannungsteilung mit einem Potentiometer zu untersuchen, setzt man das Meßgerät mit dem Meßbereich 10 Volt (Vorwiderstand  $R_v = 47 \text{ k}\Omega$ ) so ein, daß die Spannung zwischen dem Schleifer und der Klemme „-“ gemessen wird.

Betätigt man das Potentiometer, so zeigt das Meßgerät, daß jede Spannung zwischen 0 und 9 Volt einstellbar ist.



## 113 Parallelschaltung von Widerständen

Neben der Reihenschaltung gibt es noch eine andere Möglichkeit, wie man Bauteile in den Stromkreis einsetzen kann.

Setze wie im Verdrahtungsplan angegeben die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  ein. Überbrücke die Klemmen AB und CD mit je einem Draht. Beim Einschalten des Stroms leuchtet die LED. Wenn du den Tastschalter drückst, nimmt die Leuchtintensität zu.

Diese Art der Anordnung von Bauteilen im Stromkreis – nämlich nebeneinander – nennt man **Parallelschaltung**.

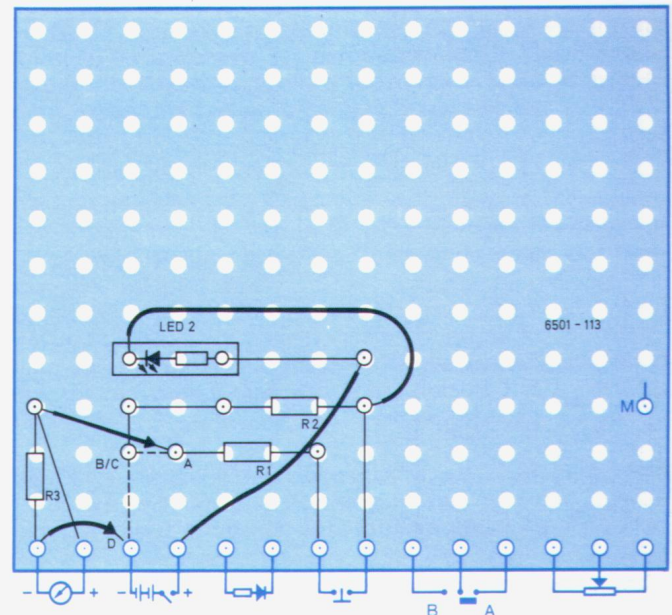
**114** Zum Messen der Ströme in einer Parallelschaltung setze das Meßgerät (Meßbereich 30 mA) nach dem Verdrahtungsplan zwischen die Klemmen CD. Klemmen AB mit einem Draht überbrücken. Notiere die Stromstärke, die durch den Widerstand  $R_1$  fließt.

**115** Drücke dann den Tastschalter und lies die Stromstärke ab, die durch beide Widerstände fließt.

**116** Schließe das Meßgerät zwischen den Klemmen AB an und überbrücke die Klemmen CD mit einem Draht. Lies bei gedrücktem Tastschalter den Strom durch  $R_2$  ab.

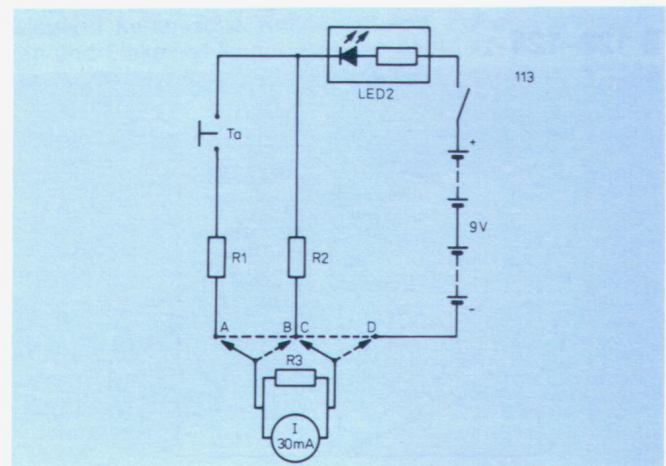
Teilstrom $R_1$	(Exp. 114) =	mA
Teilstrom $R_2$	(Exp. 116) =	mA
Gesamtstrom	(Exp. 115) =	mA

In einer Parallelschaltung von Widerständen ist die Summe der Teilströme gleich dem Gesamtstrom.

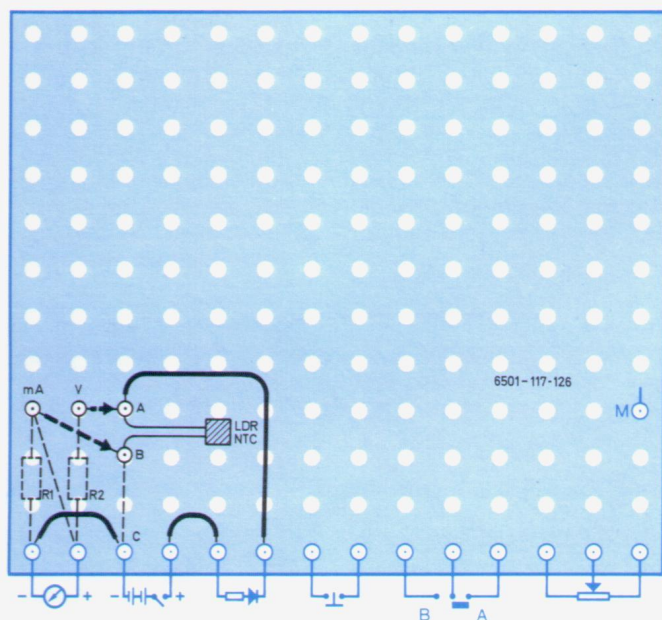


## 113–116

- $R_1$  = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
- $R_2$  = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- $R_3$  = Widerstand 4,7 Ohm (gelb, violett, gold)
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand
- Ta = Taster im Bedienungspult







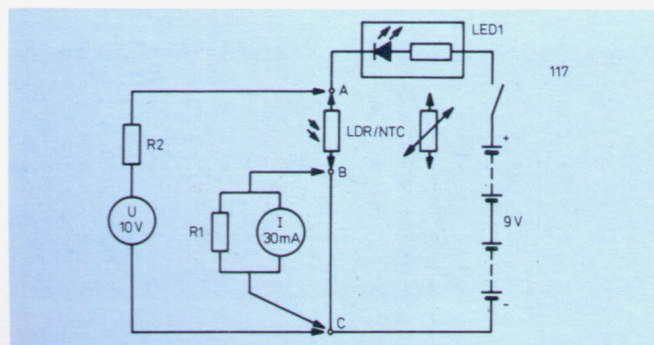
## B 117-121

R1 = Widerstand 4,7 Ohm (gelb, violett, gold)  
 R2 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)  
 LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand  
 im Bedienungspult

LDR

## B 122-126

NTC



## B 117 Veränderliche Widerstände

Neben Festwiderständen und einstellbaren Widerständen (Potentiometer) gibt es solche, deren Widerstandswert sich durch äußere Einflüsse ändert. Dazu gehört z. B. der **Fotowiderstand**, der – nach der englischen Bezeichnung **light dependent resistor** – abgekürzt **LDR** genannt wird. Er hat folgendes Schaltzeichen:



Setze den LDR wie im Verdrahtungsplan angegeben in den Stromkreis. Überbrücke die Klemmen BC mit einem Draht. Schalte ein und achte auf die LED. Bei Tageslicht leuchtet sie.

**B 118** Strahle den LDR mit einer starken Taschenlampe oder einer Glühlampe an.

**B 119** Decke den LDR mit einem Stück Pappe so ab, daß kein Licht mehr auf ihn fällt.

Bei Änderung der Beleuchtungsverhältnisse ändert sich auch der Widerstandswert des LDR und abhängig davon die Helligkeit der Leuchtdiode.

Ein LDR besitzt bei großer Helligkeit einen Widerstand von 100  $\Omega$  und weniger, bei Dunkelheit einen Widerstand von einigen M $\Omega$ .

**B 120** Zum Messen der **Stromstärke** im Stromkreis mit dem LDR schalte das Meßgerät (Meßbereich 30 mA) an die Klemmen BC (R<sub>1</sub> einbauen und Drahtbrücke entfernen). Verändere die Beleuchtungsverhältnisse und achte dabei auf den Zeigerausschlag. Nach diesem Prinzip arbeitet ein Belichtungsmesser.

**B 121** Um die **Spannung** am LDR bei unterschiedlicher Helligkeit zu messen, schließe das Meßgerät (Meßbereich 10 V) an die Klemmen AC. Verbinde die Klemmen BC mit einem Draht und baue R<sub>2</sub> ein.

Bei großer Helligkeit fließt ein großer Strom durch den LDR, weil sein Widerstandswert dann klein ist. Deshalb ist auch der Spannungsabfall gering. Bei Dunkelheit fließt ein kleiner Strom, und der Spannungsabfall ist groß.



**B 122** In diesem Experiment wird ein Widerstand verwendet, der seinen Wert in Abhängigkeit zur Temperatur ändert. Ein solches Bauteil hat die Bezeichnung **NTC** nach der englischen Bezeichnung **negative temperature coefficient** und wird mit diesem Schaltzeichen dargestellt:



Setze den NTC wie im Verdrahtungsplan angegeben ein und überbrücke die Klemmen BC mit einem Draht. Beim Einschalten leuchtet die LED nur schwach.

**B 123** Erwärme dann den Widerstand, indem du ihn zwischen zwei Finger nimmst. Du kannst ihn auch gegen die Heizung halten. Die Helligkeit der LED nimmt langsam zu, weil der Widerstandswert absinkt.

**B 124** Um die gegenteilige Wirkung zu erzielen, den Widerstandswert zu erhöhen, kühle einen Metallgegenstand, z. B. ein Messer, im Eisfach des Kühlschranks ab und halte es an den NTC. Die Helligkeit der LED nimmt ab.

Im Gegensatz zum NTC gibt es Widerstände, die umgekehrt reagieren, deren Wert also bei Erwärmung zunimmt. Sie führen die Bezeichnung **PTC**, nach dem englischen **positive temperature coefficient**.

**B 125** Zum Messen der **Stromstärke** im Stromkreis mit dem NTC schalte das Meßgerät (Meßbereich 30 mA) an die Klemmen BC. Verändere die Temperaturverhältnisse und achte dabei auf den Zeigerausschlag. Nach diesem Prinzip arbeitet ein Fernthermometer.

**B 126** Um die **Spannung** am NTC bei unterschiedlichen Temperaturen zu messen, schließe das Meßgerät (Meßbereich 10 V) an die Klemmen AC. Verbinde die Klemmen BC mit einem Draht. Bei hoher Temperatur fließt ein großer Strom durch den NTC, weil sein Widerstandswert dann klein ist. Deshalb ist auch der Spannungsabfall gering. Bei Kälte fließt ein kleiner Strom, und der Spannungsabfall ist groß.

**127 Kondensatoren** Ein Bauelement mit der Fähigkeit, elektrische Energie zu speichern, ist der **Kondensator**. Die Kondensatoren in diesem Experimentierkasten sind Elektrolytkondensatoren und haben folgenden Schaltzeichen:



Sie sind gepolt und deshalb nur für Gleichstrom verwendbar. Beim Einsetzen in den Schaltkreis muß unbedingt auf die richtige Polung geachtet werden, da sonst der Kondensator zerstört wird.

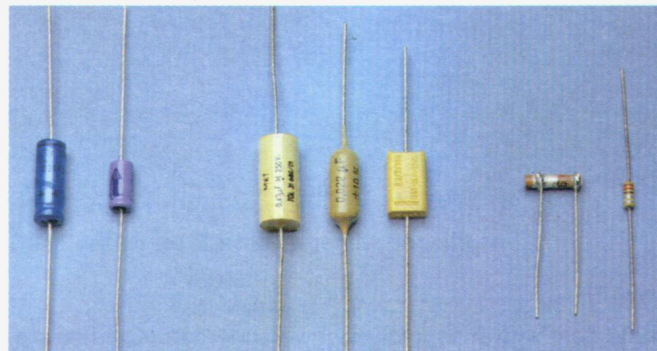
Setze den Kondensator mit der Bezeichnung 10  $\mu\text{F}$  wie im Verdrahtungsplan angegeben ein. Überbrücke die Klemmen AB mit einem Draht. Schalte die Betriebsspannung ein, drücke den Taster und achte auf die LED. Sie blitzt kurz auf.

**128** Tausche den Kondensator von 10  $\mu\text{F}$  gegen den mit der Bezeichnung 100  $\mu\text{F}$  aus und schalte ein. Die Leuchtdauer der LED ist jetzt etwas länger.

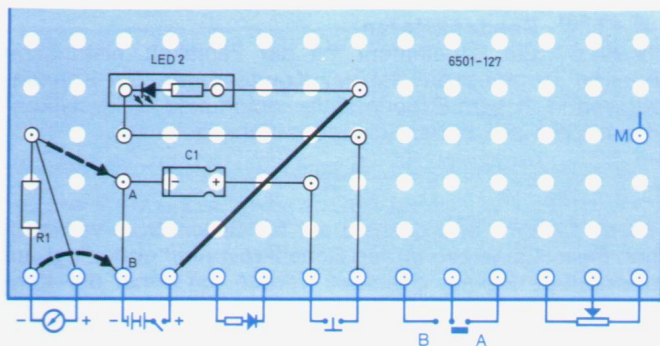
**129** Ist der Kondensator geladen, blitzt die Leuchtdiode beim Einschalten nicht mehr. Überbrücke den Kondensator mit einem Drahtstück und wiederhole das Experiment.

Beim Überbrücken mit einem Drahtstück entlädt sich der Kondensator. Die LED leuchtet beim Einschalten wieder auf, weil sich der Kondensator erneut auflädt.

Nach dem verwendeten Material unterscheidet man verschiedene Kondensatortypen, die jeweils für ein bestimmtes Anwendungsgebiet benötigt werden. Es sind vorwiegend keramische Kondensatoren, Folien-Kondensatoren und Elektrolyt-Kondensatoren (Abb. 42).







**127**

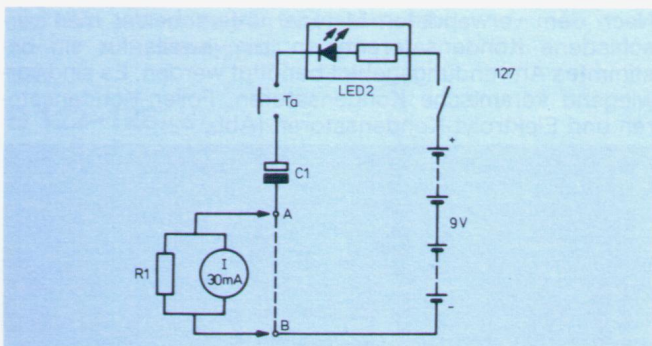
- R1 = Widerstand 4,7 Ohm (gelb, violett, gold)  
C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F

**128–130**

- C1 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F

**131**

- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F



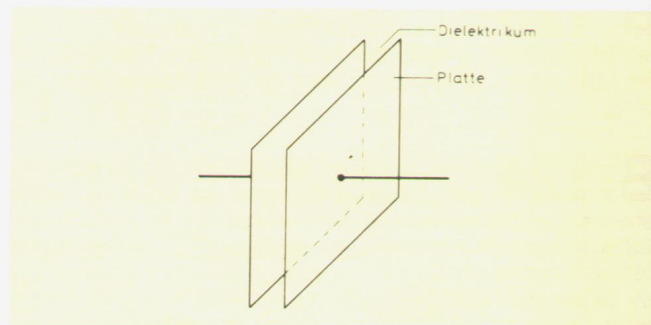
Außerdem verwendet man auch veränderbare Kondensatoren, Drehkondensatoren. Kondensatoren haben folgende Schaltsymbole:

Keramischer und Folien-Kondensator:

Elektrolyt-Kondensator:

Drehkondensator:

Kondensatoren bestehen im Prinzip aus zwei Metallplatten oder Metallfolien, die einander isoliert gegenüberstehen. Als Isolation kann Luft dienen. Meist werden aber Isolierstoffe aus Keramik oder Kunststoff verwendet. Die Isolierschicht, das **Dielektrikum**, verhindert, daß Elektronen von einer zur anderen Metallplatte gelangen (Abb.). Es kann deshalb kein Gleichstrom durch den Kondensator fließen. Kondensatoren haben in elektrischen Schaltkreisen wichtige Funktionen zu erfüllen.



**130** Um den Strom beim Laden eines Kondensators zu messen, schalte daß Meßgerät (Meßbereich 30 mA) an die Klemmen AB (Drahtbrücke entfernen) und drücke den Taster.

**131** Wiederhole das Experiment mit dem Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F.

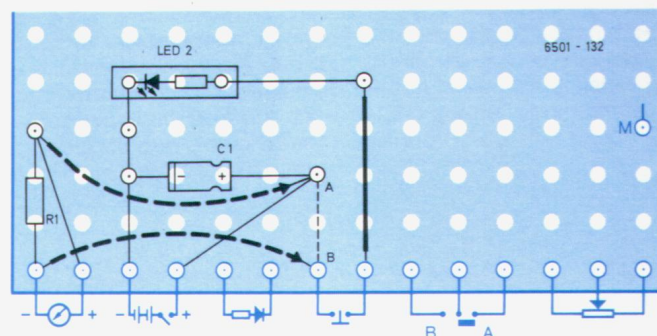
Nach dem Einschalten nimmt der Strom beim Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F langsamer ab als beim Kondensator mit 10  $\mu$ F. Ist der Kondensator geladen, fließt kein Strom mehr.

Wird ein Kondensator an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen, fließt kurzzeitig ein **Ladestrom**. Dabei gelangen Elektronen auf die eine Platte, während von der anderen Platte Elektronen abfließen. Sind beide Platten entsprechend geladen, fließt kein Ladestrom mehr, obwohl die Spannungsquelle noch anliegt.



## 132 Entladestrom

Ein aufgeladener Kondensator ist in der Lage, einen **Entladestrom** in entgegengesetzter Richtung durch den Stromkreis zu treiben, und zwar so lange, bis die Ladungen zwischen den Kondensatorplatten ausgeglichen sind. Setze den Kondensator von 10  $\mu\text{F}$  ein (Klemmen AB überbrücken) und schalte den Strom ein. Die LED leuchtet zunächst nicht. Wenn du jetzt den Strom wieder ausschaltest, bleibt der Ladungsunterschied zwischen den Platten des Kondensators bestehen. Drückst du den Tastschalter, leuchtet die LED kurz auf, bis der Kondensator entladen ist.



**133** Tausche den Kondensator von 10  $\mu\text{F}$  gegen den von 100  $\mu\text{F}$  aus und wiederhole das Experiment. Die LED leuchtet etwas länger, weil der Entladestrom länger fließt.

## 132

R1 = Widerstand 4,7 Ohm (gelb, violett, gold)  
C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu\text{F}$   
LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand  
Ta = Taster im Bedienungspult

**134** Du kannst den Entladestrom messen, wenn du das Meßgerät (Meßbereich 30 mA) an die Klemmen AB anschließt (Drahtbrücke entfernen).

Aus diesen Experimenten kannst du erkennen, daß Kondensatoren ein unterschiedliches Fassungsvermögen für elektrische Energie haben.

Dieses Fassungsvermögen wird als **Kapazität** bezeichnet. Sie hängt unter anderem von der Fläche der Platten und dem Dielektrikum ab. Die Maßeinheit für die Kapazität – Formelzeichen **C** – ist das **Farad**, benannt nach dem englischen Physiker Michel Faraday. Es wird mit **F** abgekürzt. Ein Kondensator besitzt dann die Kapazität von einem Farad, wenn bei einem Ladestrom von 1 Ampere die Spannung innerhalb einer Sekunde um 1 Volt ansteigt.

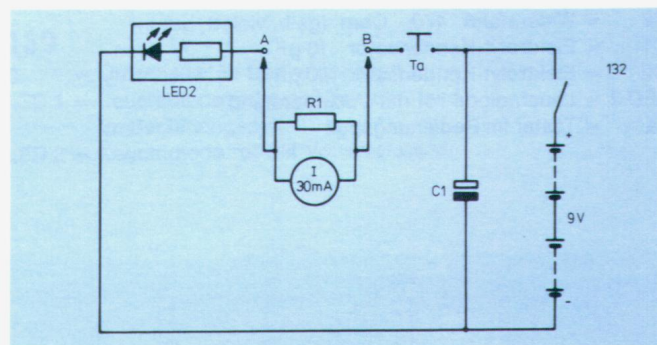
$$1 \text{ F} = 1 \frac{\text{As}}{\text{V}}$$

Da die Einheit 1 Farad sehr groß ist und die in der Praxis benutzten Kondensatoren meist wesentlich kleinere Kapazitätswerte haben, verwendet man für die Angabe der Maßeinheit Kurzbezeichnungen für dezimale Unterteilungen.

1 Millifarad	1 mF = 0,001 F
1 Mikrofarad	1 $\mu\text{F}$ = 0,000 001 F
1 Nanofarad	1 nF = 0,000 000 001 F
1 Pikofarad	1 pF = 0,000 000 000 001 F

## 133–134

C1 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu\text{F}$

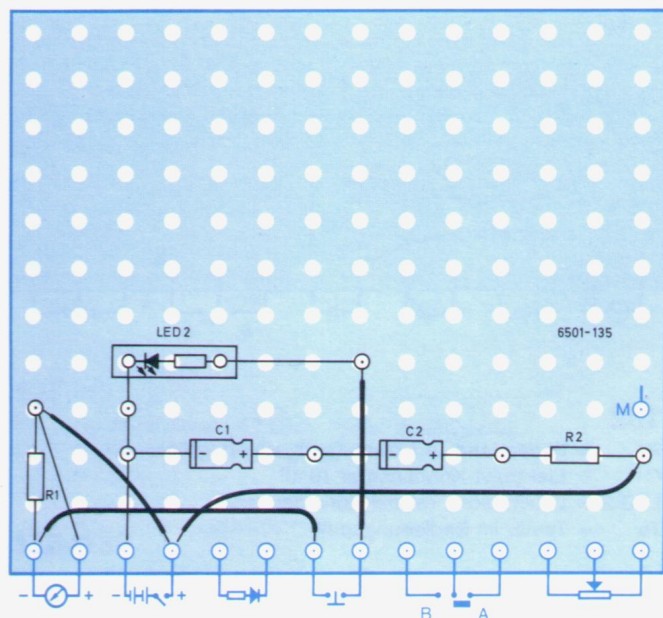


Auf den Elektrolyt-Kondensatoren sind die Werte in  $\mu\text{F}$  aufgedruckt. Es kann aber auch Zahl/Zahl zu finden sein. Dann haben die Zahlen folgende Bedeutung:

$$\frac{100}{10} \mu\text{F/Volt}$$

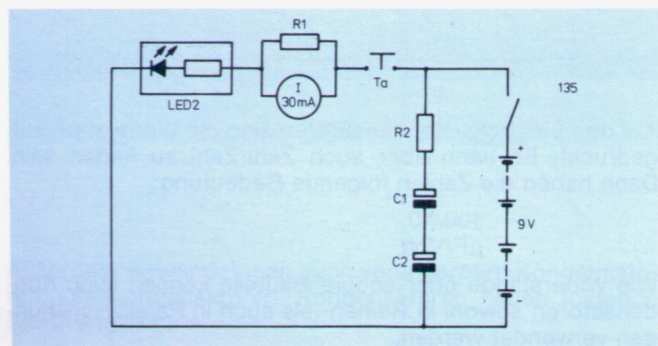
Wie Widerstände oder andere Bauteile können auch Kondensatoren sowohl in Reihen- als auch in Parallelschaltungen verwendet werden.





## 135-136

- R1 = Widerstand 4,7 Ohm (gelb, violett, gold)  
 R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)  
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F  
 C2 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand  
 Ta = Taster im Bedienungspult



## 135 Reihenschaltung mit Kondensatoren

Eine Reihenschaltung mit Kondensatoren entspricht einer Vergrößerung des Plattenabstandes und bewirkt damit eine Kapazitätsverringering. Setze nach dem Verdrahtungsplan die beiden Kondensatoren von 10  $\mu$ F und 100  $\mu$ F ein. Überbrücke den Kondensator C<sub>1</sub> = 100  $\mu$ F mit einem Draht, schiebe den Schalter kurz auf Stellung 1 und dann zurück auf 0. Beim Drücken des Tastschalters leuchtet die LED kurz auf, weil sich der Kondensator entlädt. Der Zeiger des Meßgerätes schlägt kurz aus.

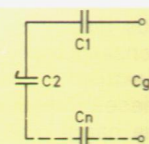
## 136 Entferne jetzt die Drahtbrücke von dem Kondensator C<sub>1</sub>, schalte wieder ein und aus und drücke erneut den Tastschalter.

Die LED leuchtet kürzer. Das bedeutet, daß bei den in Reihe geschalteten Kondensatoren eine geringere Elektrizitätsmenge gespeichert wurde, die beim Entladen wirksam werden konnte.

**Bei der Reihenschaltung von Kondensatoren ist die Gesamtkapazität kleiner als die kleinste Einzelkapazität.**

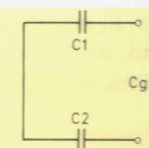
Die Berechnung der Gesamtkapazität C<sub>g</sub> erfolgt nach folgender Formel:

$$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



Für die Reihenschaltung von zwei Kondensatoren gilt:

$$C_g = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

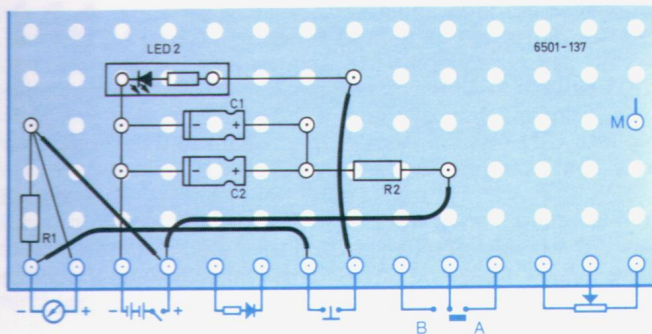


## 137 Parallelschaltung von Kondensatoren

Die Parallelschaltung von Kondensatoren dagegen entspricht einer Vergrößerung der Speicherfläche und bewirkt eine Kapazitätsvergrößerung.

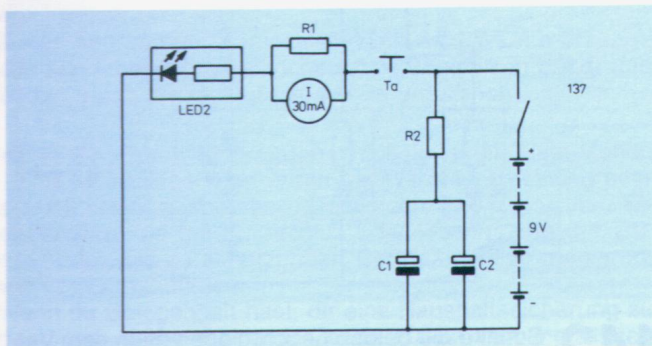
Setze zunächst nur den Kondensator C<sub>1</sub> = 10  $\mu$ F nach dem Verdrahtungsplan ein, schalte ein und wieder aus und drücke dann den Tastschalter. Beobachte die LED und den Zeigerausschlag.





## 137-138

- R1 = Widerstand 4,7 Ohm (gelb, violett, gold)  
 R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)  
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F  
 C2 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand  
 Ta = Taster im Bedienungspult

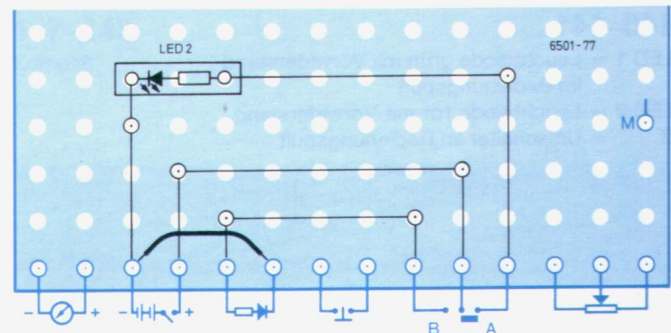


**138** Setze nun parallel zum Kondensator  $C_1$  zusätzlich den Kondensator  $C_2 = 100 \mu\text{F}$  ein. Schalte wieder ein und aus und drücke erneut den Tastschalter. Es wird deutlich, daß die LED bei zwei parallelen Kondensatoren etwas länger aufleuchtet und der Zeiger etwas höher ausschlägt, was auf der größeren Speicherfähigkeit beruht. Allgemein gilt für parallel geschaltete Kondensatoren: Die Gesamtkapazität  $C_g$  ist gleich der Summe der Einzelkapazitäten.

Bei der Parallelschaltung von Kondensatoren ist die Gesamtkapazität gleich der Summe der Einzelkapazitäten.

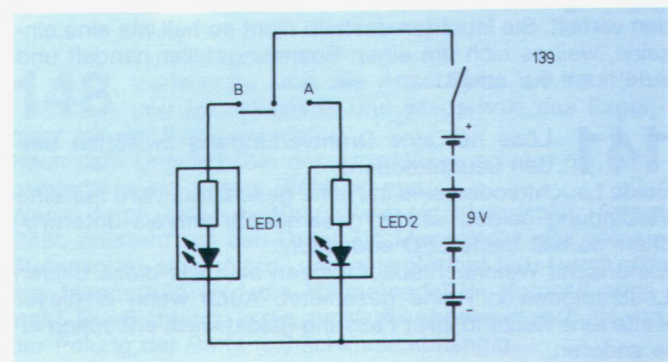
## 139 Verschiedene Stromkreise

Baue einen Stromkreis mit der roten Leuchtdiode auf der Grundplatte und der grünen im Bedienungspult nach dem Verdrahtungsplan auf. Betätige den Umschalter. In Stellung A leuchtet nur die rote LED auf der Grundplatte. Schiebst du den Umschalter in Stellung B, leuchtet die grüne LED im Bedienungspult.

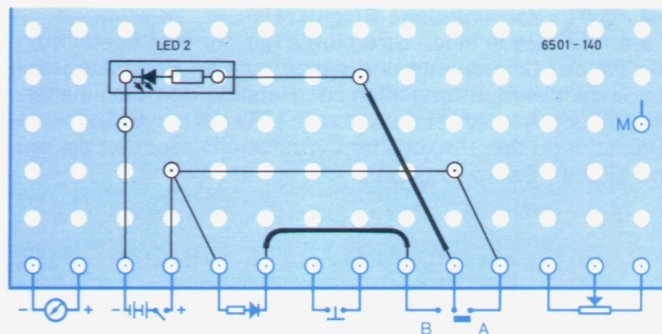


## 139

- S = Umschalter im Bedienungspult  
 LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand





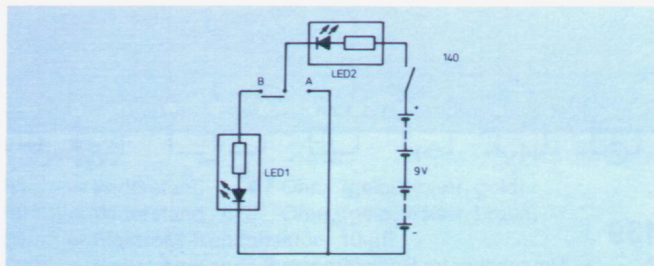


## 140-141

LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

S = Umschalter im Bedienungspult

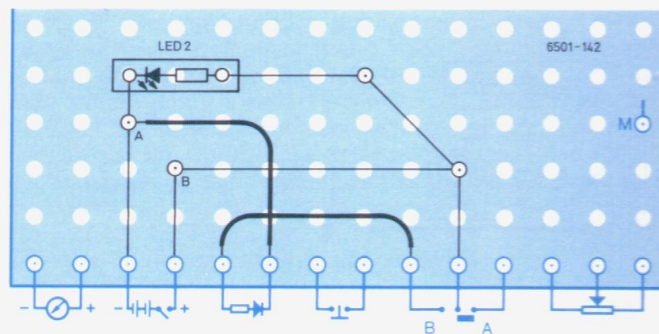


**140** Schalte die beiden Leuchtdioden so in Reihe, daß bei Schalterstellung A nur die rote LED leuchtet. Setzt du den Umschalter auf Stellung B, wird die grüne LED im Bedienungspult zugeschaltet. Die Helligkeit der roten nimmt ab, weil sich die Gesamtspannung auf beide Leuchtdioden mit ihren Vorwiderständen verteilt. Sie leuchten deshalb nicht so hell wie eine einzelne, weil es sich um einen Spannungsteiler handelt und jede nur 4,5 V erhält.

**141** Löse nur eine Drahtverbindung zwischen beiden Leuchtdioden.

Beide Leuchtdioden sind in Reihe geschaltet. Wird nur eine Verbindung gelöst, ist der gesamte Stromkreis unterbrochen, so daß beide LED erlöschen.

Elektrische Weihnachtsbaumkerzen sind wie diese beiden Leuchtdioden in Reihe geschaltet. Auch wenn in dieser Kette eine Kerze in ihrer Fassung gelöst wird, erlöschen alle anderen.

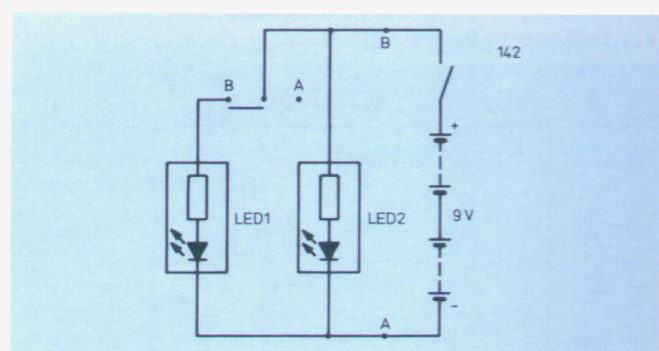


## 142-146

LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

S = Umschalter im Bedienungspult



**142** Schalte die beiden Leuchtdioden nach dem Verdrahtungsplan so parallel, daß bei Schalterstellung A nur die rote LED auf der Grundplatte leuchtet. Setzt du den Umschalter auf Stellung B, wird die grüne LED im Bedienungspult zugeschaltet. Beide LED leuchten so hell, als wäre nur eine einzelne angeschlossen. Jede LED hat einen eigenen Stromkreis und bekommt die volle Betriebsspannung von 9 Volt.

**143** Löse abwechselnd eine Drahtverbindung zur roten, bzw. zur grünen Leuchtdiode. Es erlischt jeweils immer nur die LED, zu der die Verbindung unterbrochen wurde, da jede einen unabhängigen Stromkreis hat. Elektrische Anlagen im Haushalt sind immer parallel geschaltet. Wenn ein Gerät oder eine Lampe ausfällt, können alle anderen trotzdem weiter benutzt werden.



**144** Lege ein blankes Drahtstück über die Klemmen A und B – entferne es aber sofort wieder. Sowie der Draht beide Klemmen berührt, erlischt die LED. Durch den Draht wird ein Stromkreis geschlossen, in den die LED nicht mit einbezogen ist. Für den Strom ist nämlich der Weg durch den Draht bequemer als durch die LED. Bei einer solchen direkten Leitungsverbindung spricht man von **Kurzschluß**.

Ein sehr starker Strom fließt jetzt direkt von einem Pol der Batterie zum anderen. Schon nach kurzer Zeit wäre sie entladen, deshalb muß der Draht auch sofort wieder entfernt werden.

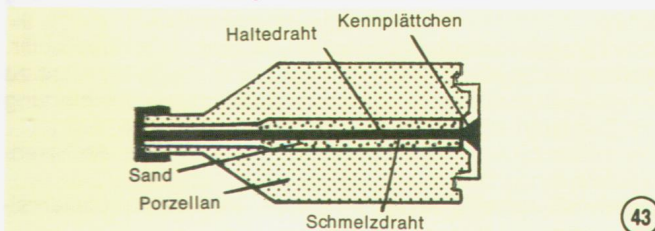
## 145 Elektrische Sicherung

Wiederhole Experiment 144, verwende aber statt des Drahtstückes einen Streifen Weihnachtslametta. Beobachte den Lamettafaden! (Dies Experiment kann nur mit Batterien, nicht mit dem Netzteil durchgeführt werden). Wenn der Lamettafaden auf die Klemmen AB gelegt wird, erlischt sofort die LED. Schon nach kurzer Zeit schmilzt das Lametta, der Kurzschluß ist aufgehoben, und die LED leuchtet wieder.

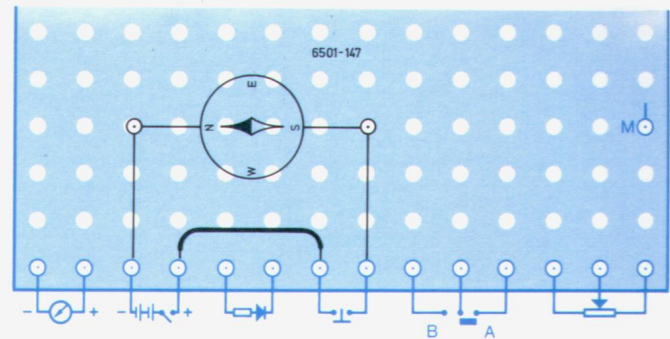
Durch den starken Kurzschlußstrom wird Wärme erzeugt, die das dünne Lamettafädchen zum Schmelzen bringt und dadurch den Kurzschlußstromkreis unterbricht.

**146** Durch einen Kurzschluß in einer elektrischen Anlage kann durch die Wärmeentwicklung sehr schnell Feuer ausbrechen. Deswegen verwendet man **Sicherungen**, die bei Kurzschluß oder Überlastung der Leitung oder des zu schützenden Gerätes ähnlich reagieren, wie der Lamettafaden.

Wenn du Gelegenheit hast, dir eine Haushaltssicherung zu besorgen, drehe mit einer Zange zuerst den metallenen Fußkontakt und dann den Kopfkontakt ab. Du wirst feststellen, daß ein dünner Draht im Porzellankörper – es ist Silber – diese beiden Kontakte verbindet (Abb. 43). Dieser Silberdraht schmilzt bei Kurzschluß oder Überlastung. Heute verwendet man anstelle der Schmelzsicherungen immer mehr **Sicherungsautomaten**.



43



## 147-148 Kompaß

Kompaß

## 147 Stromkreis und Kompaß

Baue nach dem Verdrahtungsplan einen Stromkreis als Kurzschlußverbindung auf, der durch den Tastschalter unterbrochen wird. Lege den Kompaß unter den Verbindungsdraht zur Klemme Minus. Betätige kurzzeitig den Tastschalter und beobachte die Kompaßnadel. Wiederhole mehrfach.

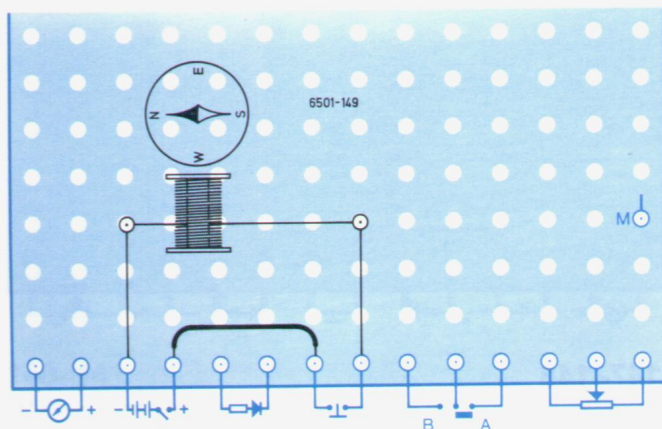
Sowie der Tastschalter niedergedrückt wird, bewegt sich die Kompaßnadel. Sie weist dann nicht mehr in Nord-Südrichtung, sondern weicht von dieser Richtung ab. Merke dir, nach welcher Seite die Nadel ausschlägt. Beim Loslassen des Tastschalters – der Stromkreis ist dann unterbrochen – pendelt sich die Nadel wieder in Nord-Südrichtung ein.

**148** Vertausche jetzt die Anschlüsse an der Plus- und Minusklemme und wiederhole das Experiment mit der Kompaßnadel.

Nach dem Umwechseln der Anschlüsse schlägt die Kompaßnadel in die andere Richtung aus.

Wenn durch einen Leitungsdraht ein elektrischer Strom fließt, entsteht um den Draht ein Magnetfeld, das wie ein Stabmagnet einen Nord- und eine Südpol hat. Durch dieses Magnetfeld wird die Magnetnadel im Kompaß abgelenkt. Die Richtung, in die die Nadel abgelenkt wird, ist von der Polung der Batterieanschlüsse abhängig.





## 149–158

Spule – selbstwickeln  
Kompaß  
div. Teile – siehe Text

### 149 Eine selbstgewickelte Spule

Für die folgenden Experimente benötigst du eine besondere Spule. Wickele dazu den Kupferlackdraht sorgfältig um den Spulenkörper aus Kunststoff, so daß eine Wicklung dicht neben der anderen liegt. Anfang und Ende des Kupferdrahtes sollte etwa 10 cm aus dem Spulenkörper herausgeführt werden. Die Drahtenden müssen ca. 1 cm durch Abkratzen des Lackes abisoliert werden, damit ein elektrischer Kontakt möglich ist.

Wenn du den Experimentierkasten Physik A – Elektrotechnik besitzt, wickle die Spule aus dem roten isolierten Draht.

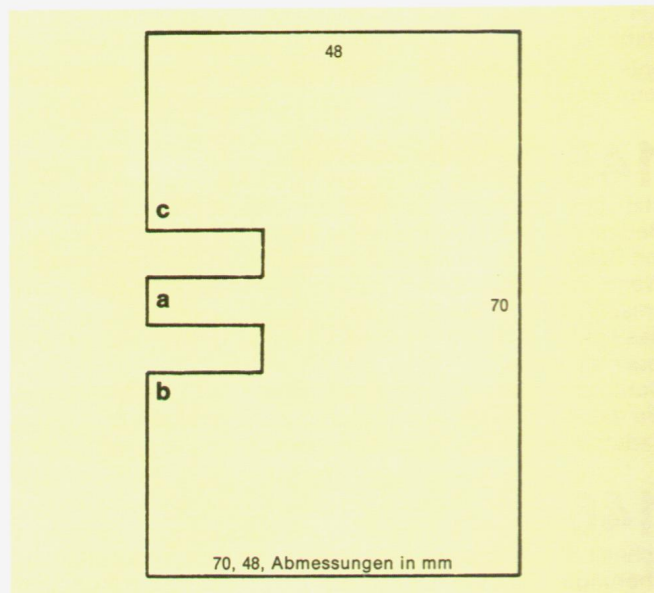
Dieses und die folgenden Experimente sollten mit Batterien und nicht mit dem Netzteil ausgeführt werden.

Schalte die Spule in den Stromkreis, drücke den Tastschalter und nähere den Kompaß der stromdurchflossenen Spule. Bewege den Kompaß auch ein wenig um die Spule herum.

Die Kompaßnadel erfährt eine kräftige Ablenkung. Die Spule erzeugt ein stärkeres Magnetfeld als ein einzelner Draht, da die Magnetfelder der einzelnen Wicklungen gemeinsam wirken. Die Wirkung erhöht sich mit der Zahl der Windungen auf dem Spulenkörper.

Die durch elektrischen Strom erzeugte Magnetkraft bezeichnet man als **Elektromagnetismus**.

**150** Ähnlich wie bei einem Stabmagneten lassen sich auch die Kraftlinien eines Elektromagneten sichtbar machen. Dazu mußt du dir zwei gleiche Stücke weißen Karton nach Abb. 44 zurechtschneiden.



44

Schiebe sie dann von jeder Seite so gegen den Spulenkörper, daß der Steg a des Kartons in die Öffnung der Spule paßt.

Nun ist die Spule ganz von Papier umgeben. Damit es eben liegt, solltest du an jeder Seite einen Bleistift unterlegen. Streue dann vorsichtig Eisenpulver auf den weißen Karton rund um die Spule, möglichst auch etwas in die Öffnung hinein.

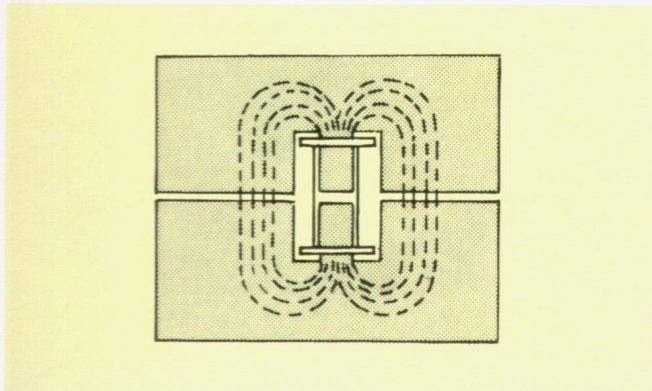
Drücke den Tastschalter und klopfe leicht auf das Papier. Achte dabei auf die Eisenspäne. Den Tastschalter nicht zu lange gedrückt halten, da durch die Kurzschlußverbindung die Batterien stark beansprucht werden!

Wenn Strom durch die Spule fließt, ordnen sich die Eisen- teichen längs den Kraftlinien des Magnetfeldes.

Dabei fällt auf, daß ihr Verlauf genau dem der Kraftlinien eines Stabmagneten entspricht.



Auch beim Elektromagneten führen die Kraftlinien von einem Pol zum anderen. Am stärksten ist das Magnetfeld im Innern der Spule, wo die Linien gebündelt verlaufen (Abb. 45).



45

**151** Halte eine Stecknadel, die du noch nicht für Versuche mit einem Stabmagneten benutzt hast, an den Kompaß und beobachte, wie stark die Nadel abgelenkt wird.

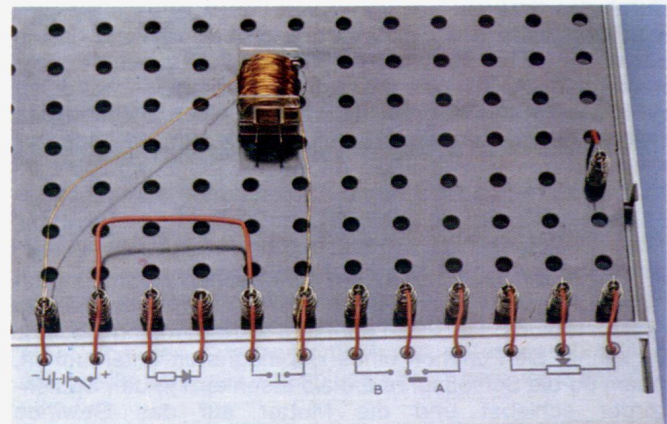
Lege die Stecknadel in die Öffnung der Spule, betätige den Tastschalter und laß kurzzeitig Strom hindurchfließen. Dann halte diese Nadel wieder an den Kompaß und prüfe das Verhalten der Nadel.

Die Magnetnadel wird wesentlich stärker abgelenkt, wenn die Stecknadel im Magnetfeld der Spule gelegen hat, denn dabei werden die Elementarmagnete der Nadel geordnet. Im Gegensatz zum Eisen bleibt Stahl auch dann noch magnetisch, wenn der Strom wieder abgeschaltet ist. Stahl kann deshalb nicht als Kern für einen Elektromagneten verwendet werden.

## 152 Elektromagnetische Kräfte

Lege zwei Stecknadeln nebeneinander in das Innere der Spule. Stelle den Spulenkörper leicht schräg und schalte durch Betätigen des Tastschalters den Stromkreis ein (Abb. 46).

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.



46

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.

## 153 Spule und Kompaß

Lege die Spule in etwa 8–10 cm Entfernung so neben den Kompaß, daß die Nadel quer zur Spulenöffnung zeigt. Betätige den Tastschalter und beobachte die Nadel. Das Magnetfeld der Spule ist auch in dieser Entfernung noch wirksam, denn die Kompaßnadel richtet sich mit einer Spitze zur Spule hin aus.

**154** Schiebe nun bei gedrücktem Tastschalter die Schloßschraube in die Spulenöffnung und achte auf die Magnetnadel im Kompaß. Wiederhole mehrfach.

**155** Bewege anschließend die Schraube in der Spule, ohne daß ein Strom fließt.

Wenn die Schraube im Inneren der stromdurchflossenen Spule liegt, zeigt die Kompaßnadel einen starken Ausschlag. Fließt kein Strom mehr, kann die Schraube allein in derselben Entfernung keine Wirkung erzielen.

Durch das Einschieben eines **Eisenkerns** wird die Magnetwirkung der Spule erheblich verstärkt.



Durch das Kraftfeld im Inneren der Spule werden die Elementarmagnete des Eisenkerns geordnet. Er wirkt darum zusätzlich wie ein Magnet und verstärkt die gesamte elektromagnetische Wirkung. Wird der Strom ausgeschaltet, so verschwindet der Magnetismus bis auf einen kleinen Rest, weil die Elementarmagnete in die ungeordnete Lage zurückkehren.

**156** Ein Kran mit einem elektrischen Hubmagneten kann Eisenstücke transportieren, ohne daß die Last an Haken oder Seilen befestigt werden muß (Abb. 47). Du kannst die Funktion eines Hubmagneten untersuchen, indem du die Schloßschraube als Eisenkern in den Spulenkörper schiebst und die Mutter auf das Gewinde schraubst. Wenn du diesen Hubmagneten mit zwei etwas längeren Drähten an die Batterieklammern anschließt, ist der Hebekran funktionsbereit. Betätige den Schalter und halte die Schloßschraube über verschieden große Eisenteile. Du wirst staunen, wie groß die Eisenstücke sind, die am Elektromagneten hängenbleiben. Beim Abschalten fallen die Teile sofort ab. Laß deinen Elektromagneten nicht zu lange eingeschaltet, da er die Batterien stark belastet.

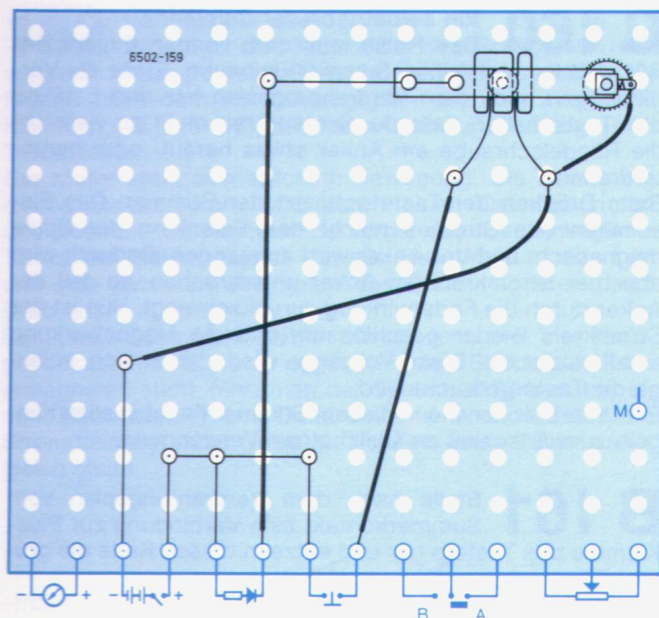
**157** Befestige den Stabmagneten so an einem dünnen Bindfaden, daß er waagrecht hängt. Laß ihn dann vor der Spulenöffnung ohne Schloßschraube pendeln und betätige den Tastschalter. Die Bewegung des Magneten hört auf, ein Pol des Magneten zeigt auf die Öffnung des Spulenkörpers und wird hineingezogen. Der eine Pol des Elektromagneten zieht einen Pol des Stabmagneten an, der andere wird abgestoßen. Für das nächste Experiment markiere die Seite, die angezogen wurde, mit einem Papieraufkleber.

**158** Vertausche die Anschlüsse der Spule im Stromkreis. Laß den Stabmagneten wieder vor der Spulenöffnung pendeln und betätige den Tastschalter. Beim Einschalten des Stroms wird der andere Pol des Stabmagneten von der Spule angezogen. Durch die Vertauschung der Anschlüsse haben sich die Pole des Elektromagneten umgekehrt. Deshalb wird jetzt der andere Pol des Stabmagneten angezogen.



Elektrokran, Werkfoto Demag





## 159

LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand  
im Bedienungspult

Ta = Taster im Bedienungspult

Spule

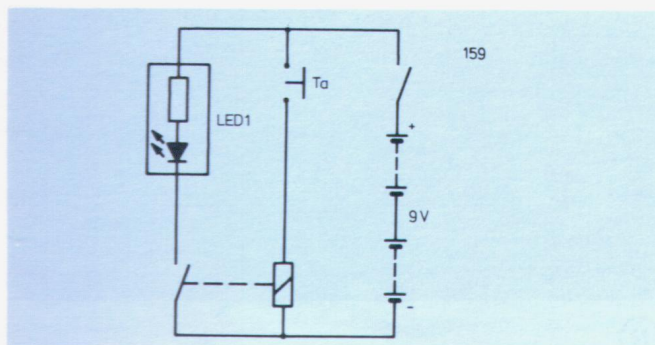
Anker

Summerkontakt

Schraube M4

Mutter M4

Rändelmutter



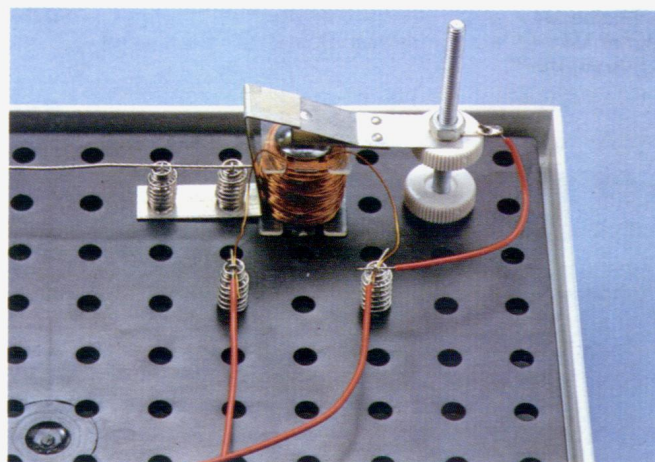
## B 159 Elektromagnetischer Schalter

Der Elektromagnet kann auch als Betätigung für einen Schalter eingesetzt werden. Um das auszuprobieren, schraube die Spule mit der Schloßschraube und der Mutter auf der Grundplatte fest. Befestige unmittelbar neben der Spule den Summerkontakt mit zwei Klemmen. Auf der gegenüberliegenden Seite stecke von unten die lange Zylinderkopfschraube durch ein Loch in der Grundplatte. Drehe beide Rändelmuttern auf die Schraube und stecke den Anker und die Drahtanschlüsse ebenfalls darauf. Ziehe dann mit einer Mutter M4 den Anker fest. Du mußt seine Stellung mit Fingerspitzengefühl so einrichten, daß er etwa 1 mm über dem Kopf der Schloßschraube steht und den Summerkontakt von unten berührt (Abb. 48). Stelle dann alle Anschlüsse nach dem Verdrahtungsplan her.

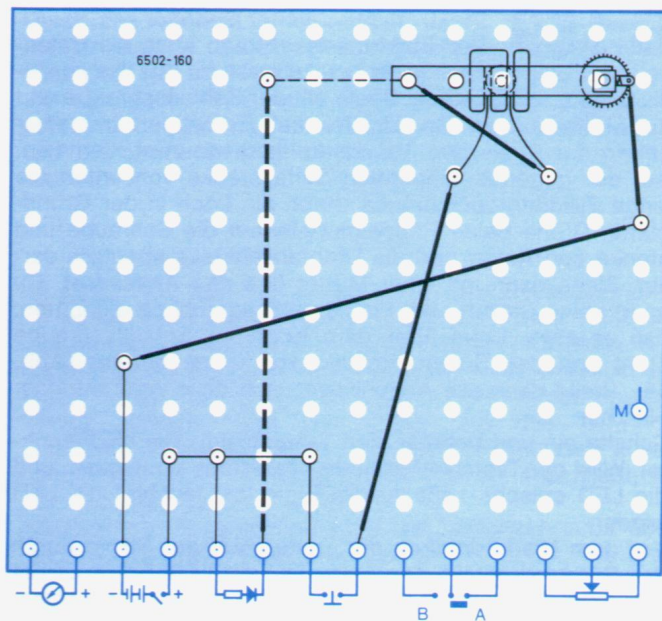
Schalte ein und betätige den Tastschalter. Die LED leuchtet. Wird der Tastschalter gedrückt, ertönt ein Klicken, und die LED erlischt. Läßt du die Taste los, leuchtet die LED wieder.

Vor dem Niederdrücken der Taste fließt der Strom durch den Summerkontakt, den Anker und die LED. 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 LED.

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







## 160-161

Ta = Taster im Bedienungspult  
 Spule  
 Anker  
 Summerkontakt  
 Schraube M4  
 Mutter M4  
 Rändelmutter

## B 160 Ein selbstgebauter Summer

Das Relais aus dem vorigen Experiment läßt sich leicht in einen Summer umbauen. Stelle die Verbindungen nach dem Verdrahtungsplan her und betätige den Tastschalter. Falls du nichts hörst, mußt du vielleicht die Rändelschraube am 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, solange die Taste gedrückt wird.

Ein Unterbrecher wie in diesem Summer findet in allen Klinken zum Anschluß an Gleichstrom Verwendung.

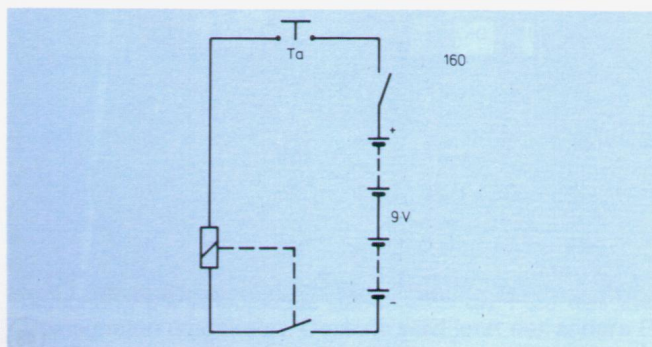
## B 161

Stelle nach dem Verdrahtungsplan vom Summerkontakt eine Verbindung zur Plus-Klemme des Tasters her und setze in diesen Kreis die grüne LED.

Betätige den Summerkontakt und achte auf die Leuchtdiode.

Beim Drücken der Taste schnarrt der Summer, gleichzeitig wird die LED dunkler.

Der Stromkreis zur LED wird durch den Summer in schneller Folge unterbrochen und wieder eingeschaltet. Die Ausschaltphasen sind jedoch so kurz, daß sie nicht deutlich wahrgenommen werden können, weil das menschliche Auge zu träge reagiert. Sie bewirken aber, daß die Leuchtintensität der LED dunkler erscheint.



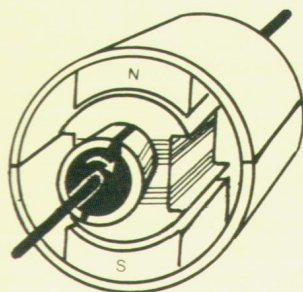


# 162 Der Elektromotor

Befestige den Motor auf der Grundplatte wie auf Seite 14 beschrieben. Schließe die Zuleitungskabel des Motors nach dem Verdrahtungsplan an, überbrücke die Klemmen AB und BC mit einem Draht und betätige den Tastschalter.

Der Motor setzt sich sofort in Bewegung. Die Bewegung dieses Elektromotors wird durch einen Dauermagneten und einen Elektromagneten hervorgerufen. Der bewegliche Teil ist der Elektromagnet, der auf einer Welle montiert ist und sich zwischen den Polen des Dauermagneten dreht (Abb. 51).

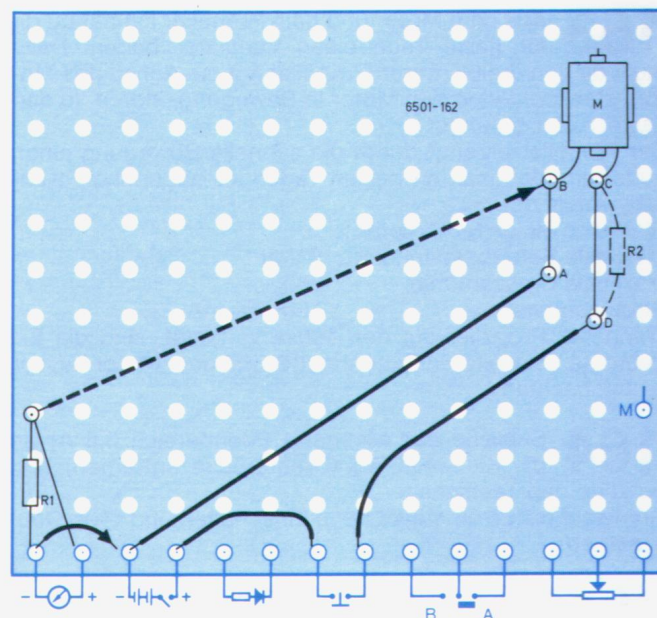
Damit der Motor nicht stehen bleibt, wenn z. B. der Nordpol des Elektromagneten gegenüber dem Südpol des Dauermagneten steht, führt man der Spule den Strom über einen **Stromwender** zu. Dadurch wird erreicht, daß die Stromrichtung in der Spule im Bereich eines Poles immer gleich bleibt.



50



51



## 162-167

R1 = Widerstand 0,1 Ohm (0R1)

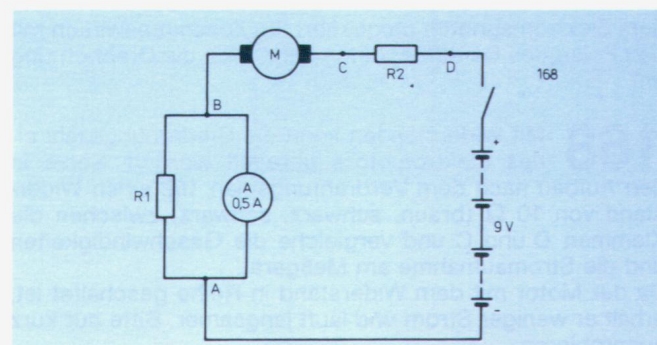
M = Motor

## 168

R2 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)

## 169

R2 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)





**163** Aus dem Motor und dem Propeller kannst du dir für heiße Tage einen Ventilator bauen. Dazu mußt du den dreiblättrigen Propeller auf die Achse des Motors stecken. Setze den Motor in Bewegung, indem du den Tastschalter betätigst.

Der Propeller erzeugt durch die schnelle Bewegung einen Luftstrom, den man an heißen Tagen als angenehme Kühlung empfindet.

Hier noch einige Motordaten:

Maximale Betriebsspannung : 9 Volt

Maximale Drehzahl/min : 6000

Stromaufnahme : 100–550 mA

Wenn der Propeller auf der Achse verbleibt, sind die Ergebnisse bei weiteren Experimenten mit dem Motor besser zu beobachten.

**164** Schließe das Meßgerät (Meßbereich 0,5 A) an die Klemmen AB (Drahtbrücke entfernen) und betätige den Tastschalter.

Achte auf die Stromstärke beim Einschalten und beim Dauerbetrieb.

**165** Bremse den Motor durch leichten Druck auf die Mitte des Propellers etwas ab.

Achte wieder auf die Anzeige des Meßgeräts.

Beim Anlaufen nimmt der Motor einen größeren Strom auf als bei Dauerbetrieb. Die Stromstärke steigt erheblich an, wenn der Motor belastet wird, z. B. durch das Abbremsen.

**166** Stelle fest, ob der Motor ohne Propeller mehr oder weniger Strom aufnimmt.

**167** Vertausche die Anschlußdrähte des Motors zur Stromversorgung und betätige wieder den Tastschalter. Der Motor setzt sich wieder sofort in Bewegung, die Drehrichtung ist aber entgegengesetzt.

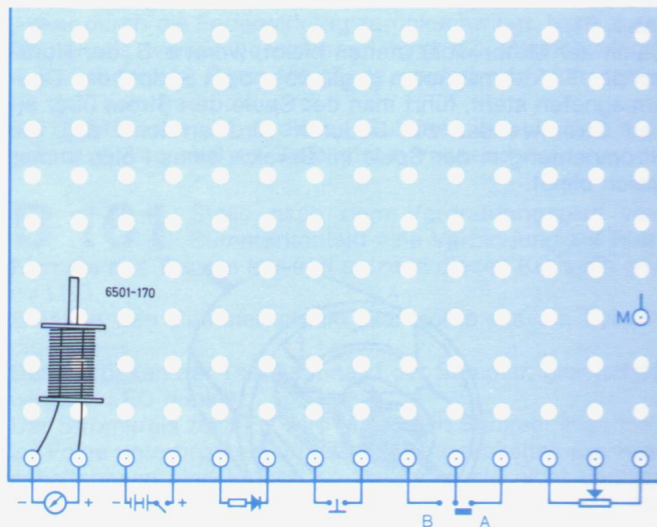
Durch das Vertauschen der Anschlüsse wird die Polung in dem Elektromagneten umgekehrt. Im Zusammenwirken mit den Polen des Dauermagneten kehrt sich die Drehrichtung um.

**168** Mit Widerständen kann die Umdrehungszahl eines Elektromotors geregelt werden. Setze in den Aufbau nach dem Verdrahtungsplan 162 einen Widerstand von 10  $\Omega$  (braun, schwarz, schwarz) zwischen die Klemmen D und C und vergleiche die Geschwindigkeiten und die Stromaufnahme am Meßgerät.

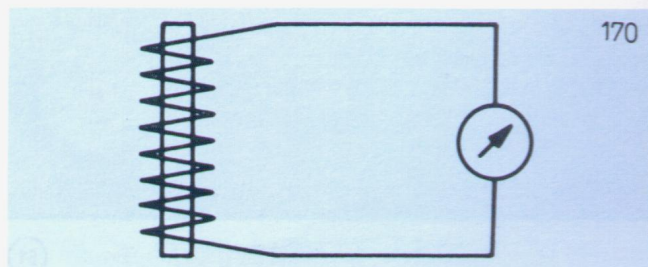
Da der Motor mit dem Widerstand in Reihe geschaltet ist, erhält er weniger Strom und läuft langsamer. Bitte nur kurz ausprobieren.

**169** Tausche den Widerstand von 10  $\Omega$  gegen einen von 100  $\Omega$  (gelb, violett, schwarz) aus. Die Geschwindigkeit und die Stromaufnahme werden noch weiter herabgesetzt.

In der Praxis benutzt man zum Regeln von Elektromotoren allerdings keine Festwiderstände, sondern veränderbare. Dann kann die Drehzahl in weiten Bereichen geändert werden.



**170**  
Spule  
Magnet





## 170 Stromerzeugung

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

Beim Hineinstoßen des Stabmagneten bewegt sich der Zeiger des Meßgerätes in der einen, beim Herausziehen in der Gegenrichtung. 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.

Beim Hin- und Herbewegen des Magneten setzt das sich ändernde Magnetfeld die Elektronen im Spulendraht in Bewegung, so daß ein elektrischer Strom entsteht. Diesen Vorgang nennt man **Induktion**.

## 171

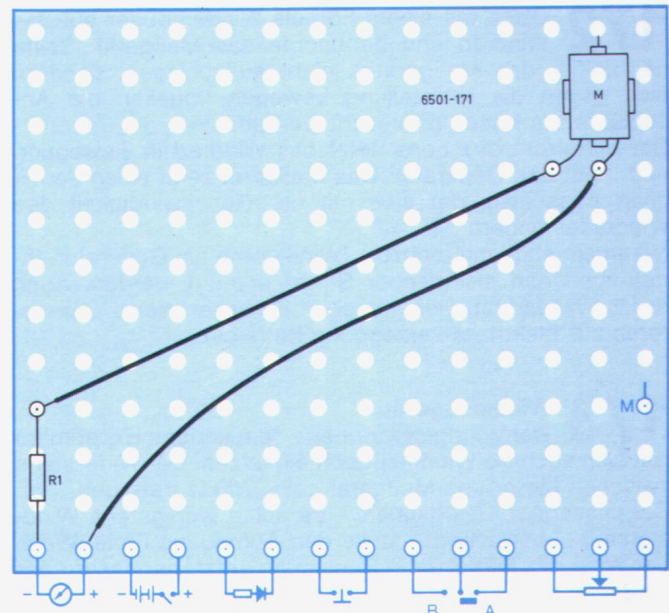
Verbinde nach dem Verdrahtungsplan die Anschlüsse des Motors über einen Widerstand von  $4.700\Omega$  (gelb, violett, rot) direkt mit dem Meßgerät. Drücke den Propeller auf die Motorwelle. Setze den Propeller durch Anstoßen mit dem Finger in Bewegung und achte auf den Zeiger des Meßgerätes. Drehe den Propeller so, daß der Zeiger nach rechts ausschlägt.

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 mechanische in elektrische Energie umgewandelt. Eine Maschine, die auf diese Weise Strom erzeugt, heißt **Generator**. Im Experiment 170 änderten sich ständig die Stärke und Richtung des erzeugten Stromes. Durch den Polwender im Generator ist hier die Stromrichtung gleichbleibend. Es entsteht ein Gleichstrom.

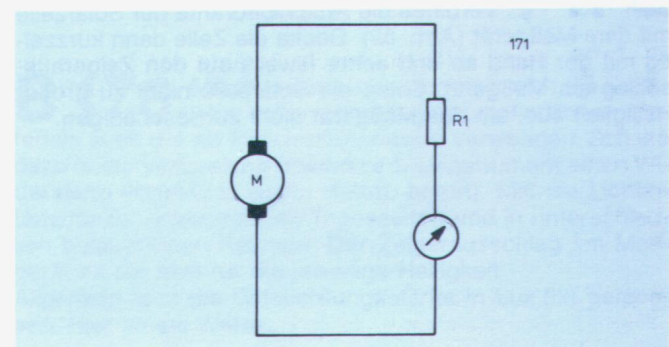
Am bekanntesten ist dir sicher der Fahrrad-Dynamo, bei dem mit Bewegungsenergie – Antrieb durch das Rad – elektrischer Strom erzeugt wird. Die großen technischen Generatoren im Elektrizitätswerk werden durch Turbinen angetrieben. Man kann also sagen:

**Der Motor wandelt elektrische Energie in Bewegungsenergie um, der Generator wandelt Bewegungsenergie in elektrische Energie um.**



## 171-173

R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)  
M = Motor





**172** 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.

## **173** Windmeßgerät

Der Windgenerator aus dem vorigen Experiment läßt sich auch als Windmeßgerät einsetzen. Der Widerstand zwischen Motor und Meßgerät soll  $4,700\ \Omega$  betragen.

Bei passender Gelegenheit – es sollte wenigstens Windstärke 3–4 herrschen – stelle den Aufbau ins Freie. Wenn der Wind das Flügelrad in Bewegung setzt, beobachte das Meßgerät.

Ungefähr bei Windstärke 3 beginnt das Flügelrad sich zu drehen, der Zeiger auf dem Meßgerät schlägt dabei auch etwa bis zum 3. Skalenstrich aus. Auf diese Weise kann man angenähert die herrschende Windstärke bestimmen.

## **B 174** Energiequelle Sonne

Verbinde die Anschlußdrähte der Solarzelle mit dem Meßgerät (Abb. 52). 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.

Bei Bestrahlung mit einer starken künstlichen Lichtquelle muß mindestens ein Widerstand von  $470\ \Omega$  zwischengeschaltet werden.

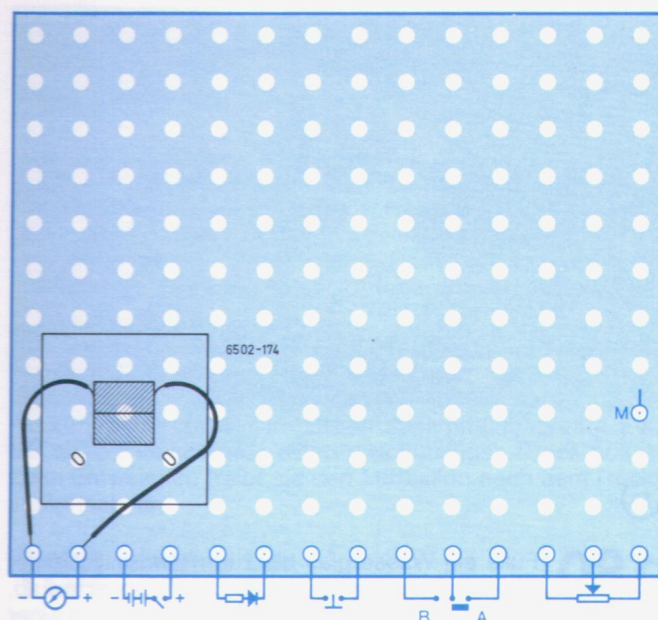
Sofort nach dem Anschluß an die Solarzelle ist am Meßgerät ein deutlicher Zeigerausschlag zu beobachten. Beim Abdecken der Zelle mit der Hand fällt der Zeiger je nach Lichtabschirmung entsprechend gegen die Ausgangsstellung zurück.

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.

**B 175** 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 der Glühlampe läuft der Motor mit konstanter Geschwindigkeit. Bei der Bestrahlung der Solarzelle wird so viel elektrischer Strom erzeugt, daß dieser Motor damit betrieben werden kann.

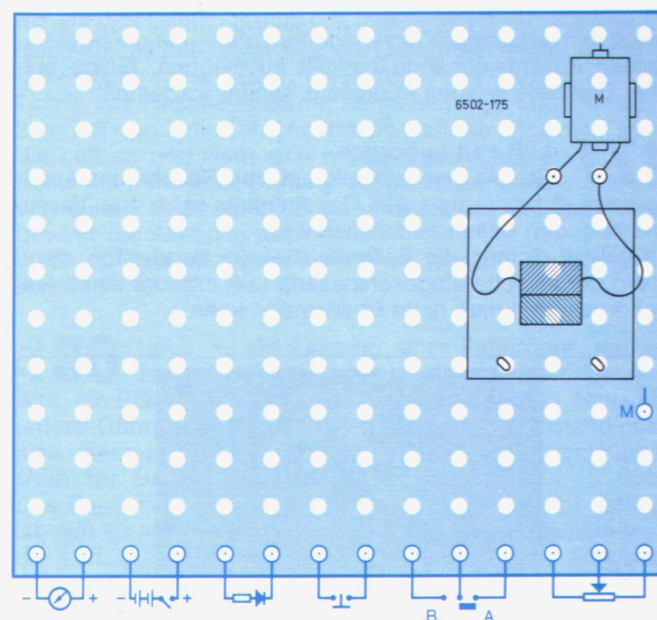
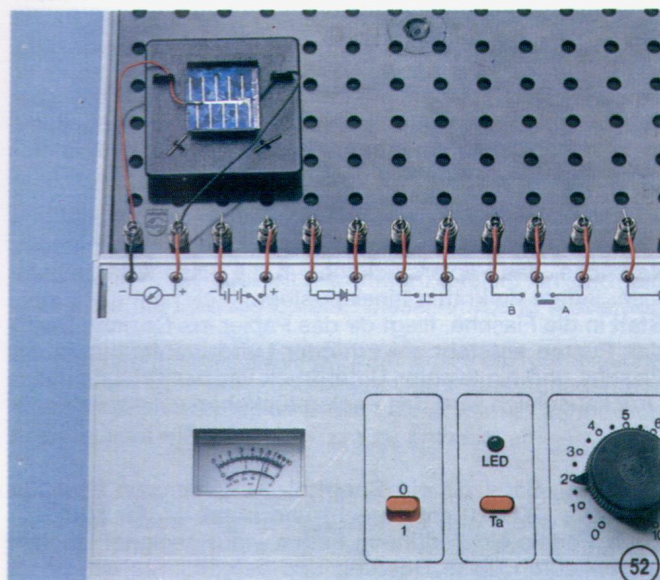
Die Ausnutzung der Sonnenenergie durch Verwendung von Solarzellen hat in den letzten Jahren zugenommen, weil die Verknappung der herkömmlichen Rohstoffe (Erdöl) Probleme aufwirft. Beim derzeitigen Stand der Technik ist allerdings eine allgemeine Stromversorgung durch Solarzellen noch nicht wirtschaftlich.





## B 174

Solarzelle



## B 175-176

Solarzelle  
Motor

**B 176** 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  $470 \Omega$  (gelb, violett, braun). Miß die Lichtintensität zu verschiedenen Tageszeiten und in unterschiedlich beleuchteten Räumen. Der Zeigerausschlag am Meßgerät ist ein Maß für die jeweilige Helligkeit. Allgemein wird die Beleuchtungsstärke in Lux (lx) gemessen. Hier einige Werte:

Sonnenlicht im Sommer  
Sonnenlicht im Winter  
Bedeckter Himmel im Sommer  
Bedeckter Himmel im Winter  
Vollmondnacht

100 000 lx  
10 000 lx  
5 000 – 20 000 lx  
1 000 – 2 000 lx  
0,2 lx



Es gibt viele Erscheinungen in unserer Welt, über die wir wie selbstverständlich hinweggehen, ohne uns die physikalischen Zusammenhänge bewußt zu machen. Einige solcher Beispiele werden in diesem Kapitel vorgestellt.

## 177 Luft und Luftdruck

Stecke den Luftballon in eine Flasche und spanne seine Öffnung über den Flaschenhals (Abb. 53). Versuche nun, den Ballon aufzublasen.

Es gelingt dir nur, die Ballonhaut etwas zu straffen, denn die in der Flasche eingeschlossene Luft erzeugt einen Gegendruck, den man nicht überwinden kann.



53

**178** Stopfe ein Stück Papier fest in den oberen Teil eines Trinkglases und tauche es mit der Öffnung nach unten in eine Schüssel mit Wasser (Abb. 54). Das Papier wird nicht vom Wasser benetzt. Die im umgestülpten Glas eingeschlossene Luft verhindert, daß Wasser eindringen kann. Diese Erkenntnis hat man sich bei der Konstruktion von Taucherglocken zunutze gemacht.

**179** Befestige den Luftballon auf der Öffnung einer leeren Weinflasche. Stelle die Flasche in einen Kochtopf mit etwas kaltem Wasser und erwärme den Topf allmählich auf der Kochplatte.

Schon bald spannt sich der Ballon und füllt sich. Durch die Erwärmung dehnt sich die Luft aus. Sie entweicht in den Ballon und weitet ihn aus.

Wenn du die Flasche aus dem Kochtopf herausnimmst, kühlt sich die Luft ab, der Luftballon wird wieder schlaff.



54

**180** Fülle ein Wasserglas bis zum Rand mit Wasser und decke es mit einem Stück Pappkarton ab, das ungefähr die Größe einer Postkarte hat. Halte mit einer Hand das Glas, mit der anderen die Karte und drehe das Glas um, so daß die Öffnung nach unten zeigt. Nimm nun die Hand von der Karte.

Die Karte bleibt am Glas haften, und es läuft kein Wasser heraus. Der Luftdruck, der von unten her gegen das Papier drückt, ist stärker als das Gewicht des Wassers im Glas. Der Luftdruck trägt das Wasser.

**Anmerkung:** Es empfiehlt sich, dieses Experiment über dem Waschbecken oder einem Eimer auszuführen, damit es keine Überschwemmung gibt, falls es einmal mißlingt.

**181** Halte eine leere Flasche waagerecht und lege ein kleines Stück Papier in den Flaschenhals. Versuche, das Papierstückchen in die Flasche zu bekommen, indem du kräftig hineinpustest.

Statt in die Flasche, fliegt dir das Papier ins Gesicht. Durch das Pusten entsteht ein erhöhter Luftdruck im Innern der Flasche und ein leichter Unterdruck vor der Öffnung. Beim Druckausgleich wird das Papierstückchen mit herausgerissen.

**182** Säge dir ein Sperrholzbrettchen von ungefähr 20×20 cm zurecht und bohre in der Mitte ein Loch. Fädele einen **dünnen** Faden – gut geeignet ist Nähgarn – durch diese Bohrung und befestige es mit einem



kleinen Holzkebel. Lege das Brettchen auf den Tisch, und dann zwei bis drei Bögen Zeitungspapier auf das Brett und führe auch den Faden hindurch. Versuche jetzt ruckartig das Brettchen nach oben zu reißen.

Das wird dir nicht gelingen. Das Brett läßt sich nicht hochziehen, sondern der Faden reißt, (du mußt unbedingt darauf achten, daß der Faden nicht zu stark ist). Durch Zeitungsbögen entsteht eine große Fläche, auf der der Luftdruck lastet. Gleichzeitig wird so verhindert, daß Luft seitlich unter das Brettchen gelangt. Dadurch wird das Brettchen mit großer Kraft auf der Unterlage festgehalten.

**183** Blase den Luftballon kräftig auf. Gib dann die Öffnung frei und laß den Ballon los.

Die Luft entweicht zischend, und der Ballon fliegt im Zick-Zack-Kurs davon. Die im Ballon zusammengepreßte Luft übt auf die Innenwände einen gleichmäßigen Druck aus. Beim Entweichen treibt sie den Luftballon nach dem Rückstoßprinzip an.

## **184** Erwärmte Luft

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. 55) und beobachte das 10-Pfennig-Stück!



55

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.

**185** 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 Gum-

mihaut 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.

**186** 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 Pappe nicht entzündet (Abb. 56). 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.



56



## 187 Wasser und Eis

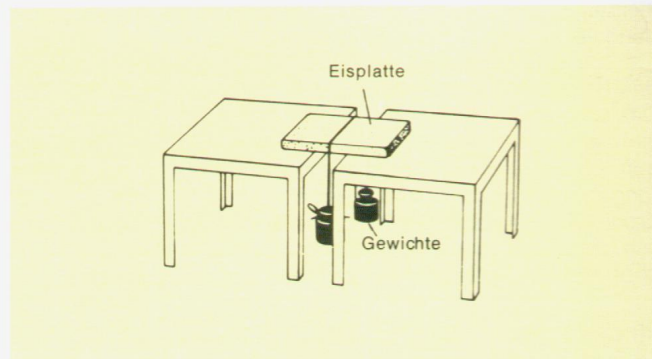
Fülle ein verschraubbares Tablettenröhrchen oder Medizinfläschchen vollständig mit Wasser. Verschließe das Röhrchen und gib es in einen kleinen Plastikbeutel. Dann lege es für die Nacht in das Eisfach des Kühlschranks. Welche Beobachtung kannst du am nächsten Morgen machen?

Durch die Eisbildung sind die Wände des Gefäßes gesprengt worden. In den vorigen Experimenten 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 eiserne Gefäße (Wasserrohre) platzen, wenn es darin zur Eisbildung kommt.

**188** Berechne dir im Eisfach des Kühlschranks Eiswürfel. Fülle dann ein Einweckglas mit Wasser, gib die Eiswürfel hinein und beobachte, wo sie sich sammeln! Die Eisstückchen 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.

**189** Gib einen großen Eiswürfel in ein Glas und fülle es dann bis zum Rand mit Wasser. Wie du schon weißt, schwimmt der Eiswürfel. Ein Teil ragt jetzt über den Glasrand hinaus. Was glaubst du: Wird das Wasser überlaufen, wenn der Eiswürfel 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 Eiswürfel füllt genau den Raum aus, den er im Wasser verdrängt hat.

**190** Berechne dir im Kühlschrank eine Eisplatte. Dazu kannst du die Schale für Eiswürfel benutzen, muß jedoch das Plastigitter 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. 57). Welche Veränderung kannst du nach einiger Zeit feststellen?



57

Unter dem Druck, den der Draht durch die anhängenden Gewichte ausübt, schmilzt das Eis. Über der Einschnittstelle 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 vorwärtskommen, 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.

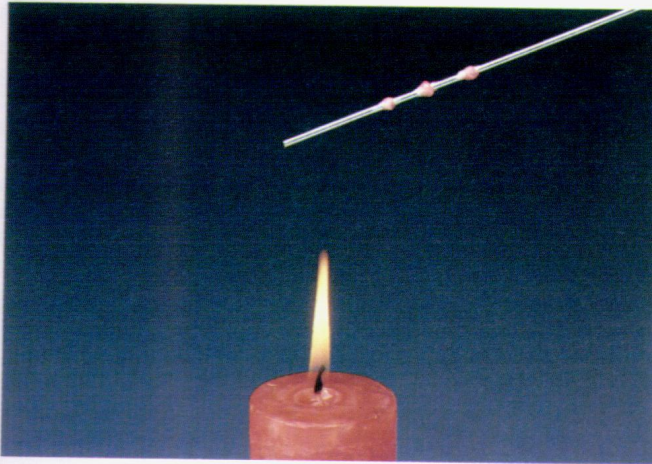
## 191 Wärme wandert

Fasse den Stahldraht am äußersten Ende mit Zeigefinger und Daumen und halte das andere Ende in die Flamme einer Kerze. 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**.

**192** 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. 58) und beobachte!





58

Beim Erhitzen fallen die Wachskügelchen der Reihe nach ab. Die Wärme wird in der Stahlnadel weitergeleitet. Wird in der Stahlnadel die Schmelztemperatur des Kerzenwachses ( $54^{\circ}\text{C}$ ) erreicht, lösen sich die Kugeln von der Nadel.

**193** 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.

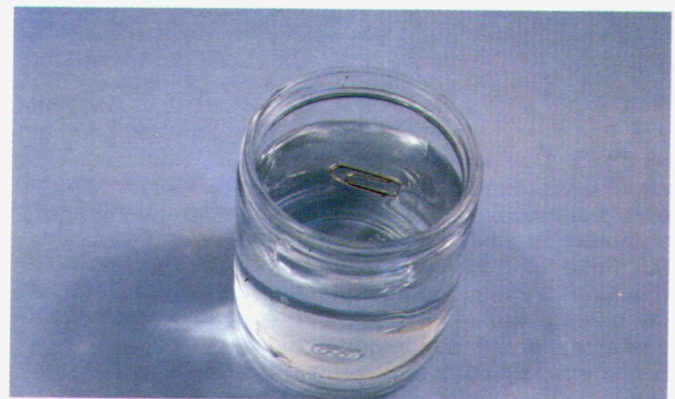
Wärmeleitfähigkeit	
Kupfer	gut
Aluminium	
Blei	
Glas	
Wasser	↓
Holz	
Kunststoffe	
Luft	schlecht

**Metalle sind gute Wärmeleiter.**

**194** 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 auszuüben! 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 deine Freunde verblüffen.

**195** **Oberflächenspannung** Fülle eine Schüssel mit Wasser. Lege ganz vorsichtig eine Büroklammer auf die Wasseroberfläche. Die Klammer schwimmt (Abb. 59). Gib nun einen Tropfen Geschirrspülmittel in das Wasser und beobachte! Sobald das Spülmittel ins Wasser kommt, geht die Büroklammer unter. Durch die Oberflächenspannung des Wassers wurde die Klammer zunächst auf der Oberfläche getragen. Das Spülmittel zerstört diese Kraft weitgehend, und die Klammer sinkt unter. Wir sagen dann, das Wasser ist entspannt.



59

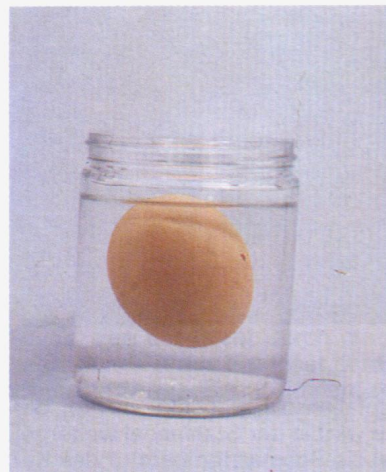


**196** Stelle das Becherglas in eine größere Schüssel und fülle es gestrichen voll Wasser. Achte darauf, daß nichts überläuft. Laß dann nacheinander ganz vorsichtig einige Münzen in das Glas sinken. Allmählich steigt dadurch der Wasserspiegel über den Rand des Glases, so daß ein richtiger Wasserberg entsteht. Nun gib einen Tropfen Geschirrspülmittel hinein. Was beobachtest du? Sofort läuft der Wasserberg ab, die Oberfläche schließt jetzt mit dem Rand ab. Die Oberflächenspannung bewirkt zunächst, daß noch Wasser über dem Rand des Glases wie von einer Haut zusammengehalten wird. Durch Zugabe des Spülmittels wird die Spannung dann so weit vermindert, daß das überstehende Wasser abläuft.

**197** Fülle eine Schüssel etwa halb voll Wasser und streue einige Papierblättchen, die du mit einem Aktenlocher ausstanzen kannst, auf die Oberfläche. Sie schwimmen zunächst ganz ruhig. Zwischen diese Plättchen gib wieder etwas Spülmittel und beobachte! Sofort stieben die Papierschnitzel auseinander zum Rand der Schüssel hin. Die Oberflächenspannung wird durch das Spülmittel wieder zerstört, die dünne Haut reißt auf. Dabei wirkt die Entspannung von der Mitte nach außen und reißt die schwimmenden Papierteilchen mit.

**198** Spalte ein Streichholz leicht auf und drücke etwas Seife in den Spalt. Lege das Hölzchen in eine Schüssel mit Wasser und beobachte. Das Holz setzt sich wie ein Boot in Bewegung, weil die Oberflächenspannung des Wassers durch die Seife zerstört wird. Dadurch kommt es zu einer Bewegung der Wasserteilchen nach hinten, was eine Vorwärtsbewegung der Hölzer zur Folge hat. Willst du das Experiment wiederholen, mußt du frisches Wasser in die Schüssel füllen.

**199 Das schwebende Ei** Fülle ein Marmeladenglas mit Wasser und gib ein frisches Ei hinein. Das Ei sinkt zu Boden. Jetzt gib nach und nach Haushaltssalz hinzu und beobachte das Ei (Abb. 60). Sollte sich die Lösung trüben, laß sie eine Weile stehen. Das überschüssige Salz setzt sich dann am Boden ab, die Lösung wird wieder klar, und du kannst besser beobachten. Bei einer bestimmten Salzmenge steigt das Ei nach oben. Durch die Zugabe von Kochsalz wird die Auftriebskraft des Wassers allmählich so weit erhöht, daß das Ei in der Lösung schwebt.



60

**200 Töne und Geräusche** Fülle ein dünnwandiges Glas etwa zur Hälfte mit Wasser. Feuchte deinen Zeigefinger an und reibe auf dem Glasrand entlang. Es entsteht ein Dauerton. Durch das Reiben auf dem Glasrand beginnt das Glas leicht zu schwingen und erzeugt den Ton. Die Tonhöhe kannst du durch unterschiedliche Wassermengen im Glas verändern.

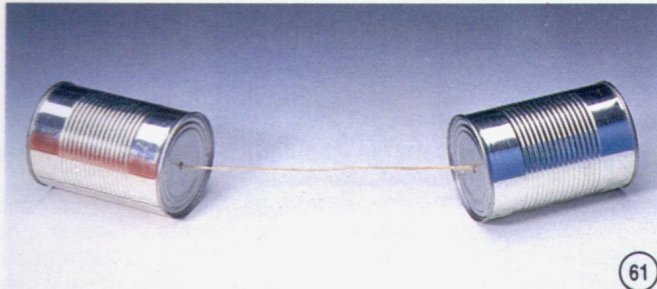
**201** Befestige ein Gummiband an einem Fenster- oder Türgriff. Zupfe das Band an und spanne es dabei unterschiedlich stark. Beim Anzupfen erzeugt das Gummiband einen Ton. Je stärker es gespannt wird, desto höher wird der Ton, weil es sich dann schneller hin- und herbewegt.

**202** Befestige in der Mitte eines ca. ein Meter langen Fadens einen Eßlöffel. Die beiden Enden des Fadens wickle mehrmals um deine Zeigefinger und halte die Fingerspitzen in die Ohren. Laß bei gespanntem



Faden den Löffel gegen eine Wand schlagen. Du hörst deutlich einen glockenähnlichen Ton. Durch das Anschlagen an der Mauer gerät der Löffel wie eine Stimmgabel in Schwingungen, die über den Faden und die Finger direkt ans Ohr geleitet werden.

**203** Die Erkenntnis, daß ein Faden den Schall leitet, kannst du ausnutzen, um dir ein einfaches Telefon zu bauen (Abb. 61).



Bohre in den Boden von zwei Konservendosen, deren Dekkel 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? 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.

**204** 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. 62).

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.



## 205 Licht und Schatten

Stelle eine 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.

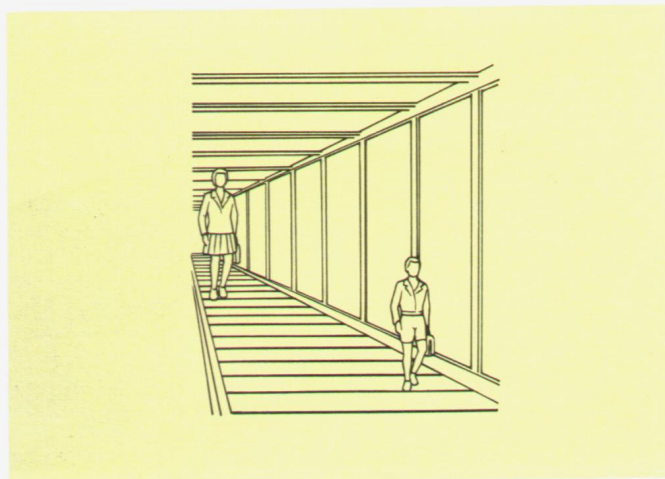
**206** Fülle eine Schüssel zu Dreiviertel mit Wasser (besser eignet sich noch ein viereckiges Glasgefäß, wie ein Aquarium oder ein Plastikkasten). Halte ein Lineal schräg in das Wasser.

Bei einer bestimmten Blickrichtung zeigt sich dir ein eigenartiges Bild, das Lineal scheint gebrochen zu sein. Natürlich ist nicht das Lineal gebrochen, sondern die Lichtstrahlen werden beim Austreten aus dem Wasser in einem bestimmten Winkel abgelenkt. Man sagt, sie werden gebrochen. Deshalb siehst du das Lineal im Wasser an einer anderen Stelle.



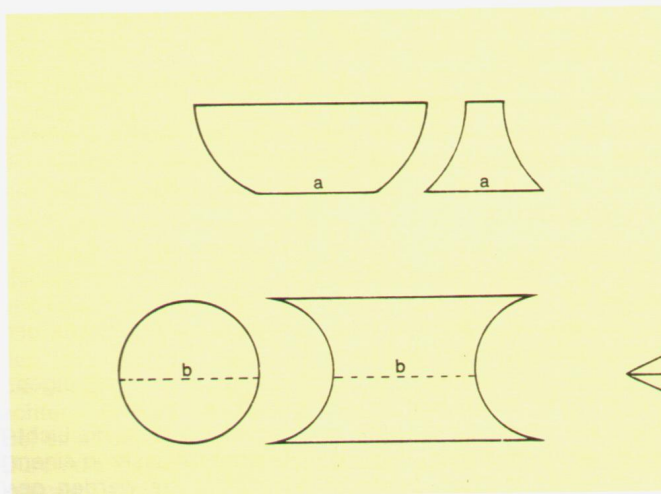
## 207 Optische Täuschungen

Betrachte die Abb. 63. Miß die Größe der beiden Personen.

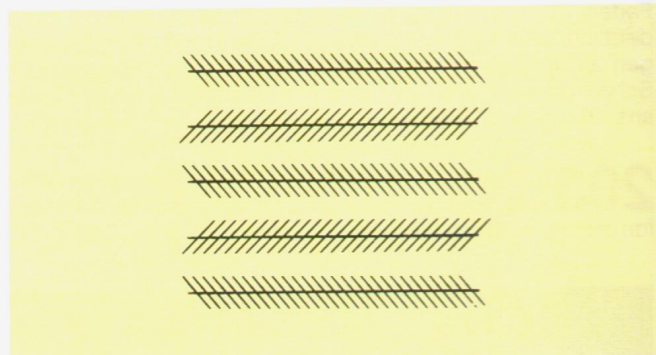


63

**208** Miß jeweils die mit gleichen Buchstaben bezeichneten Strecken der Darstellungen in Abb. 64 und vergleiche.



64



65

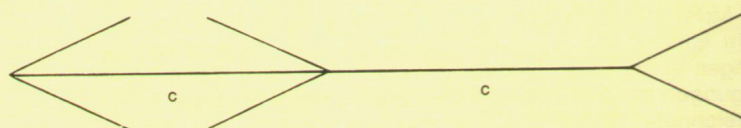
**209** Kontrolliere die Abstände an beiden Enden zwischen den waagerechten Linien (Abb. 65). Die dargestellten Personen, ebenso wie die Strecken und die Abstände zwischen den waagerechten Linien, sind gleich groß. Das menschliche Auge ist nicht unbedingt zuverlässig. Nebeneindrücke können die Realität verfälschen. So erklären sich die meisten optischen Täuschungen.

## 210 Reaktionstest

Bitte deinen Freund, die Hand zur leicht geöffneten Faust zu formen. Dann halte einen Bleistift darüber und fordere ihn auf, diesen Stift zu „fangen“, wenn du ihn fallen läßt.

Merkwürdig, es wird ihm nicht gelingen.

Wenn nämlich das Auge den Stift fallen sieht, gibt es den Befehl „greifen“ an das Gehirn, das ihn wiederum an die Hand weiterleitet. Dabei geht so viel Zeit verloren, daß die Reaktion immer zu spät erfolgt. Man nennt die Zeit zwischen Erkennen und Reaktion auch Schrecksekunde. Beim Autofahren spielt sie zur Ermittlung des Bremsweges eine wesentliche Rolle.







66

Sicherlich hast du schon erlebt, daß es beim Berühren einer Türklinke in den Fingern zuckt oder daß beim Ausziehen eines Kleidungsstücks im Dunkeln Funken sprühen und ein Knistern hörbar wird. Diese Erscheinungen werden durch elektrostatische Vorgänge verursacht.

Der Begriff der Elektrostatik geht auf das griechische Wort für Bernstein, **elektron**, und das lateinische Wort für stehenbleiben, **stare**, zurück. In Griechenland entdeckte man bereits im Altertum, daß Bernstein nach dem Reiben kleinste Teilchen anziehen kann.

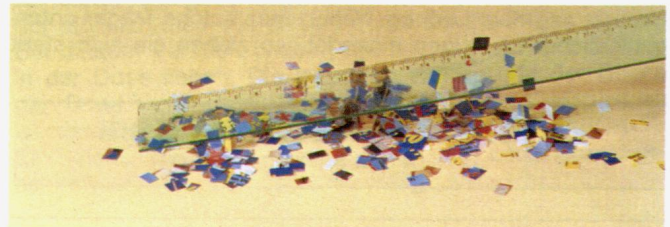
Ein englischer Arzt wies im 16. Jahrhundert nach, daß auch andere Stoffe diese Eigenschaft besitzen und führte die Bezeichnung „elektrisch“ ein. Etwa um 1650 wurde der Begriff „Elektrizität“ erstmalig erwähnt. Um diese Zeit wich man auch von dem Glauben ab, daß Bernstein geheimnisvolle Kräfte besitzt und versuchte, genauere Erklärungen zu geben.

In den folgenden Experimenten kannst du erfahren, worauf die im Bernstein und in anderen Stoffen enthaltene Kraft beruht und welche Erklärungen dafür heute Gültigkeit haben.

## 211 Unsichtbare Kräfte

Reibe mit einem Wolltuch ein Kunststofflineal etwa 1 Minute und halte es dann über kleine Papierstücke aus einem Bürolocher. Wiederhole das Experiment mit dem Stahldraht. Reibe danach mit einem Messerrücken über beide Stäbe und versuche dann, Papierstücke aufzunehmen (Abb. 67). Nur wenn das Lineal mit einem Wolltuch gerieben wird, zieht es anschließend kleine Papierstücke an. Der Stahldraht ist dazu nicht in 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 aneinandergerieben werden, 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.



67

## 212 Gleiche und ungleiche Ladungen

Schneide dir aus einer Kunststoff-Tragetüte 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 wurden, laden sie sich auch beide gleich auf. Man sagt, sie besitzen Ladung gleicher Polarität. Deshalb stoßen sich die beiden Streifen ab.

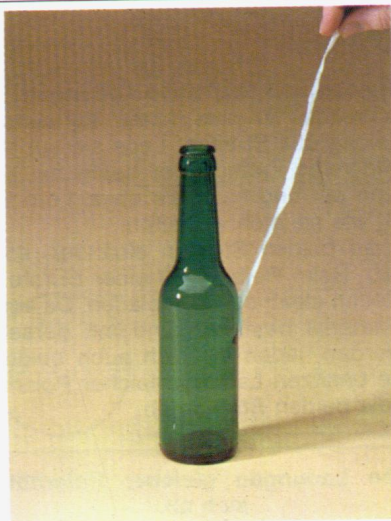
**Elektrische Ladungen gleicher Polarität stoßen sich ab.**



**213** 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. (Abb. 68). Wie Kunststoff wird auch Glas beim Reiben elektrisch aufgeladen, aber 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 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.

**Elektrische Ladungen ungleicher Polarität ziehen sich an.**



68



69

## 214 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 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 (Abb. 69). Berühre nun das freie Ende des Drahtes mit einem geladenen Kunststoffstreifen und achte auf die Alufolie.

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. Da sich gleiche Ladungen abstoßen, entfernt sich der Streifen.

## 215 Statische Elektrizität

Reibe ein Messer oder eine Gabel kräftig mit einem Wolltuch und nähere das Metall dem Elektroskop. Wiederhole das Experiment, indem du mit einer Bürste aufzuladen versuchst.



Mit metallenen Gegenständen läßt sich kein Ausschlag am Elektroskop erzielen, der Grund dafür liegt in der Leitfähigkeit der Metalle. Durch das Reiben erfolgt zwar auch eine Verschiebung von Elektronen zur Oberfläche hin. Da die Metalle aber gute elektrische Leiter sind, fließen die Elektronen sofort nach dem Reiben in die Hand, die das Metall hält.

**216** Wiederhole das vorige Experiment mit einem Schraubendreher mit Kunststoffgriff. Halte das Metall an das Elektroskop und berühre es dann mit einem Finger.

Zunächst schlägt die Folie des Elektroskops aus, nach dem Berühren mit dem Finger geht der Ausschlag aber wieder zurück. Denn dann fließt die Ladung in die Hand ab.

**217** 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 und achte auf den Ausschlag. Wiederhole nun das Experiment 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 in Leitern 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.

## 218 Tanzendes Papier

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.

**219** Lege einen großen Streifen einer Tragetüte auf den Tisch und reibe kräftig mit einer Bürste darüber. Gib dann Konfettistücke aus Bürolochern 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.

**220** 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. 70).







71

## 221 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. 71).

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.

**222** Laß an einem Wasserhahn einen möglichst großen Tropfen 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.

## 223 Ladungsträger

Lade dein Elektroskop mit einem aufgeladenen Luftballon stark auf und nähere dem Instrument eine brennende Kerze. Achte auf den Ausschlag des Alu-Streifens.

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 fortzutragen. Deshalb geht der Ausschlag des Streifens zurück.

## 224 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.

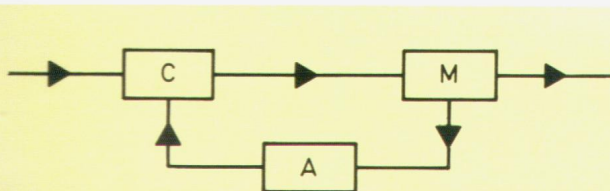
Mit dem folgenden Experiment kann man auch eine verblüffende Wirkung erzielen: Binde um das Ende eines Drahtes etwa 15 bis 20 Streifen Seidenpapier von etwa 2 mm Breite und 8 cm Länge. Stecke den Draht in eine Kerze und führe den geladenen Luftballon heran.

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



Messen ist das Bestimmen von Mengen, Größen oder anderen Einheiten. So werden Längen mit einem Lineal und Gewichte mit einer Waage gemessen. Diese Messungen sind der Vergleich mit einer bekannten Länge oder einem bekannten Gewicht. Viele Messungen werden aber auch durch das Übertragen von unbekannten Abmessungen und Mengen in andere Einheiten ausgeführt. Waagen, die mit Federn arbeiten, verwandeln das Gewicht z. B. durch die Feder in einen Ausschlag des Skalenzeigers. Beim Thermometer benutzt man die Wärmeausdehnung einer bestimmten Flüssigkeitsmenge (z. B. Quecksilber oder Alkohol) zur Temperaturmessung. Steigt die Temperatur, vergrößert sich das Volumen. In der elektronischen Meßtechnik werden alle Arten von zu messenden Größen in elektrische Ströme und Spannungen umgesetzt, die dann in elektronischen Schaltkreisen verarbeitet und mit Anzeigeeinheiten sichtbar gemacht werden. In diesen Systemen benutzt man die elektrischen Spannungen und Ströme aber nicht nur, um Meßergebnisse anzuzeigen, sondern sie beeinflussen auch eine Kontrolleinheit, die den gemessenen Wert (Istwert) mit einem gewünschten Sollwert vergleicht.

Stimmen der Sollwert und der Istwert nicht überein, führt man Impulse zu einem **Stellglied** zurück, das den Istwert an den Sollwert angleicht. Eine solche Einrichtung nennt man **Regelkreis**.



## Das IC-Steuermodul

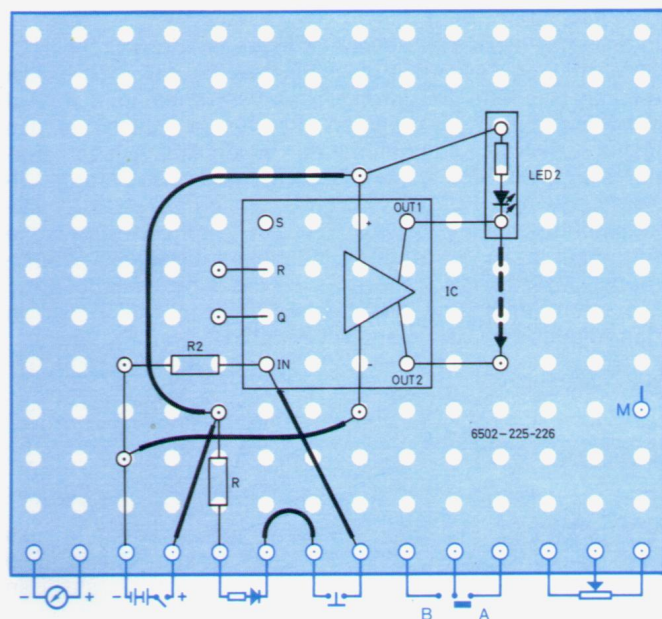
In deinem Physik-Experimentierkasten befindet sich ein IC-Steuermodul. Es enthält elektronische Bauteile, mit denen du verschiedene Steuerungen verwirklichen kannst. Auf der Platine erkennst du einen integrierten Schaltkreis, das kleine schwarze Kästchen mit den vielen Anschlüssen. Ferner siehst du viele andere Bauteile, wie z. B. Dioden, Widerstände und Kondensatoren. Sie sind miteinander zusammengeschaltet, so daß du damit viele elektronische Aufgaben lösen kannst. Ein Umschalter auf dem IC-Steuermodul gestattet die wahlweise Verwendung einiger Teile. Die Grundfunktionen des IC-Steuermoduls kannst du in den folgenden Experimenten kennenlernen.

**B 225** Zunächst setzt du das IC-Steuermodul als **Verstärker** ein. Baue die vollständige Schaltung nach dem Verdrahtungsplan auf. Drücke den Tastschalter und achte auf die beiden Leuchtdioden.

**B 226** Verwende den Aufbau aus dem vorigen Experiment, schalte aber die Leuchtdiode vom Anschluß OUT 1 an OUT 2. Betätige den Tastschalter! Beide Leuchtdioden leuchten bei geschlossenem Tastschalter unterschiedlich hell. Die grüne LED im Bedienungspult glimmt nur, während die rote Leuchtdiode hell leuchtet. Die grüne LED wird vom Strom durchflossen, der am Anschluß IN in das IC-Steuermodul hineinfließt. Am Anschluß OUT 1 fließt Strom aus dem Modul heraus. Der Strom am Ausgang ist stärker als der Eingangsstrom, das IC-Steuermodul arbeitet also als **Stromverstärker**. Hast du die rote Leuchtdiode an OUT 2 angeschlossen, so leuchtet sie bei geöffnetem Tastschalter. Schließt du ihn, fließt wieder ein schwacher Eingangsstrom durch die grüne Leuchtdiode. Die rote LED erlischt. In diesem Experiment hat der Eingangsstrom den Ausgangsstrom umgeschaltet.

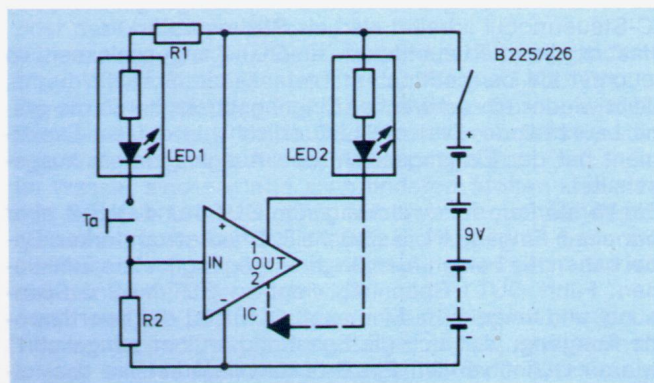
Ein Verstärker, der zwei Ausgänge OUT 1 und OUT 2, aber nur einen Eingang IN besitzt, heißt **Brückenverstärker**. Dabei haben die beiden Ausgänge entgegengesetzte Funktionen: Führt OUT1 Spannung, liegt an OUT 2 keine Spannung, und umgekehrt. Man sagt, OUT 2 ist der **invertierende Ausgang**, weil sich die Spannung an ihm „umgekehrt“ wie an OUT 1 verhält. Ein Brückenverstärker hat das folgende Schaltsymbol:





## B 225-226

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)
- R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand
- Ta = Taster im Bedienungspult



**B 227** Die folgenden Experimente erklären eine weitere elektronische Schaltung, die auf dem IC-Steuermodul verwirklicht ist. Man nennt sie **Bi-stabiler Multivibrator**. Eine solche Schaltung hat zwei Eingänge R und S und nur einen Ausgang Q.

Baue die Schaltung nach dem Verdrahtungsplan auf. Achte besonders darauf, daß sich der Schalter auf dem IC-Steuermodul in Stellung FF befindet.

Öffne den Kontakt K (Draht zwischen den Klemmen A und B entfernen) und achte auf die Leuchtdiode!

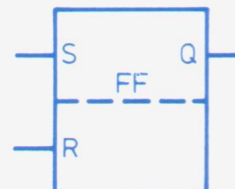
**B 228** Schließe und öffne den Kontakt K mehrfach. Leuchtet die LED?

**B 229** Betätige kurz den Tastschalter. Wie verhält sich die Leuchtdiode?

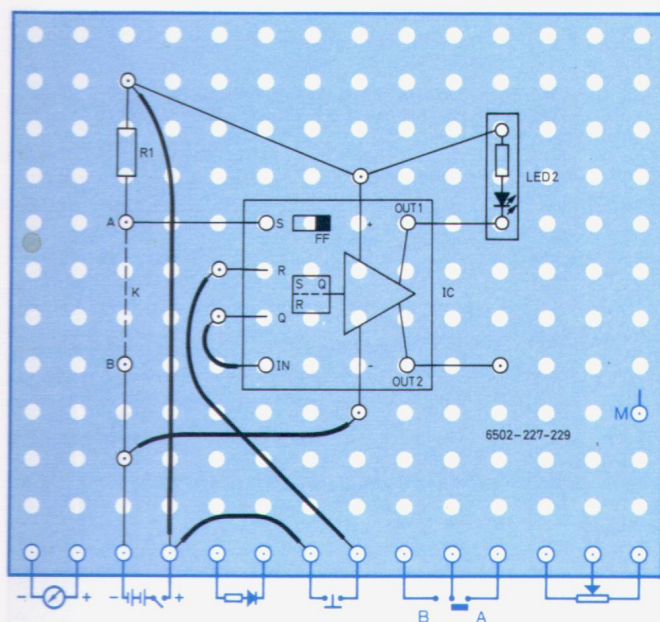
Bei geschlossenem Kontakt K ist die rote Leuchtdiode dunkel. Öffnest du den Kontakt, so leuchtet die LED. Auch mehrfaches Öffnen und Schließen ändert nichts daran, daß die Leuchtdiode weiterleuchtet. Erst das Betätigen des Tastschalters läßt sie verlöschen.

Die Schaltung speichert einen einmal ausgelösten Schaltvorgang am Eingang S so, daß er am Ausgang OUT 1 erhalten bleibt. Auch mehrfaches Schalten verändert nicht den Ausgangszustand. Der Eingang S heißt Setzeingang (engl. set), weil er den Ausgang in einen ständigen Schaltzustand versetzt. Die Spannung am Ausgang Q springt auf 0 Volt zurück, wenn der Eingang R Spannung erhält. Die Bezeichnung R bedeutet Rücksetz-Eingang (engl. reset).

Eine solche Schaltung hat also zwei stabile Spannungszustände am Ausgang Q, nämlich 0 Volt und Spannung (Batteriespannung). Darum führt sie die Bezeichnung **Bistabiler Multivibrator**. Üblich ist auch die Benennung **RS-Flip-Flop** (FF). Das bedeuten auch die beiden F am Schalter auf der Platine. Das RS-Flip-Flop hat folgendes Schaltbild:

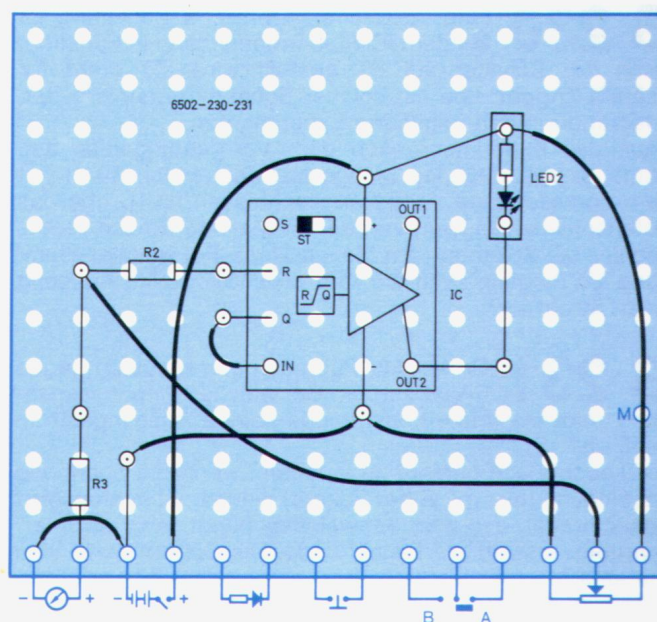
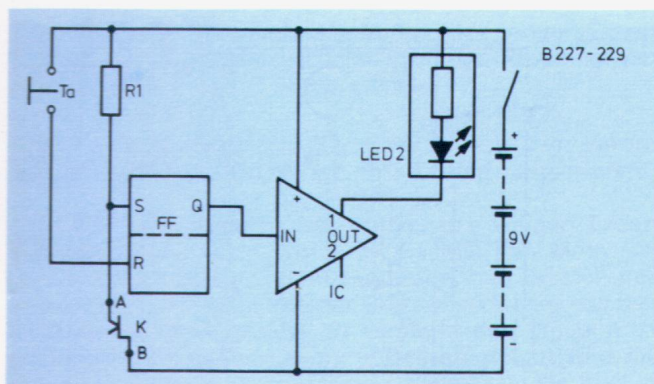






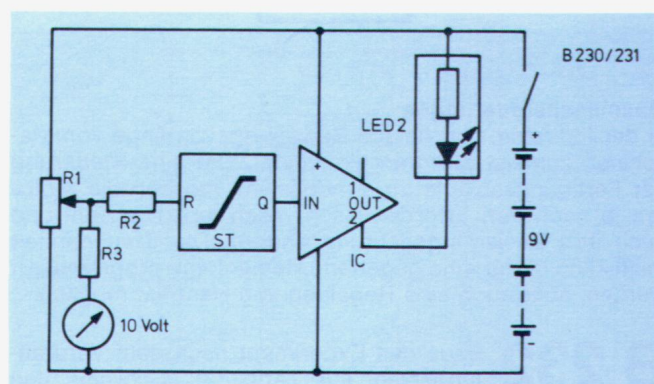
## B 227-229

IC = IC-Steuermodul  
R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)  
LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand  
Ta = Taster im Bedienungspult  
K = Alarmkontakt



**B 230–231**

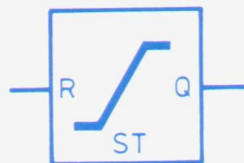
- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- R3 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand





**B 230** Eine weitere elektronische Schaltung ist auf dem IC-Steuermodul dann in Funktion, wenn der Schalter auf ST gestellt wird. ST steht für **Schmitt-Trigger**. Wie ein solcher Schmitt-Trigger arbeitet, erfährst du in den folgenden Experimenten. Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf. Achte darauf, daß das Meßgerät (Meßbereich 10 V) mit dem Vorwiderstand richtig angeschlossen ist! Drehe das Potentiometer langsam von der Einstellung 0 nach rechts und lies die Spannung am Meßgerät ab. Bei welcher Spannung am Eingang zeigt die rote Leuchtdiode am Ausgang einen Strom an?

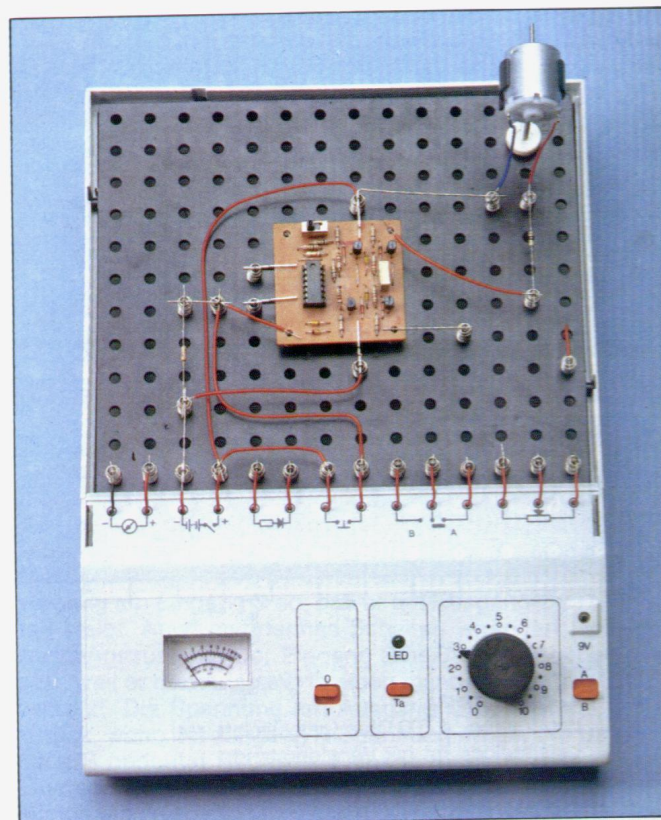
**B 231** Drehe das Potentiometer langsam gegen 0 Volt zurück. Bei welcher Eingangsspannung zeigt die grüne Leuchtdiode keinen Ausgangsstrom mehr an? Die Leuchtdiode beginnt zu leuchten, wenn die Spannung am Eingang (hier mit R bezeichnet) einen bestimmten Wert überschreitet, den man **Schwellwert** nennt. Wird er unterschritten, erlischt die Leuchtdiode. Die Schwellwerte vom Ein- und Ausschalten sind aber verschieden. Dieses unterschiedliche Verhalten beim Schalten bezeichnet man mit **Hysterese**. Der Schmitt-Trigger, nach seinem Erfinder Schmitt benannt, ist also ein **Schwellwert-Schalter**, der bei bestimmten Eingangsspannungen ein- und ausschaltet. Hier das Schaltsymbol:



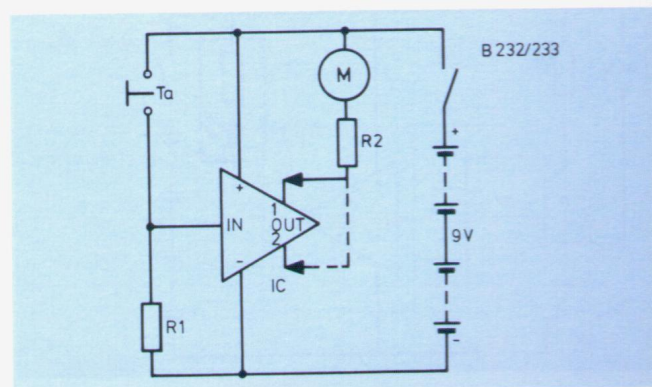
## Maschinensteuerungen

In der Industrie sind für die Bewegungsvorgänge von Maschinen zumeist Motoren eingesetzt. Um eine Steuerung der Fertigungsabläufe zu ermöglichen, müssen die Motoren je nach den Erfordernissen rasch ihre Drehzahl und auch ihre Bewegungsrichtung ändern. Die Steuereinheit dazu kann oft für eine gegebene Reihenfolge programmiert werden, aber auch eine Regelung von Hand ist möglich.

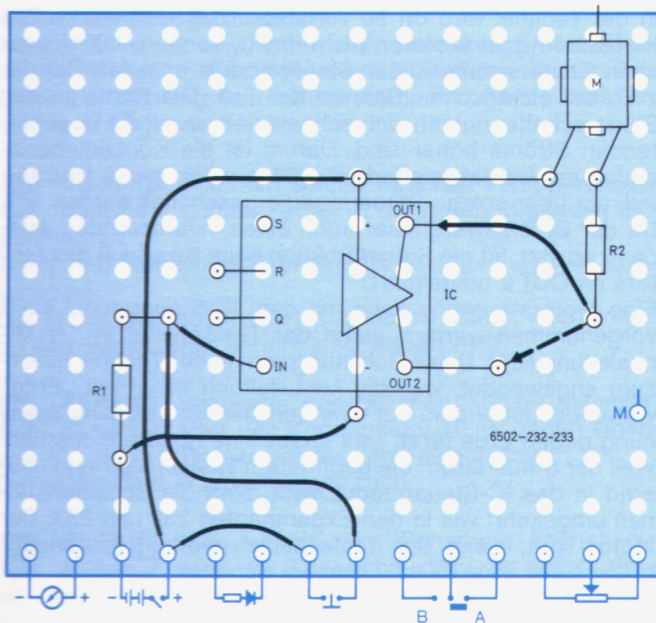
**B 232** Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf (Abb. 72). Schließe den Tastschalter!



72







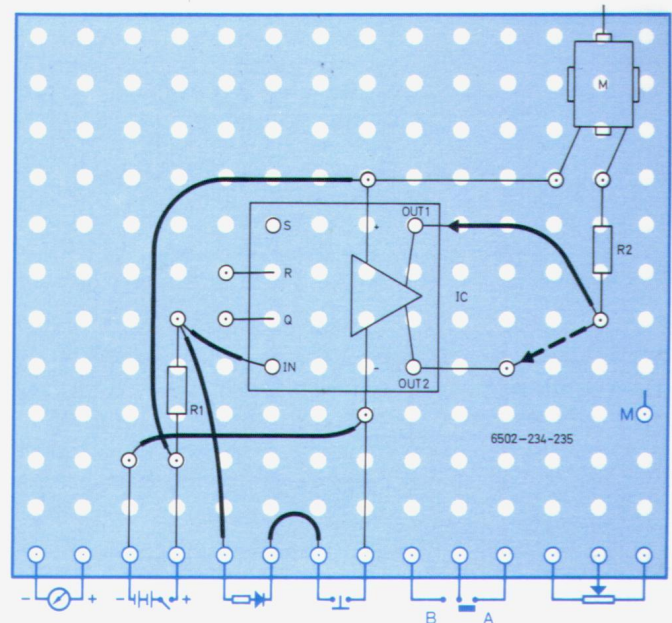
## B 232-233

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
- R2 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)
- M = Motor
- Ta = Taster im Bedienungspult

**B 233** Verwende den Aufbau des vorigen Experiments, schließe aber den Motor an den Ausgang OUT 2 des IC-Steuermoduls.

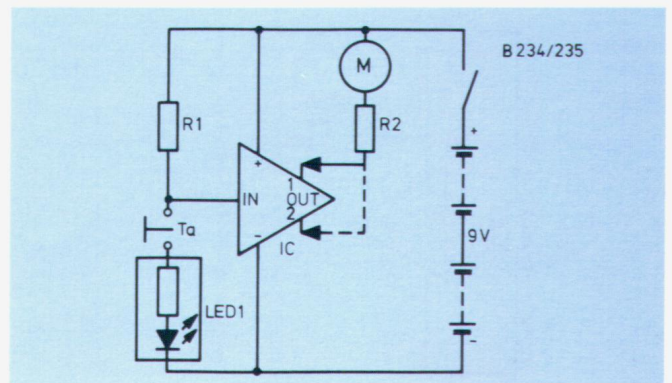
**B 234** Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf. Drücke den Tastschalter.

**B 235** Benutze den Aufbau des vorigen Experiments. Verbinde diesmal den Motor mit dem Anschluß OUT 2 und drücke wieder den Tastschalter! In den Experimenten wurde der Brückenverstärker auf dem IC-Steuermodul eingesetzt. Er verstärkt den Steuerstrom am Eingang so, daß der Motor in Betrieb gesetzt wird. Die grüne Leuchtdiode im Schaltpunkt glimmt nur, sie zeigt also einen schwachen Steuerstrom an.

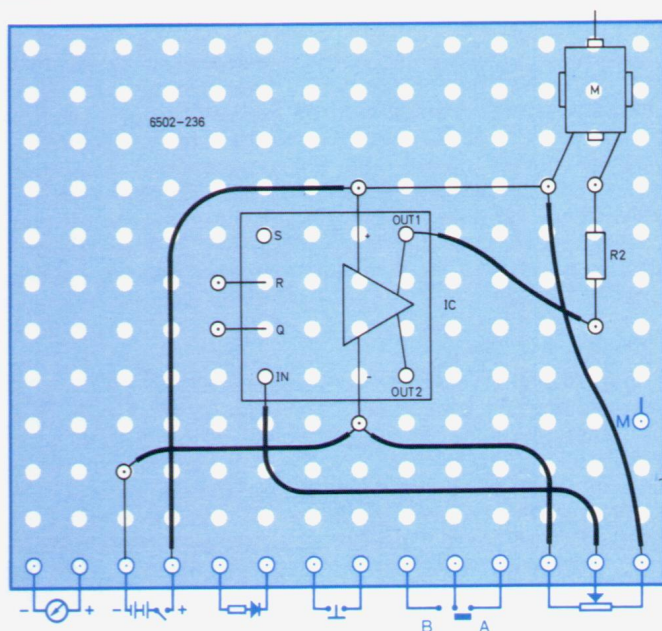


## B 234-235

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- R2 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- M = Motor
- Ta = Taster im Bedienungspult

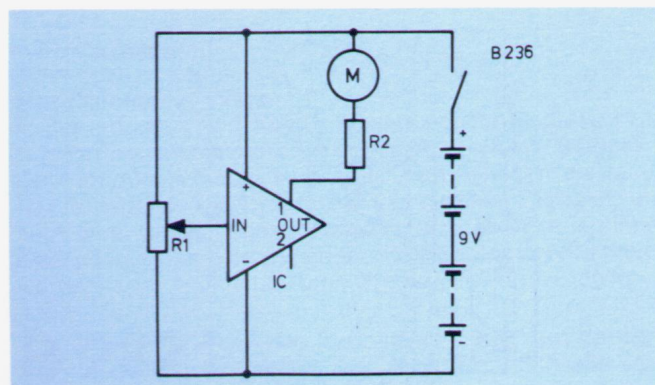






## B 236

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)
- M = Motor



In der Technik wird oft so verfahren, daß man starke Betriebsströme für Motoren nicht direkt, sondern mit schwachen Steuerströmen über Steuermodule schaltet. Das ist z. B. bei elektrischen Bahnen der Fall. Die Kontakte der Steuerschalter nutzen sich schneller ab, wenn die zu schaltenden Ströme höher sind. Darum ist die Kontaktlebensdauer und Betriebssicherheit größer, wenn große Motoren indirekt über solche Steuermodule geschaltet werden.

Da der Brückenverstärker auch einen invertierenden Ausgang besitzt, ist die Steuerfunktion beim Anschluß des Motors an OUT 2 umgekehrt.

Eine Motorsteuerung kann mit dem IC-Steuermodul auch vorgenommen werden, wenn der Tastschalter in der Minusleitung liegt. Diese Schaltung wird in der Technik bevorzugt angewendet, weil die Minusleitung meist mit „Erde“ verbunden ist und so der eine Schalterkontakt keine Spannung gegen Erde führt. Das ergibt eine höhere Sicherheit. Weil der Steuerstrom bei geöffnetem Tastschalter nun dauernd in das IC-Steuermodul fließt, sind die Schaltfunktionen umgekehrt wie in den Experimenten 232 und 233: Der Motor läuft, wenn der Tastschalter geöffnet ist, und er bleibt stehen bei geschlossenem Schalter.

Betreibst du den Motor am Anschluß OUT 2, sind die Steuerwirkungen wieder invertiert.

**B 236** Du kannst eine Drehzahlregelung für den Motor erproben. Baue dazu das Experiment gemäß Verdrahtungsplan auf. Drehe das Potentiometer langsam nach rechts! Untersuche, was geschieht, wenn du das Potentiometer nach links drehst!

Der Motor läuft, wenn das Potentiometer von der Mitte aus nach rechts gedreht wird, und bleibt stehen, wenn sich der Schleifer in der linken Hälfte befindet. Je nach der Stellung des Potentiometers läuft der Motor langsam oder schnell. Die Geschwindigkeitsregelung erfolgt aber nur dann, wenn die Steuerspannung über der halben Betriebsspannung (4,5 V) liegt, also im rechten Bereich des Potentiometers. Diese Besonderheit hängt mit der Schaltung des Brückenverstärkers auf dem IC-Steuermodul zusammen, der hier als einfacher Stromverstärker betrieben wird.



## Ausschalt-Verzögerungen

Manchmal ist es erwünscht, daß eine Anlage nach dem Ausschalten noch eine Weile weiterläuft. So werden oft Gebläse zur Kühlung von heißen Lampen oder Heizstäben verzögert abgeschaltet.

**B 237** Wie man solche Abschalt-Verzögerungen aufbaut, erfährst du in den folgenden Experimenten:

Nach dem Aufbau des Experiments betätige kurz den Tastschalter!

Der Motor läuft noch einen Augenblick weiter, auch wenn du den Tastschalter bereits losgelassen hast.

**B 238** Verwende den gleichen Aufbau, tausche aber den Kondensator  $10\ \mu\text{F}$  gegen einen von  $100\ \mu\text{F}$  aus. Drücke wieder den Tastschalter! Der Motor läuft jetzt viel länger nach.

**B 239** Mit der gleichen Schaltung kannst du auch ein Treppenhauslicht darstellen. Verwende den Aufbau aus dem vorigen Experiment, setze aber anstelle des Motors die Leuchtdiode ein.

Drücke den Tastschalter!

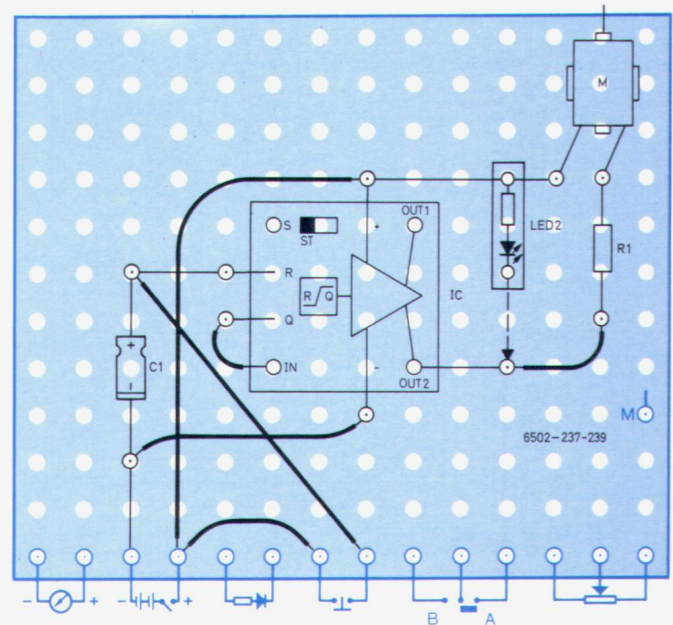
Die Leuchtdiode leuchtet etwa 100 Sekunden nach.

Die Zeitverzögerung hängt von der Größe des Kondensators  $C_1$  ab. Bei geschlossenem Tastschalter wird er geladen. Er entlädt sich nur langsam über das IC-Steuermodul. Solange die Spannung dabei den unteren Schwellwert des Schmitt-Triggers nicht unterschreitet, leuchtet die Leuchtdiode bzw. läuft der Motor nach.

## Rechts-Links-Lauf

In den folgenden Experimenten arbeitest du mit einer Motor-Umsteuerung.

**B 240** Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf. Achte darauf, daß der Motor an die Anschlüsse OUT 1 und OUT 2 des IC-Steuermoduls angeschlossen ist. Stelle das Potentiometer in die Mittellage! Drehe dann das Potentiometer langsam nach rechts und achte auf den Motor! Drehe das Potentiometer langsam nach links bis zum Anschlag. Wie verhält sich der Motor?

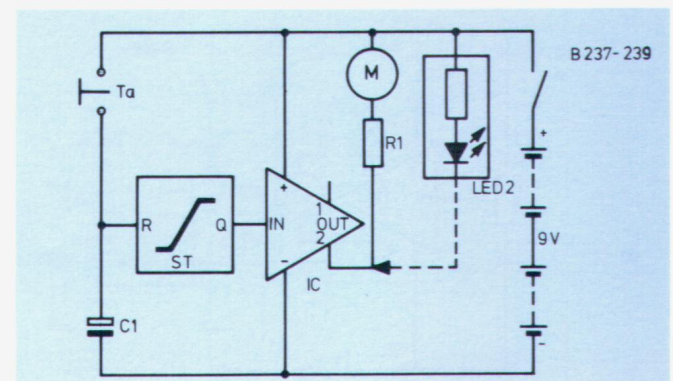


## B 237

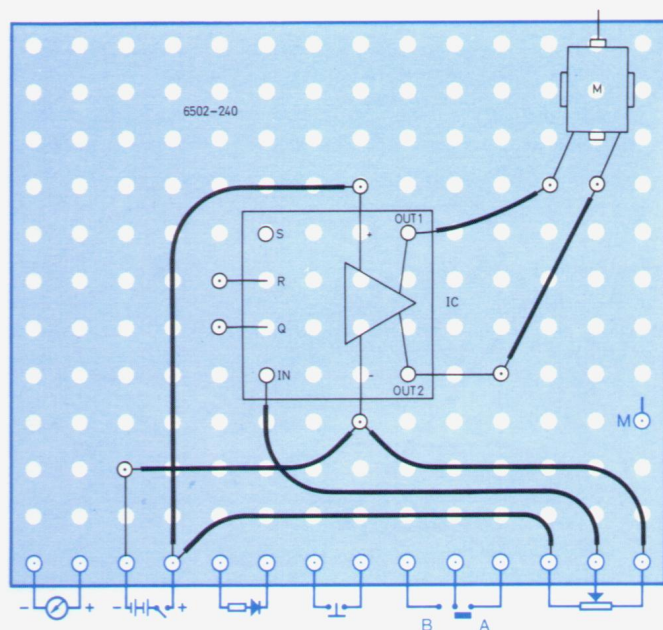
- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator  $10\ \mu\text{F}$
- M = Motor
- Ta = Taster im Bedienungspult

**B 238** C1 = Elektrolyt-Kondensator  $100\ \mu\text{F}$

**B 239** LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand





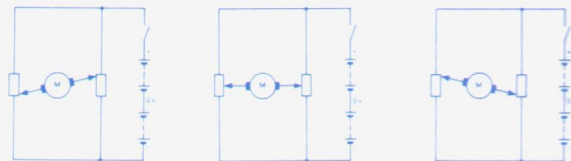


## B 240

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- M = Motor

Bei Mittelstellung des Potentiometers steht der Motor. Er beginnt sich zu drehen, wenn der Schleifer des Potentiometers nach rechts bewegt wird. Dabei nimmt die Drehzahl um so mehr zu, je weiter der Schleifer nach rechts gedreht wird. Am Anschlag ist die Drehzahl am höchsten. Drehtst du von der Mittelstellung aus das Potentiometer entgegengesetzt, läuft auch der Motor andersherum.

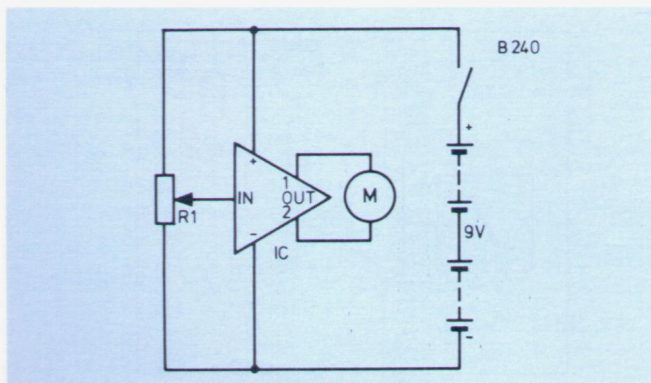
Du kannst also in „Einknopf-Bedienung“ den Motor links oder rechts herum und langsam oder schnell laufen lassen. Der Motor, das IC-Steuermodul und das Potentiometer sind so miteinander verdrahtet, daß die jeweils eingestellten Steuerströme zum Betrieb des Motors verstärkt werden. Der Motor ist an die beiden Ausgänge OUT 1 und OUT 2 angeschlossen. Zwischen ihnen besteht kein Spannungsunterschied, wenn die Steuerspannung der halben Betriebsspannung (4,5 V) entspricht. Das ist der Fall, wenn das Potentiometer in der Mitte steht. Bei höherer oder niedrigerer Steuerspannung am Eingang entsteht an den beiden Ausgängen ein Spannungsunterschied. Er ist um so größer, je weiter die Steuerspannung am Eingang vom Mittelwert abweicht. Dabei führt jeweils ein Ausgang eine höhere Spannung als der andere. Da diese je nach der Potentiometerstellung wechselt, erhält der Motor einmal hohe positive Spannung an einem Anschluß, das andere Mal niedrige Spannung. Weil die Drehrichtung davon abhängt, läßt sich der Motor mit dem Potentiometer umsteuern. Man kann die Ausgänge OUT 1 und OUT 2 des IC-Steuermoduls mit den Potentiometern in den Abbildungen vergleichen.



## Blinklichtanlagen

Wenn eine Gefahr oder ein Alarmzustand angezeigt werden soll, werden oft Blinklichter eingesetzt. Sie erregen die Aufmerksamkeit weit mehr als ein Dauerlicht. Man benutzt Blinklichter in allen Bereichen der Technik. Denke nur an Verkehrsampeln, Baustellen-Warnanlagen, Leuchtf Feuer für Schiffe und Flugzeuge, Fahrtrichtungsanzeiger im Auto und vieles mehr.

Früher benutzte man mechanische Schalter oder Relais, um eine Lampe fortwährend ein- und auszuschalten. Heute steuern elektronische Bauteile die Anlagen. Sie haben keine Kontakte, die verschmoren, und keine beweglichen Teile, die verschleifen. Die elektronischen Blinkanlagen haben eine sehr lange Lebensdauer und sind bis auf die Lampen,





die gelegentlich einmal ausgewechselt werden müssen, praktisch wartungsfrei.  
In den folgenden Experimenten sollst du Modelle von verschiedenen Blinkanlagen kennenlernen.

**B 241** Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf und verwende zunächst den Elektrolytkondensator 10  $\mu\text{F}$ !

**B 242** Tausche danach den Kondensator von 10  $\mu\text{F}$  gegen einen von 100  $\mu\text{F}$  aus.

**B 243** Für einen Wechselblinker benutze beide Leuchtdioden, nämlich die grüne im Bedienungspult und die rote auf der Grundplatte.

**B 244** Tausche den in dem vorigen Experiment benutzten Kondensator 100  $\mu\text{F}$  durch einen von 10  $\mu\text{F}$  aus.

Die Blinkfolge wird in diesen Experimenten durch den Kondensator  $C_1$  bestimmt. Das fortgesetzte Ein- und Ausschalten bewirkt der Schmitt-Trigger in dem IC-Steuermodul.

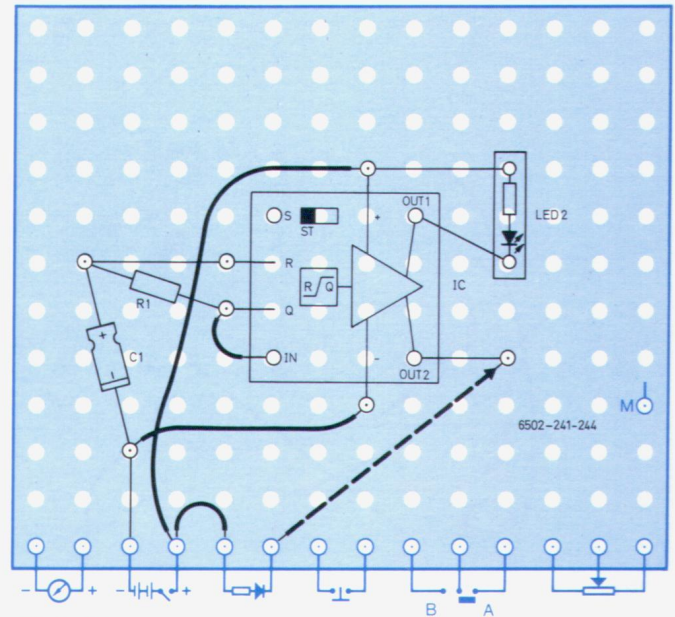
Die Spannung am Eingang R schwankt zwischen dem oberen Schwellwert zum Einschalten des Ausgangs und dem unteren beim Ausschalten. Die auf- und abgleitende Steuerspannung entsteht beim Auf- und Entladen des Kondensators: Beim Einschalten liegt am Ausgang Q Spannung, aber nicht am Eingang R. Über  $R_1$  lädt nun der Kondensator  $C_1$  auf. Dabei überschreitet er schließlich den oberen Schwellwert, und die Spannung am Ausgang springt auf 0 Volt.

Nun entlädt der Kondensator  $C_1$  über  $R_1$  und unterschreitet den unteren Schwellwert. Der Ausgang springt auf die Betriebsspannung, und der Vorgang beginnt von Neuem.

Die Blinkfolge ist langsam, wenn der elektrisch größere Kondensator (100  $\mu\text{F}$ ) eingesetzt ist. Laden und Entladen dauern bei ihm lange. Ein kleinerer Kondensator lädt und entlädt sich schnell, und als Folge davon blinkt die Leuchtdiode in rascher Folge.

In den Experimenten mit einer blinkenden Leuchtdiode ist der Brückenverstärker des IC-Steuermoduls zur Stromverstärkung eingesetzt. Er beeinflusst nicht die Blinkgeschwindigkeit der Leuchtdiode.

Werden zwei blinkende Leuchtdioden verwendet, so werden beide Ausgänge des Brückenverstärkers benutzt. Da sich der Ausgang OUT 2 immer im entgegengesetzten Schaltzustand von OUT 1 befindet, leuchtet die eine LED, während die andere dunkel ist.



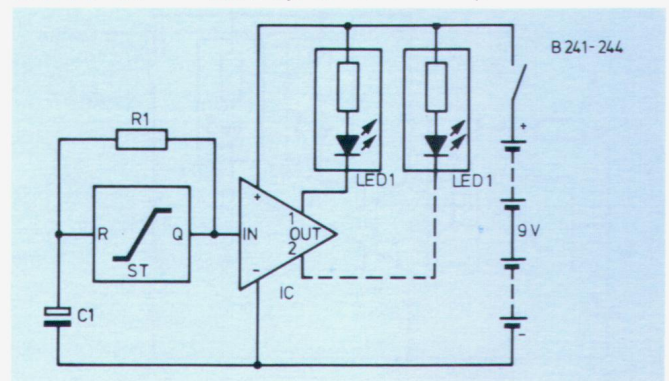
## B 241

- IC = IC-Steuermodul
- $R_1$  = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
- $C_1$  = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu\text{F}$
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

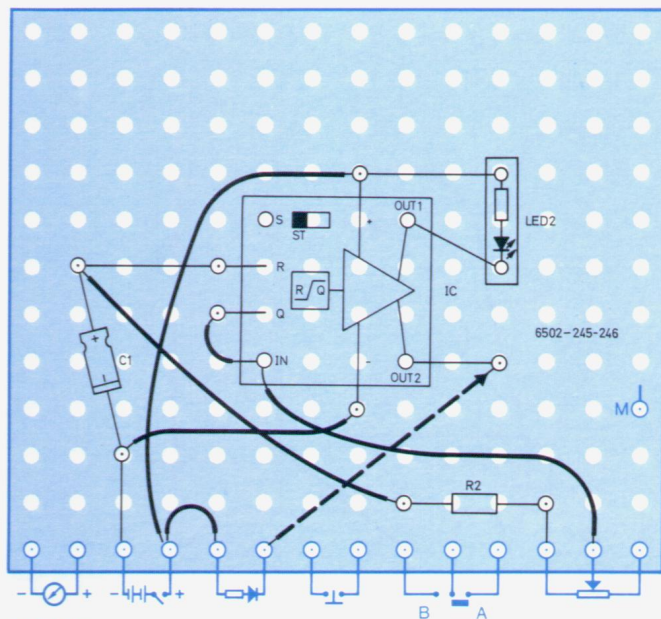
**B 242**  $C_1$  = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu\text{F}$

**B 243** LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult

**B 244**  $C_1$  = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu\text{F}$







## B 245

- IC = IC-Steuermodul  
 R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm  
 R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)  
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

## B 246

- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand  
 im Bedienungspult

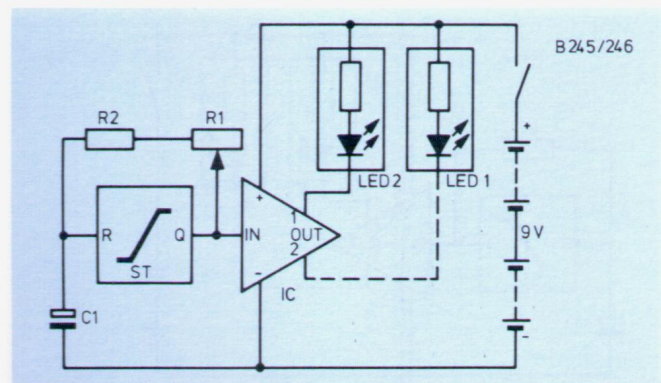
**B 245** In diesem Experiment kannst du eine Blinklichtanlage aufbauen, deren Blinkfolge regelbar ist.

Verwende wieder den Aufbau aus den vorigen Experimenten, füge aber zu dem Widerstand  $R_2$  noch das Potentiometer  $R_1$  ein.

Drehe langsam das Potentiometer hin und her. Beachte die grüne LED im Schaltpult!

**B 246** Erweitere das vorige Experiment zu einem regelbaren Wechselblinker. Du schließt dazu die grüne Leuchtdiode zwischen dem Anschluß OUT 2 des IC-Steuermoduls und der Klemme + an.

Die Schaltungen arbeiten im Prinzip wie die Blinkanlagen mit fester Einstellung der Blinkgeschwindigkeit. Während du aber die Blinkfolge nur durch das Einsetzen verschieden großer Kondensatoren bestimmen kannst, wird hier die stufenlose Geschwindigkeitsregelung mit dem veränderbaren Widerstand (Potentiometer) im Ladekreis des Kondensators vorgenommen. Ein großer Widerstandswert bewirkt ein langsames Laden und Entladen des Kondensators als ein kleiner, und entsprechend blinken die Leuchtdioden langsam oder schnell.



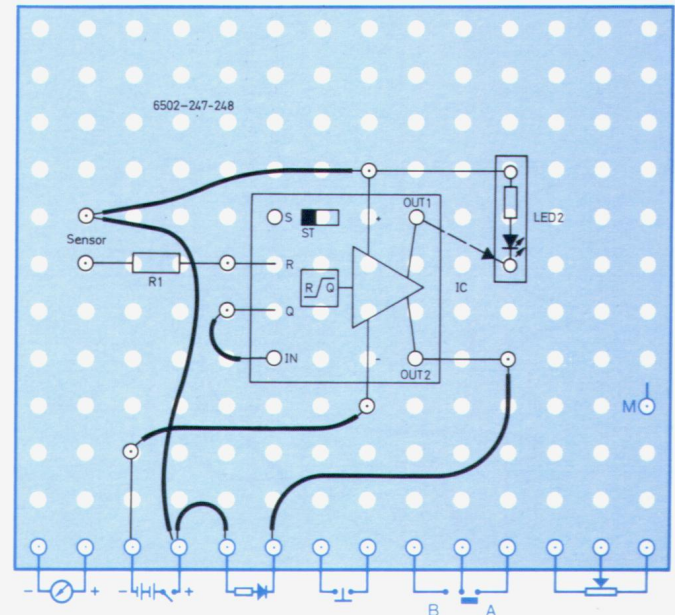


## Sensor-Schaltungen

Sensorschalter, die einen Schaltvorgang auslösen, wenn man sie nur mit dem Finger berührt, sind heute weit verbreitet. So werden z.B. Fernsehkanäle damit geschaltet. Die folgenden Experimente machen dich mit verschiedenen Sensorschaltern bekannt.

**B 247** In diesem Experiment baust du einen Sensorschalter auf. Nach dem Einschalten des Gerätes berühre mit dem Finger den Sensor, das sind die beiden unverbundenen Klemmen. Die Leuchtdiode leuchtet, solange du den Sensor berührst.

**B 248** Mit dem Sensor als Schaltkontakt kannst du auch eine Wechseltaste aufbauen. Verwende den Aufbau aus dem vorigen Experiment, ergänze aber die Schaltung um eine zweite Leuchtdiode. Berühre den Sensor!  
Bei Berührung des Sensors leuchtet die grüne Leuchtdiode, bei offenem Kontakt leuchtet die rote LED.

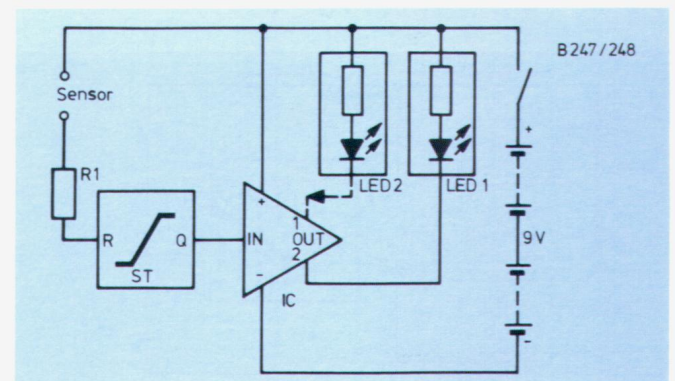


## B 247

IC = IC-Steuermodul  
R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)  
LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult

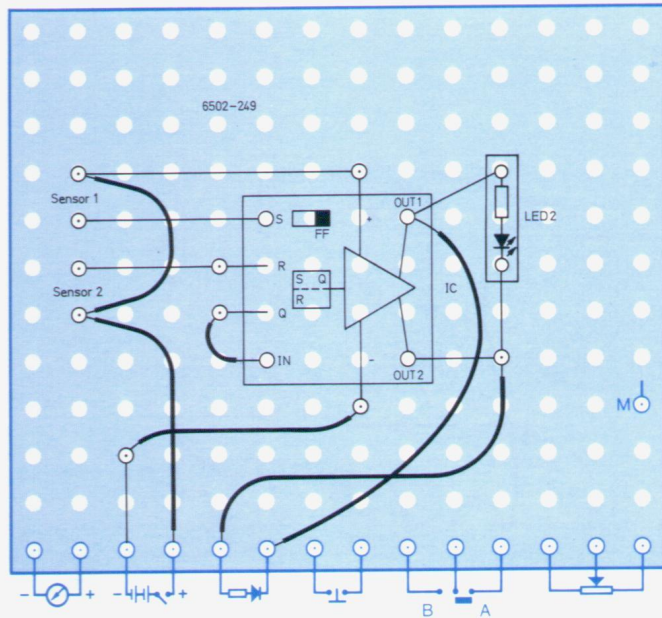
## B 248

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



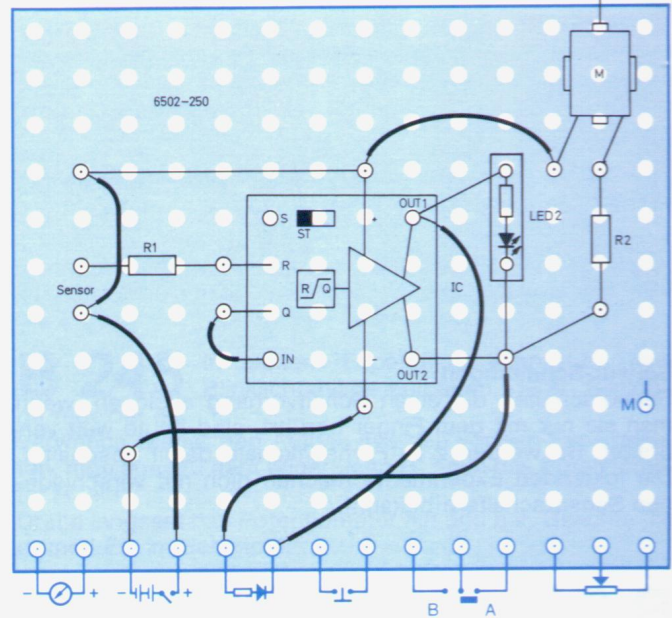


# Steuer- und Regeltechnik



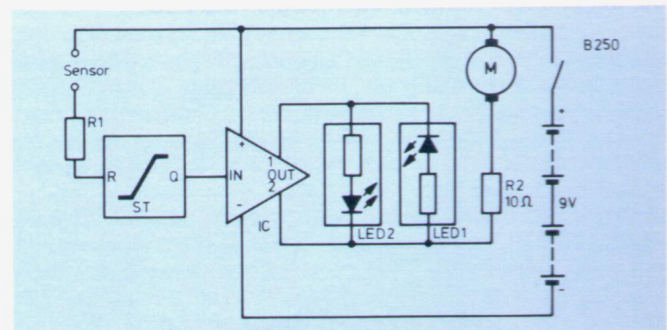
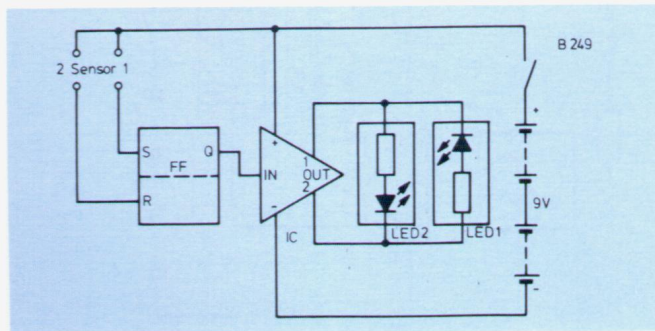
## B 249

IC = IC-Steuermodul  
 LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand  
 im Bedienungspult  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

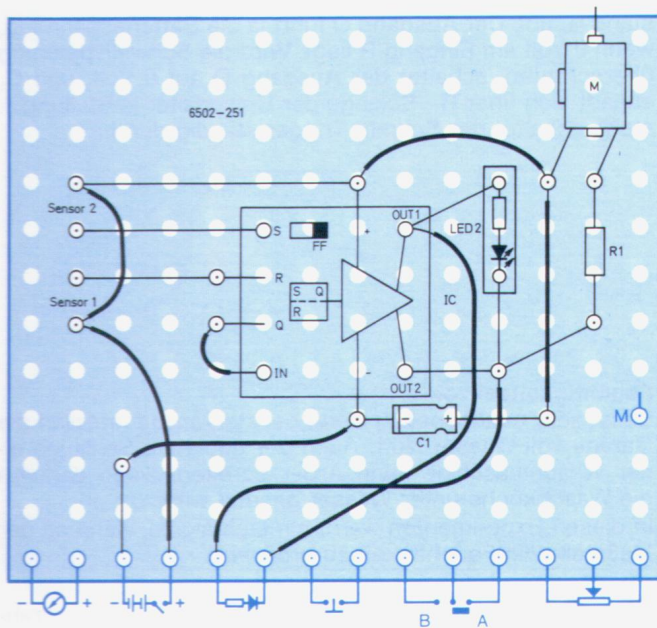


## B 250

IC = IC-Steuermodul  
 R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)  
 R2 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)  
 LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand  
 im Bedienungspult  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand  
 M = Motor

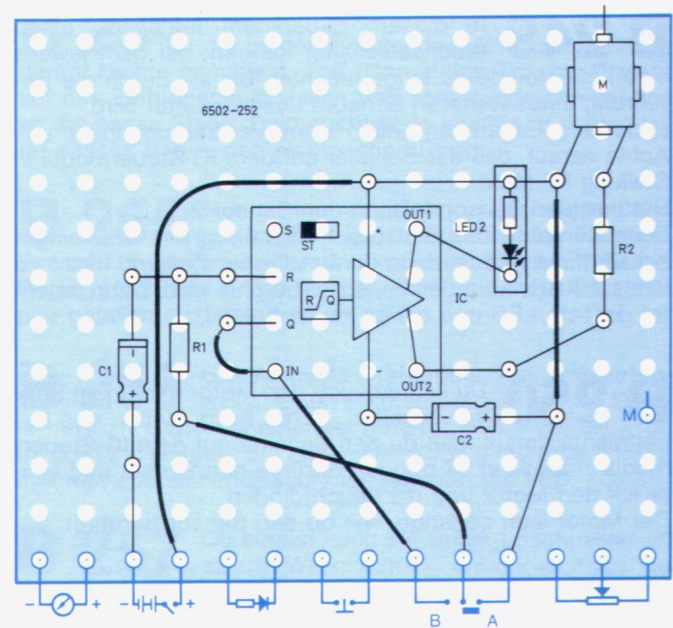
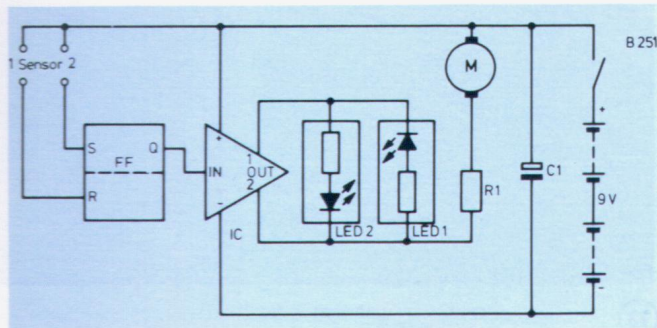






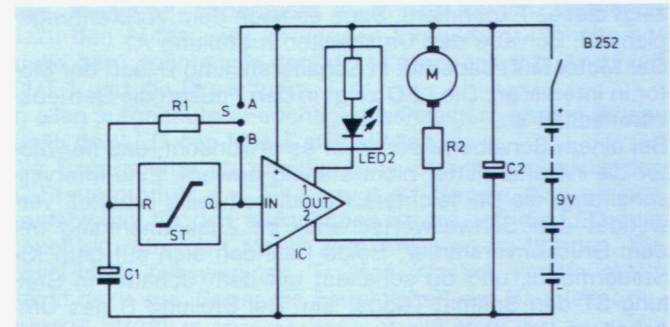
## B 251

- IC = IC-Steuermodul  
 R1 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)  
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F  
 LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand  
 M = Motor



## B 252

- IC = IC-Steuermodul  
 R1 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)  
 R2 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)  
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F  
 C2 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand  
 M = Motor  
 S = Umschalter im Bedienungspult





**B 249** In diesem Experiment lernst du einen Wechselschalter kennen, bei dem jeweils eine Leuchtdiode so lange leuchtet, bis sie durch die Berührung eines weiteren Sensors ausgeschaltet wird. Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf. Achte darauf, daß der Schalter auf dem IC-Steuermodul in Stellung FF steht.

Berühre den Sensor 1, dann den Sensor 2.

Beim Berühren des Sensors 1 wird die grüne LED eingeschaltet, die rote ist dann dunkel. Dieser Zustand bleibt so lange erhalten, bis der Sensor 2 berührt wird. Dann leuchtet die rote LED und die grüne ist dunkel.

**B 250** Du kannst auch den Motor mit einem Sensor schalten. Achte beim Aufbau des Experiments darauf, daß du den Schalter auf dem IC-Steuermodul in Stellung ST bringst. Berühre den Sensor und achte auf den Motor und die Leuchtdioden.

Der Motor läuft so lange, wie du den Sensor berührst.

**B 251** Nun ist es sicher unbequem, den Finger immer so lange auf dem Sensor ruhen zu lassen, wie der Motor laufen soll. Wendest du die elektronische Speicherschaltung (Flip Flop) an, genügt eine kurze Berührung des Sensors 1, und der Motor läuft so lange, bis der Sensor 2 angetippt wird.

Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf. Bringe den Schalter auf dem IC-Steuermodul in die Stellung FF.

Berühre den Sensor 1, dann den Sensor 2. Wie verhalten sich der Motor und die Leuchtdioden?

**B 252** Einen Intervallschalter haben alle modernen Scheibenwischer. Wie er arbeitet, zeigt dieses Experiment. Baue es nach dem Verdrahtungsplan auf. Schiebe den Umschalter in Stellung A.

Der Motor läuft dauernd. In Schalterstellung B läuft der Motor in Intervallen. Die LED zeigt in den Pausen die Betriebsbereitschaft an.

Bei einem Scheibenwischer ist es erwünscht, daß der Motor die Wischerblätter nicht ständig bewegt. Eine Intervallschaltung, die bei leichtem Regen zeitweilig arbeitet, verwendet den Schwellwertschalter im Zusammenhang mit dem Brückenverstärker. Beide befinden sich auf dem IC-Steuermodul, und du schaltest mit dem Schalter in Stellung ST den Schmitt-Trigger ein. Bei Stellung B des Umschalters lädt sich der Kondensator  $C_1$  über den Wider-

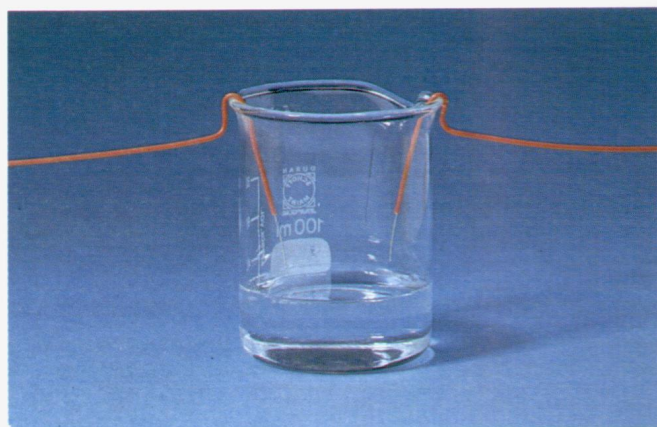
stand  $R_1$  auf. Der Ausgang Q führt ja die Batteriespannung, wenn 0 Volt am Eingang R liegt. Wird die Schwellspannung überschritten, schaltet der Ausgang Q auf 0 Volt, und  $C_1$  entlädt sich über  $R_1$ . Solange der Umschalter in Stellung A steht, schaltet der Schmitt-Trigger ständig durch.

## Feuchtigkeitsanzeiger

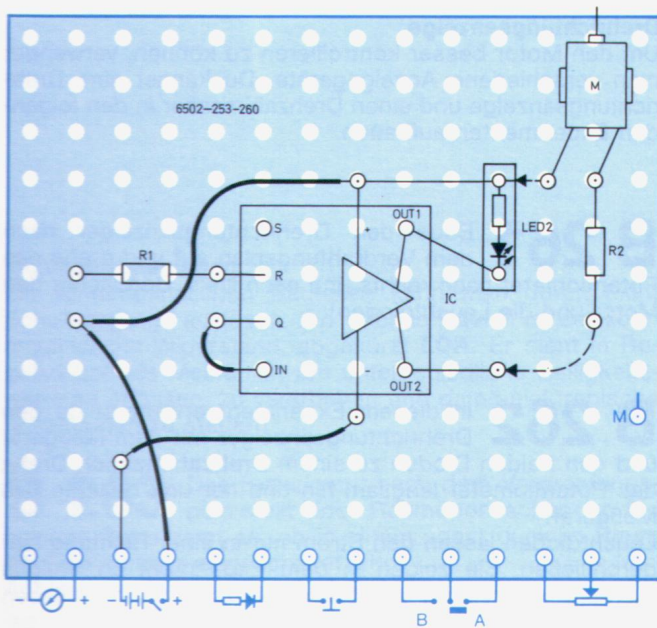
Es ist sehr unangenehm, wenn bei starken Regenfällen die Garage voll Wasser läuft. Auch der geplatzte Schlauch einer Waschmaschine kann Ärger bereiten, wenn dadurch die Waschküche unter Wasser gesetzt wird.

In diesen Experimenten warnt ein Lichtsignal, wenn an der Meßstelle die Feuchtigkeit zu groß wird.

**B 253** Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf. Es zeigt, wie ein Wasserstandsanzeiger funktioniert. Stelle dir dann einen Feuchte-Sensor, einen Wasserfühler her. Er besteht aus zwei blanken Anschlußdrähten von den Klemmen A und B, die du in ein Wasserglas führst. Biege die Drähte so, daß sie am Rand hängen, aber einander nicht berühren. Gieße dann langsam Wasser in das Glas (Abb. 73).





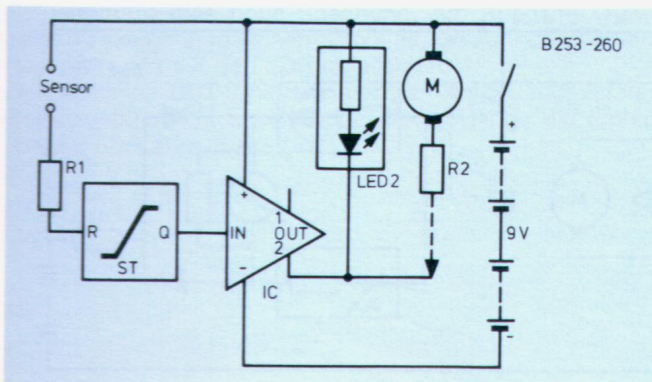


## B 253-259

IC = IC-Steuermodul  
 R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

## B 260

R2 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)  
 M = Motor



**B 254** Nimm ein Stück Zeitungspapier und halte die beiden Drahtenden des Wasserfühlers daran. Nichts geschieht. Laß dann einige Tropfen Wasser auf das Zeitungspapier fallen und halte beide Drahtenden an die nasse Stelle: Die Leuchtdiode leuchtet auf, also leitet nasses Papier den elektrischen Strom.

**B 255** Nun nimm ein Stück Löschpapier und stecke die zwei Drahtenden des Feuchte-Sensors in einiger Entfernung voneinander durch dieses Papier. Nachdem einige Tropfen Wasser auf das Löschpapier gefallen sind, leuchtet die LED.

**B 256** Stecke beide Drahtenden des Wasserfühlers in einen Blumentopf. Die beiden Drähte müssen etwas voneinander entfernt sein. Falls die Erde trocken ist, leuchtet die LED nicht. Sobald die Erde im Blumentopf ausreichend feucht ist, leuchtet die LED.

**B 257** Du kannst auch ein Stück Löschpapier an einem Wäschestück anbringen, das du zum Trocknen aufhängst. Mach es mit einer Wäscheklammer fest. Die LED erlischt, wenn das Wäschestück trocken ist. Statt des Löschpapiers kannst du auch ein Stück Stoff benutzen.

**B 258** Stecke die Drahtenden im Abstand von 1 cm in ein Stück Löschpapier und lege es außen auf die Fensterbank. Die LED zeigt dir dann an, wenn es draußen regnet.

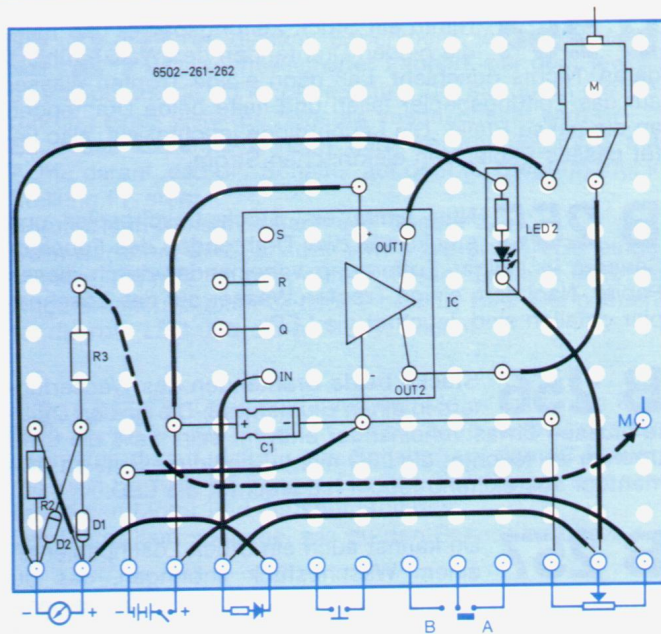
**B 259** Nimm in jede Hand ein Drahtende: Die LED leuchtet auf! Warum wohl?

**B 260** Eine automatische Abpumpanlage soll das Experiment im Prinzip zeigen. Verwende dazu den Aufbau wie im vorigen Experiment. Schalte anstelle der Leuchtdiode den Motor zwischen den Anschluß OUT 1 und die Plusleitung.

In allen aufgebauten Feuchtigkeitsanzeigern kannst du anstelle der LED den Motor anschließen.

Die Experimente nutzen die hohe Stromverstärkung des IC-Steuermoduls aus. Es genügt am Sensor eine geringe Leitfähigkeit für den elektrischen Strom, um die LED zum Leuchten oder den Motor zum Anlaufen zu bringen. Ein Löschblatt, mit wenigen Tropfen Wasser angefeuchtet, reicht dazu aus. Sogar die Feuchtigkeit der Haut leitet genügend Strom.





## B 261-262

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)
- R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand
- M = Motor

## Drehrichtungsanzeige

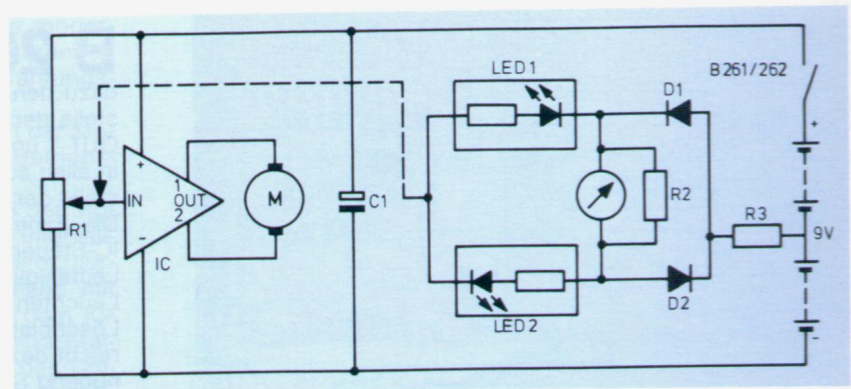
Um den Motor besser kontrollieren zu können, verwendet man verschiedene Anzeigegeräte. Du kannst eine Drehrichtungsanzeige und einen Drehzahlmesser in den folgenden Experimenten aufbauen.

**B 261** Baue den Drehrichtungsanzeiger nach dem Verdrahtungsplan auf und drehe das Potentiometer nach rechts und nach links. Beobachte den Motor und die Leuchtdioden!

**B 262** In diesem Experiment erweiterst du den Drehrichtungsanzeiger mit dem Meßgerät und den beiden Dioden zu einem **Drehzahlmesser**. Drehe das Potentiometer langsam hin und her und beachte das Meßgerät!

Leuchtdioden lassen den Strom nur in einer Richtung hindurchfließen. Sie zeigen in dem Experiment an, welche Richtung der Strom zwischen den beiden Anschlüssen OUT 1 und OUT 2 hat. Die Dioden sind gegenseitig geschaltet, so daß jeweils eine Diode leuchtet, wenn sie in Durchlaßrichtung geschaltet ist. Da die Drehrichtung des Motors von der Stromrichtung abhängt, gibt die eine LED Rechtslauf und die andere Linkslauf an.

Die Drehzahl des Motors wird durch die Spannung bestimmt. Du kannst also am Meßgerät ablesen, wie schnell der Motor läuft, z. B. mit höchster Drehzahl, mit halber oder einem Viertel der Höchstgeschwindigkeit.





## Lichtkontrollanlagen

Mit lichtempfindlichen Bauteilen kann man durch Licht Schaltvorgänge auslösen. Ein solches Bauteil ist der lichtempfindliche Widerstand, abgekürzt **LDR**. Er dient in Regelkreisen als Meßfühler, um unterschiedliche Helligkeitswerte zu erfassen, zu verarbeiten und damit elektronische Schaltungen zu steuern.

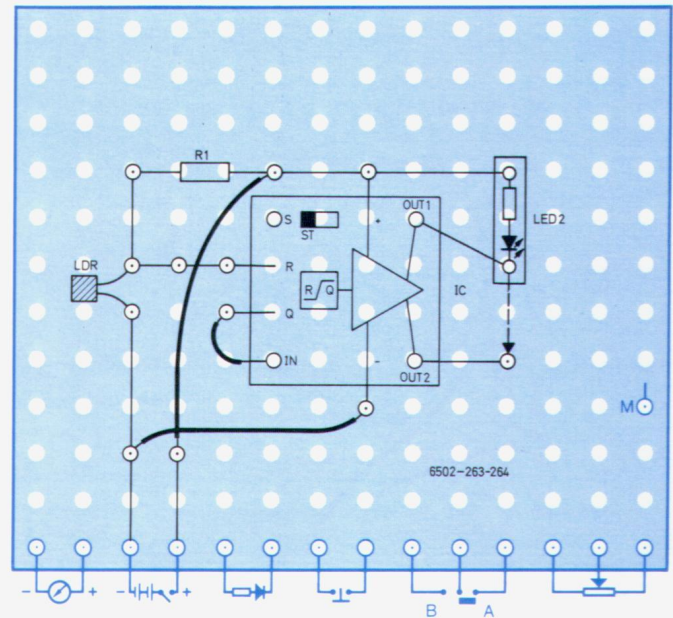
**B 263** Das Experiment nach dem Verdrahtungsplan stellt einen Raumüberwacher dar. Ein solches Gerät zeigt an, ob in einem sonst dunklen Raum die Beleuchtung eingeschaltet wird. Achte beim Aufbau darauf, daß der Schalter auf dem IC-Steuermodul ST steht. Decke den LDR wiederholt auf und ab. Wann leuchtet die Leuchtdiode?

**B 264** In diesem Experiment erfährst du, wie ein automatisches Notlicht arbeitet. Es schaltet sich ein, wenn das Licht in einem Raum plötzlich ausfällt.

Verwende den Aufbau aus dem vorigen Experiment, schließe aber die Leuchtdioden an den Anschluß OUT 2 des IC-Steuermoduls an. Decke den LDR ab!

Fällt Licht auf den LDR, so verringert sich sein Widerstand auf einen kleinen Wert. Dann liegen am Anschluß IN des IC-Steuermoduls eine hohe Spannung. Am Ausgang OUT 1 zeigt die Leuchtdiode einen Strom an. Du kannst so erkennen, daß Licht auf den LDR gefallen ist.

Der Anschluß OUT 2 führt immer den entgegengesetzten Schaltzustand. Die Leuchtdiode gibt so lange ein Signal, wie der LDR abgedunkelt ist.



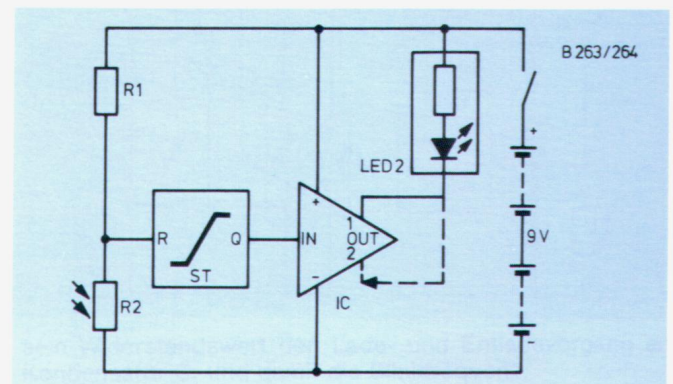
## B 263-264

IC = IC-Steuermodul

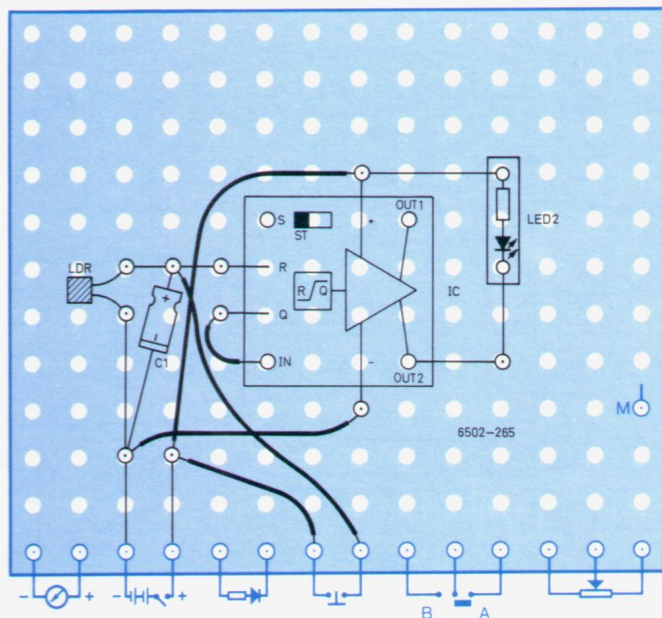
R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)

R2 = LDR

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

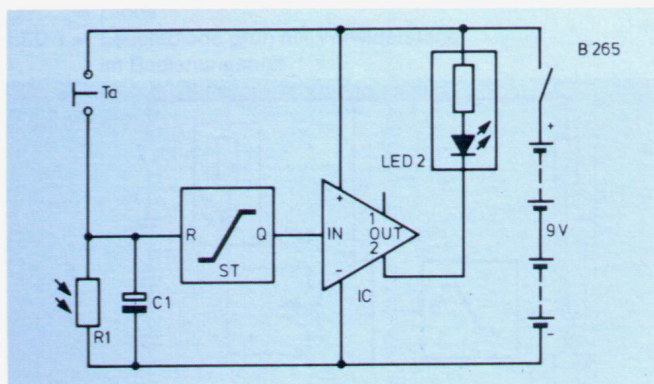






## B 265

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = LDR
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand
- Ta = Taster im Bedienungspult



## Belichtungszeitschalter

Belichtungsschalter verwendet man in Fotolabors beim Herstellen von Vergrößerungen. Je nach Helligkeit des Negativs muß kurz oder lang belichtet werden. Die automatische Steuerung übernimmt ein Lichtfühler, der LDR.

**B 265** Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf! Stelle den Schalter auf dem IC-Steuermodul auf ST. Laß helles Licht auf den LDR fallen und drücke kurz den Tastschalter!

Setze das Experiment fort, indem du den LDR abdunkelst. Je nach Lichteinfall leuchtet die grüne LED im Bedienungspult verschieden lange. Sie leuchtet kurz bei hellem Licht und lange bei schwachem.

Die Belichtungszeit wird durch die Zeit bestimmt, während der sich der Kondensator C<sub>1</sub> über den LDR entlädt. Da der LDR je nach Lichteinfall seinen Widerstand ändert, ist auch die Entladezeit hiervon abhängig. Helles Licht ergibt kurze, schwaches Licht lange Belichtungszeiten.

## B 266 Licht-Warnanlagen

Helligkeitsgesteuerte Warnanlagen werden überall dort eingesetzt, wo Licht schädlich ist, z. B. zur Sicherung eines Fotolabors. Solange der Raum beim Entwickeln von Fotos dunkel ist, blinkt vor dem Eingang ein Warnlicht. Wenn das Labor hell ist, zeigt dies die grüne LED mit Dauerlicht an und gibt den Weg frei.

Beim Aufbau dieses Experiments mußt du wieder beachten, daß der Schalter auf dem IC-Steuermodul auf ST gestellt ist.

Dunkle den LDR nach dem Aufbau ab.

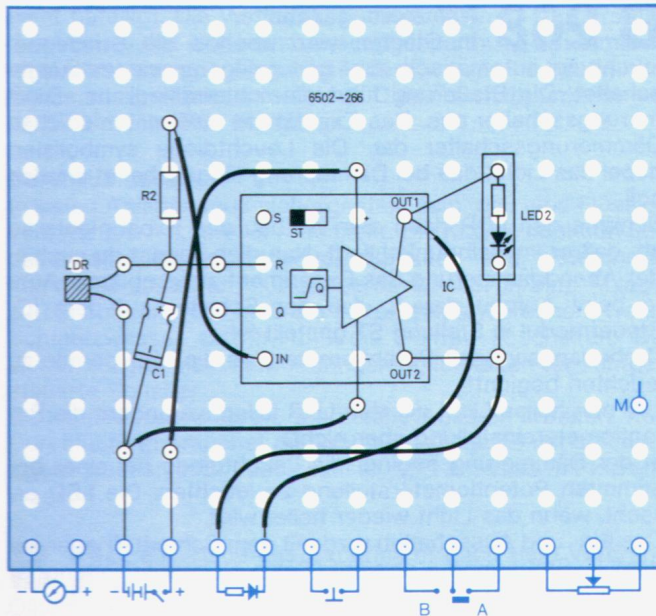
**B 267** Dieses Experiment zeigt, wie eine lichtgesteuerte Blinkanlage arbeitet. Solche Anlagen werden überall dort eingesetzt, wo im Verlauf der Fertigung die Lichtdurchlässigkeit eines Stoffes, z. B. Papier oder Glas, überwacht werden muß.

Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf und dunkle den LDR langsam mit deiner Hand ab. Achte auf die Leuchtdioden.

Die Blinkfrequenz ändert sich in Abhängigkeit zur Helligkeit.

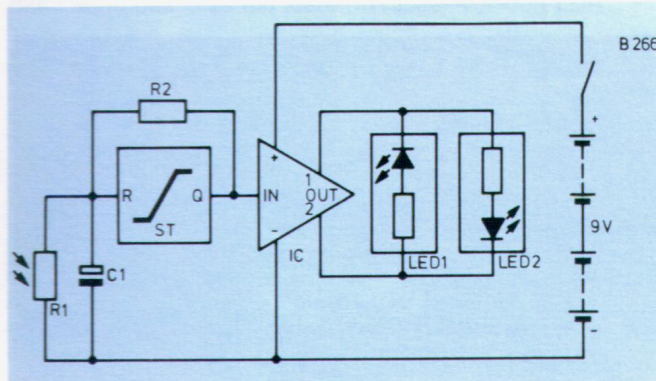
In den Experimenten wird der Schmitt-Trigger mit in die Schaltung einbezogen, und man erhält lichtgesteuerte Wechselblinker. Ist der LDR vom Eingang R gegen die Minusleitung gelegt (Exp. 266), so ist er bei Dunkelheit unwirksam, weil sein Widerstand sehr groß ist. Dann blinken die Leuchtdioden. Fällt Licht auf den LDR, ist sein Widerstand niedrig. Dadurch wird verhindert, daß sich der Kon-



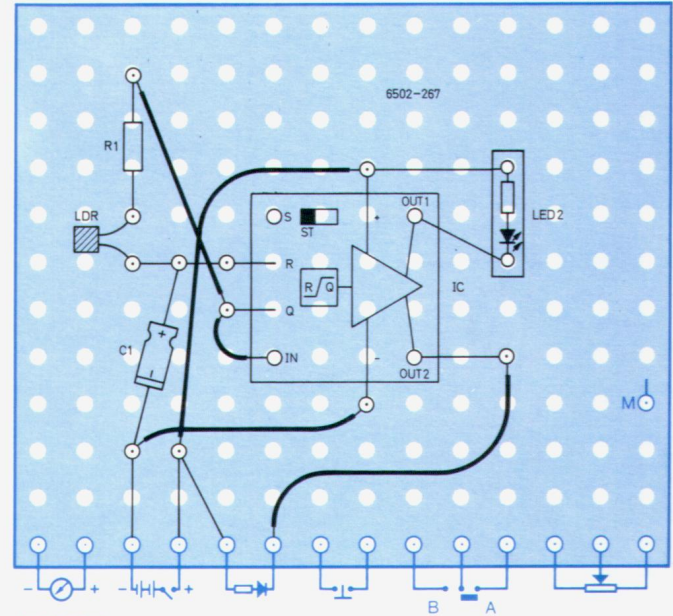


## B 266

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = LDR
- R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

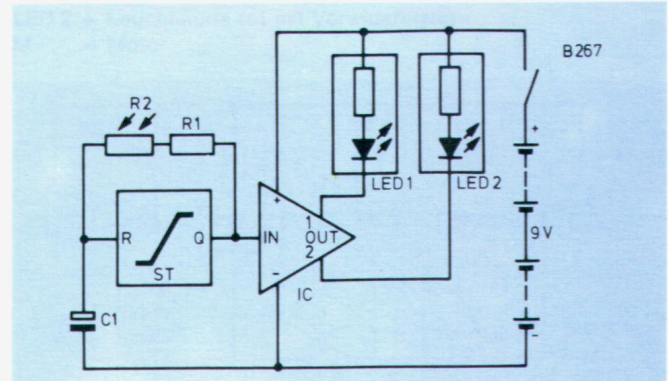


denkondensator auflädt. Es kann kein Schaltvorgang stattfinden, die grüne LED leuchtet dauernd. Liegt der LDR zwischen R und Q (Exp. 267), so bestimmt



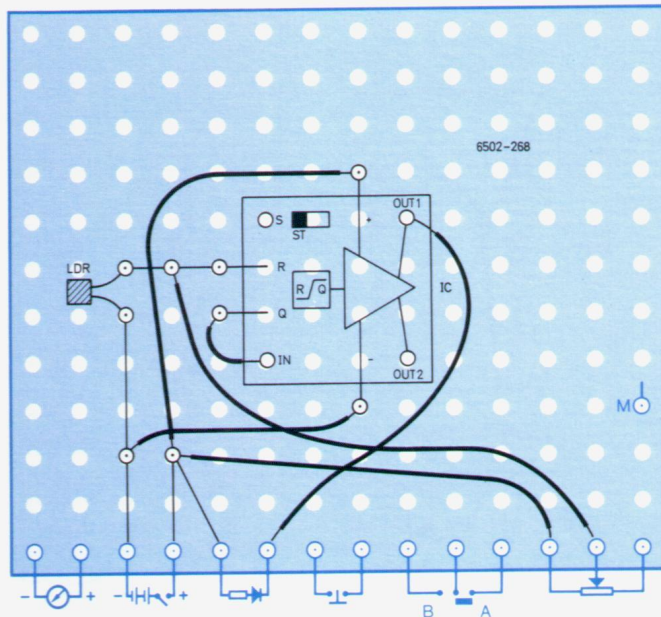
## B 267

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)
- R2 = LDR
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



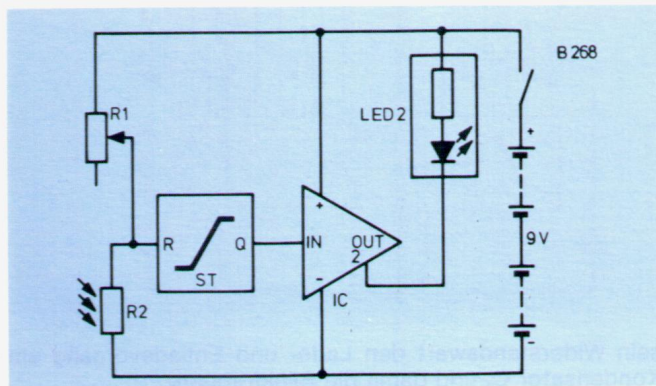
sein Widerstandswert den Lade- und Entladevorgang am Kondensator C<sub>1</sub> und damit die Blinkfrequenz.





## B 268

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- R2 = LDR
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand



## B 268 Dämmerungsschalter

In Städten wird abends die Straßenbeleuchtung automatisch ein- und morgens wieder ausgeschaltet. Die Steuerung führt ein lichtempfindlicher Dämmerungsschalter aus. Das Experiment stellt einen solchen Dämmerungsschalter dar. Die Leuchtdiode symbolisiert dabei das Licht, das bei Dämmerung eingeschaltet werden soll.

Schirme den LDR nach dem Aufbau des Experiments so ab, daß er im Halbdunkel liegt. Natürlich kannst du auch in der Abenddämmerung das Experiment ausprobieren. Achte beim Aufbau darauf, daß der Schalter auf dem IC-Steuermodul in Stellung ST gestellt ist.

Drehe langsam das Potentiometer, bis die LED gerade zu leuchten beginnt!

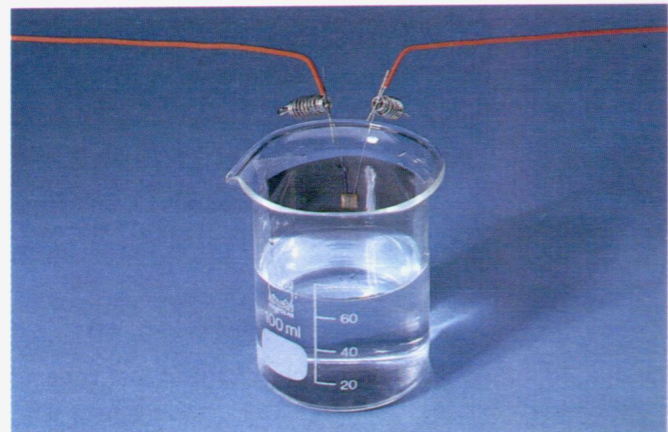
Laß nun helles Licht auf den LDR fallen, verändere die Potentiometereinstellung aber nicht!

In der Dämmerung beginnt die Leuchtdiode bei einer bestimmten Potentiometerstellung zu leuchten. Die LED erlischt, wenn das Licht wieder heller wird.

Das Ein- und Ausschalten wird mit dem Schmitt-Trigger auf dem IC-Steuermodul erreicht. Seine Schwellspannung ist durch den Spannungsteiler am Eingang R eingestellt.

Erhöht der LDR mit dem Lichteinfall seinen Widerstand, verschiebt er damit die Spannung an R nach höheren Werten. Beim Überschreiten der Schwellspannung kippt der Schmitt-Trigger schlagartig den Spannungszustand seines Ausgangs Q um, und die LED leuchtet.

Wird umgekehrt die Schwellspannung unterschritten, springt die Spannung an Q wieder zurück, und die LED erlischt. Der Verstärker auf dem IC-Steuermodul verstärkt lediglich die Eingangsspannungen. Er ist an den Schaltvorgängen





nicht beteiligt. Die Verwendung eines Schmitt-Triggers hat den Vorteil, daß sich seine Ausgangsspannung bei allmählicher Dämmerung schlagartig ändert, wenn eine bestimmte Beleuchtungsstärke erreicht ist. Dieser Schalterpunkt ist mit dem Potentiometer einstellbar.

## Durchflußmesser

In vielen Anlagen muß sichergestellt sein, daß eine Flüssigkeit, wie z. B. Öl, fortwährend fließt. Die Kontrollfunktion übt dabei ein lichtempfindlicher Schalter aus. Manchmal kommt es darauf an, nur sauberes Wasser in eine Anlage zu bekommen. Hier muß die Automatik ansprechen, wenn Schmutzwasser auftritt, und die Pumpe abschalten. Du siehst, es gibt viele Anwendungsmöglichkeiten für lichtgesteuerte Schalter.

Du kannst ausprobieren, wie solche Anlagen arbeiten. Zur Durchführung brauchst du noch ein Glasgefäß mit schmutzigem Wasser, z.B. Tuschwasser, und ein Glas mit klarem Wasser.

**B 269** Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf. Es zeigt das Prinzip einer Ölkontrollanlage. Die Leuchtdioden sollen die Anzeigen, der Motor eine Pumpe symbolisieren.

Achte beim Aufbau darauf, daß der Schalter auf dem IC-Steuermodul auf ST gestellt ist.

Halte das Glas mit der dunklen Flüssigkeit vor den LDR. Hierbei mußst du die Seiten mit Pappe abdunkeln, wenn das Glas sehr schmal ist.

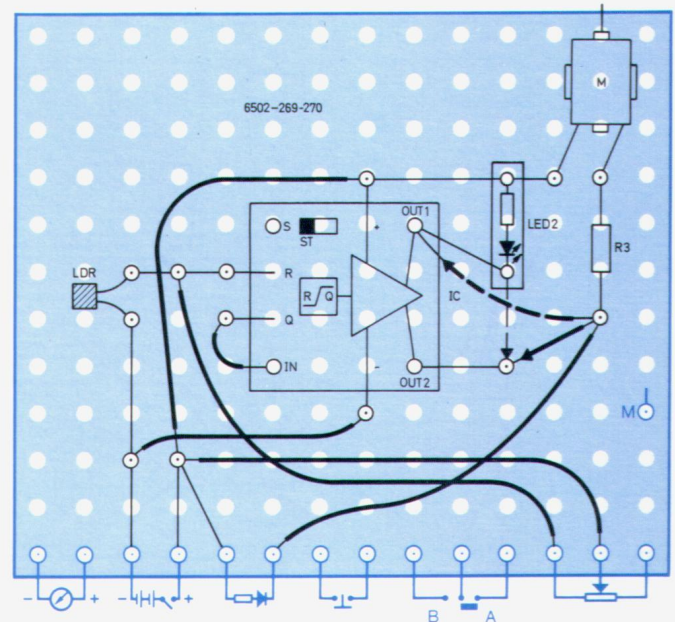
Drehe gleichzeitig das Potentiometer langsam hin und her, bis der Motor gerade anläuft!

Halte dann das Glas mit klarem Wasser vor den LDR!

**B 270** Verfahre wie in dem vorigen Experiment, vertausche aber die Anschlüsse OUT 1 und OUT 2!

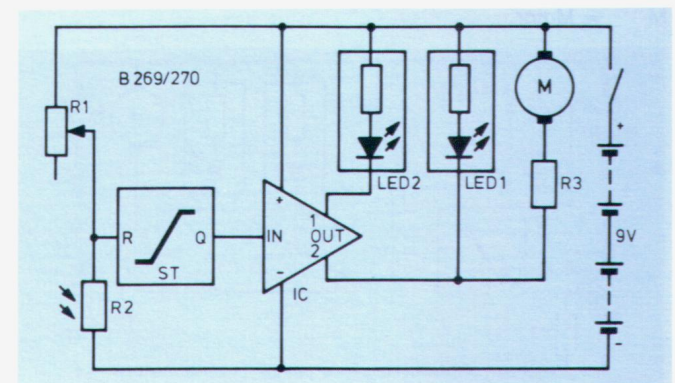
Solange der LDR durch die Flüssigkeit abgedunkelt ist, zeigt die grüne Leuchtdiode an, daß alles in Ordnung ist. Der Motor läuft. Klares Wasser dagegen läßt so viel Licht hindurch, daß der LDR seinen Widerstand erheblich verringert und der Schwellwert des Schmitt-Triggers erreicht wird.

Die grüne Leuchtdiode erlischt, der Motor bleibt stehen, und die rote LED warnt. Legt man wie in Experiment B 270 die rote Leuchtdiode an OUT 2 und den Motor und die grüne LED an OUT 1, kehren sich die Funktionen um: Bei klarem Wasser vor dem LDR läuft der Motor. Er bleibt stehen bei Schmutzwasser, und gleichzeitig gibt die Leuchtdiode ein Warnsignal.

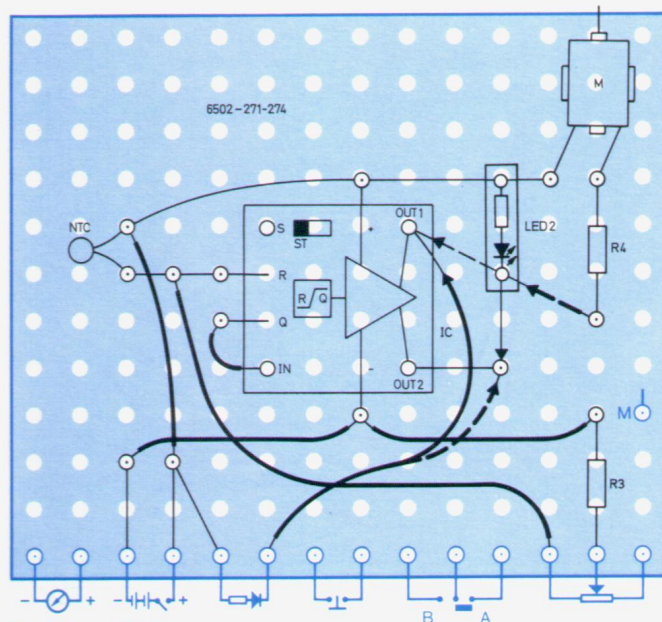


## B 269-270

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- R2 = LDR
- R3 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand
- M = Motor







## B 271-272

IC = IC-Steuermodul

R1 = NTC

R2 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm

R3 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)

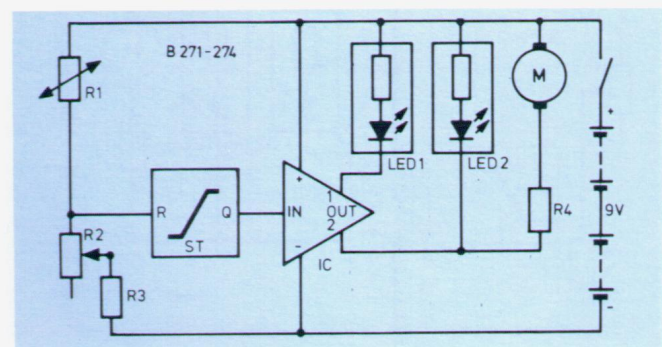
LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult

LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

## B 273-274

R4 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)

M = Motor



## Temperaturwächter

In jedem Haushalt ist es heute fast selbstverständlich, verschiedene Lebensmittel tiefgefroren in einer Kühltruhe oder einem Gefrierschrank aufzubewahren. Dazu ist es unerlässlich, daß die Temperatur mindestens  $-18^{\circ}$  beträgt. Durch technische Defekte oder durch kurzfristigen Stromausfall kann es vorkommen, daß die Temperatur im Kühlgerät ansteigt und die gelagerten Lebensmittel antauen. Wenn diese Speisen danach erneut eingefroren werden, kann das sehr unangenehme Folgen haben, im schlimmsten Falle eine Lebensmittelvergiftung.

**B 271** Baue das Experiment nach Verdrahtungsplan ohne Motor auf. Es stellt eine Temperatur-Warnanlage dar. Dann drehe langsam am Potentiometer, bis die rote Leuchtdiode gerade erlischt. Die grüne LED im Schaltplan beginnt zu leuchten und zeigt an, daß die Temperatur tief genug ist. Erwärme mit der Hand den NTC. Die grüne LED erlischt, und die rote LED zeigt an, daß die Temperatur zu hoch ist. Die Verhältnisse kehren sich wieder um, wenn der NTC sich abkühlt.

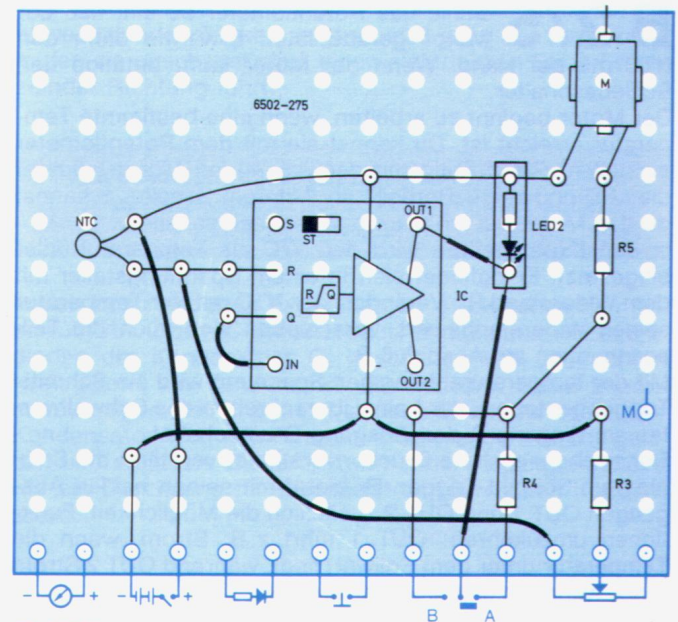
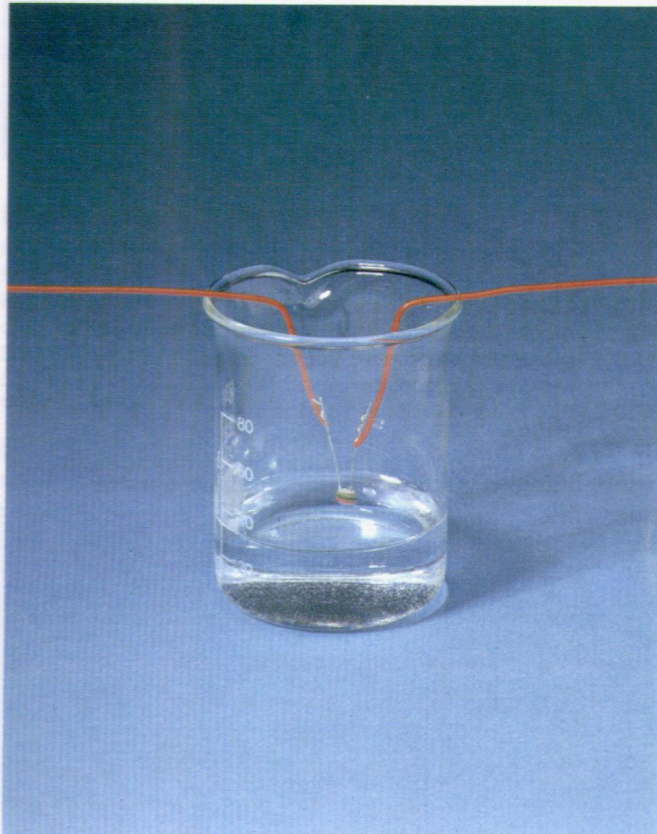
**B 272** Wie eine Anlage arbeitet, die das Absinken der Temperatur unter einen gegebenen Wert anzeigt, erfährst du, wenn du die Leuchtdioden an den Ausgängen OUT 1 und OUT 2 umtauschst. Stelle dir einen Temperaturfühler her, indem du den NTC an zwei Drähte klemmst. Hänge den NTC so über den Rand eines Gefäßes mit warmem Wasser, daß er gerade in das Wasser eintaucht. Stelle mit dem Potentiometer den Punkt ein, an dem die rote LED gerade erlischt. Wenn das Wasser langsam abkühlt und die mit dem Potentiometer eingestellte Temperatur unterschreitet, beginnt die rote LED zu warnen.

**B 273** Das Prinzip einer Klimaanlage zeigt dieses Experiment nach Verdrahtungsplan B 271. Baue zusätzlich den Motor ein und schließe ihn mit der roten LED an OUT 2. Die grüne LED liegt an OUT 1. Halte den NTC mit zwei Drähten vor den Ventilator. Schiebe den Schalter auf dem IC-Steuermodul in Stellung ST. Drehe das Potentiometer, bis die grüne Leuchtdiode gerade leuchtet. Dann darf der Motor nicht laufen. Erwärme den NTC mit der Hand.



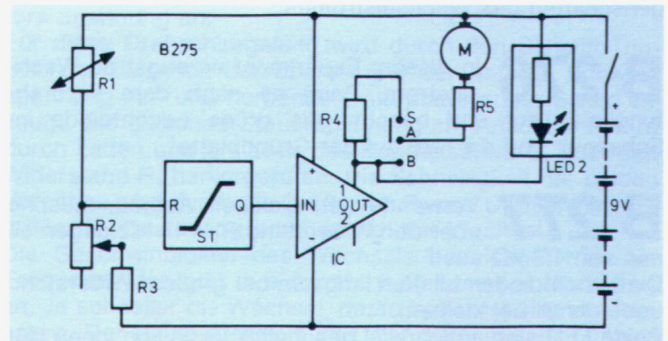
Der Ventilator beginnt zu laufen und bläst Luft gegen den NTC. Jetzt kühlt der NTC ab, und der Ventilator bleibt stehen. Die grüne Leuchtdiode leuchtet und zeigt Betriebsbereitschaft an.

**B 274** Verwende den Aufbau des vorigen Experiments, vertausche aber die Drähte an den Anschlüssen OUT 1 und OUT 2. Die Funktionen sind nun umgekehrt.  
Das Potentiometer muß so eingestellt werden, daß der Motor gerade läuft. Erwärmst du den NTC mit der Hand, stoppt der Ventilator, und die Leuchtdiode zeigt an, daß die gewünschte Temperatur erreicht ist. Kühlt der NTC ab, beginnt der Motor wieder zu laufen.



## B 275

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = NTC
- R2 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- R3 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)
- R4 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
- R5 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand
- M = Motor
- Ta = Taster im Bedienungspult
- S = Umschalter im Bedienungspult





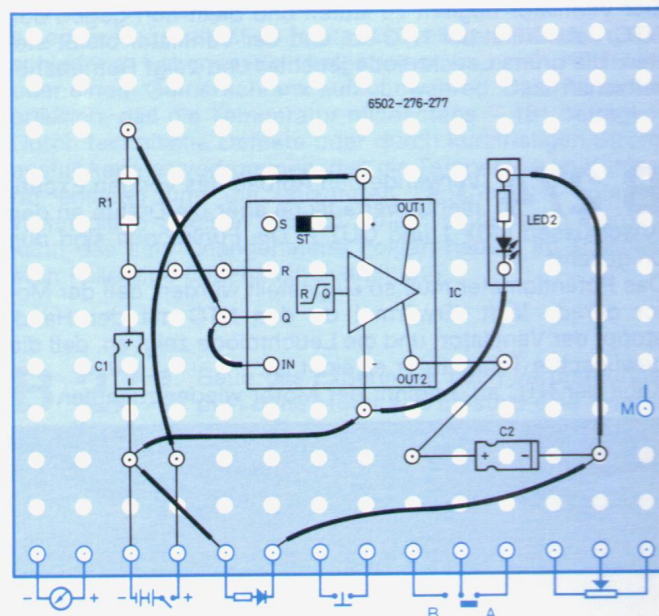
**B 275** Stelle das Potentiometer so ein, daß der Motor gerade läuft. Erwärme dann den NTC mit der Hand. Wenn der Motor läuft, betätige den Schiebeschalter.

Der Motor beginnt zu arbeiten, wenn eine bestimmte Temperatur erreicht ist. Du kannst sie mit dem Potentiometer einstellen. Gleichzeitig mit dem laufenden Motor leuchtet die LED und zeigt „Betrieb“ an. Mit dem Schalter S kannst du den Motor auf langsam oder schnell schalten.

In den Experimenten wird der NTC als Temperaturfühler eingesetzt. Er befindet sich in einem Spannungsteiler mit dem Widerstand  $R_2$ . Verändert der NTC mit der Temperatur seinen Widerstandswert, verschieben sich auch die Teilspannungen am Anschluß R.

Mit der temperaturabhängigen Spannung wird ein Schmitt-Trigger gesteuert, der beim Überschreiten des Schwellwertes am Eingang R den Ausgang Q umschaltet.

Der nachgeschaltete Brückenverstärker verstärkt die Ströme vom Schmitt-Trigger. Er bietet mit seinen beiden Ausgängen OUT 1 und OUT 2 zusätzlich die Möglichkeit, Funktionen umzukehren: OUT 1 führt z.B. Strom, wenn die Temperatur unter dem Sollwert liegt, während OUT 2 Strom führt, wenn sie sich darüber befindet.

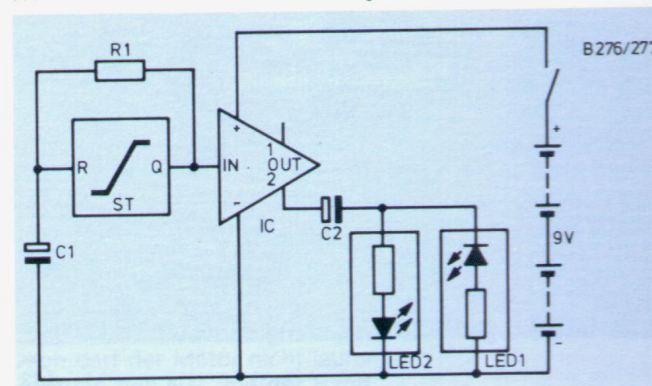


## B 276

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F
- C2 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

## B 277

- R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)



## Wechselstrom und Stromimpulse

Batterien erzeugen Gleichstrom, die Elektronen fließen immer in der gleichen Richtung. In der Technik und im Haushalt verwendet man aber am meisten Wechselstrom.

Die im folgenden beschriebenen Experimente zeigen Eigenschaften des Wechselstromes.

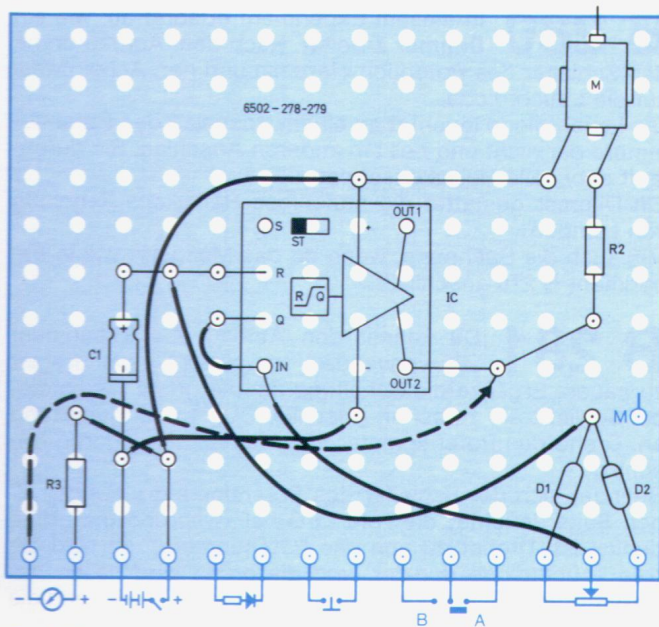
**B 276** In diesem Experiment erzeugst du Wechselstrom. Baue es nach dem Verdrahtungsplan auf und beachte die grüne Leuchtdiode im Schaltpult und die rote auf der Grundplatte!

**B 277** Verwende den gleichen Aufbau, tausche aber den Widerstand  $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$  gegen einen von  $4,7 \text{ k}\Omega$  aus!

Die Leuchtdioden blinken langsam bei großem Widerstand und schnell bei kleinem.

Beide LED sind antiparallel geschaltet. Jede von ihnen läßt



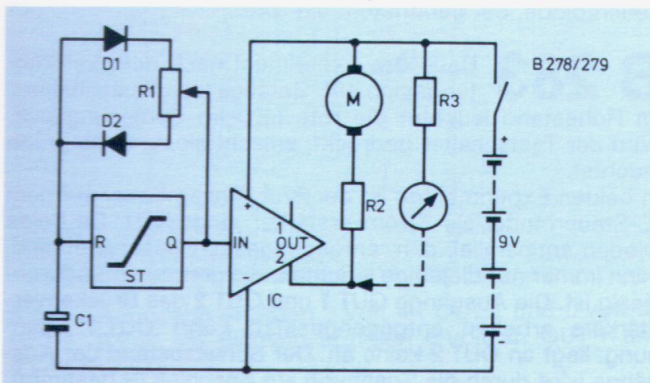


## B 278

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 10 Ohm (braun, schwarz, schwarz)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- M = Motor

## B 279

- R3 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)



den elektrischen Strom nur in einer Richtung fließen. Ihr abwechselndes Blinken zeigt an, daß auch der Stromkreis, in den sie geschaltet sind, einen elektrischen Strom wechselnder Richtung führt.

**Bei Wechselstrom fließen die Elektronen im Stromkreis abwechselnd in der einen und in der anderen Richtung.**

In den beschriebenen Experimenten ist zwischen den Anschluß OUT 2 des IC-Steuermoduls und die beiden Leuchtdioden der Kondensator  $C_1$  geschaltet. Wie du erfahren hast, sperrt ein Kondensator Gleichstrom. Diese Experimente zeigen, daß er scheinbar doch Strom durchläßt. Der Kondensator wird nämlich vom pulsierenden Strom geladen und entladen. Dieser fortwährende Vorgang erscheint wie ein Durchgang für Wechselstrom durch den Kondensator.

## B 278 Impuls-Steuerung

Eine andere Drehzahlregelung für den Motor lernst du in diesem Experiment kennen. Baue es nach dem Verdrahtungsplan auf und schiebe den Schalter auf dem IC-Steuermodul in Stellung St. Drehe das Potentiometer von einem Anschlag zum anderen und zurück! Die Drehgeschwindigkeit des Motors läßt sich stufenlos regeln.

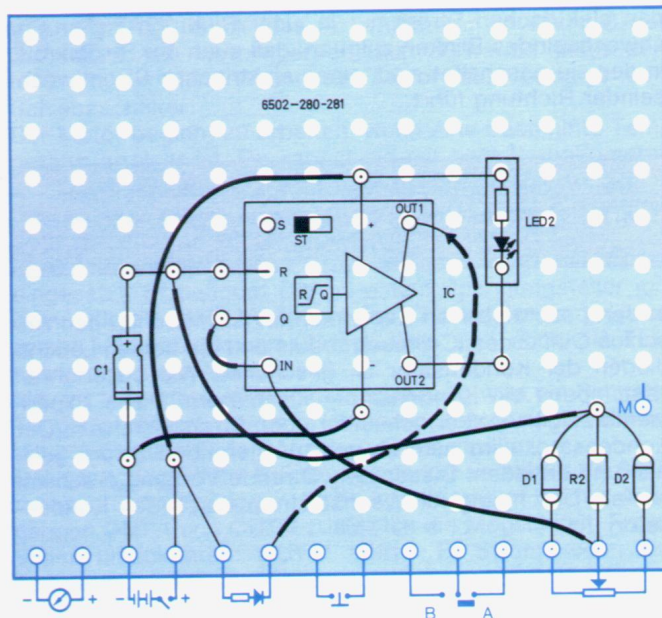
## B 279

Erweitere den Aufbau um das Meßgerät, das du parallel zum Motor schaltest. Du hast nun ein Drehzahlmeßgerät erhalten! Das Meßgerät zeigt entsprechend der Drehzahl des Motors Spannung an.

Für diese Drehzahlregelung wird durch den Schmitt-Trigger, der zwischen der oberen und der unteren Schwellspannung hin- und herpendelt, ein pulsierender Strom erzeugt. Die gleitende Steuerspannung am Anschluß R wird durch Laden und Entladen des Kondensators  $C_1$  über den Widerstand  $R_1$  hervorgerufen. Die Schnelligkeit der beiden Vorgänge wird durch die Größe von  $R_1$  und  $C_1$  bestimmt: Je größer  $R_1$ , desto langsamer erfolgt der Wechsel.

Die Geschwindigkeit des Wechsels bezeichnet man als **Frequenz**. Man gibt ihre Anzahl je Sekunde in **Hertz (Hz)** an. Je schneller die Wechsel, desto höher ist also die Frequenz. Der Haushaltsstrom z. B. hat die Frequenz 50 Hz.



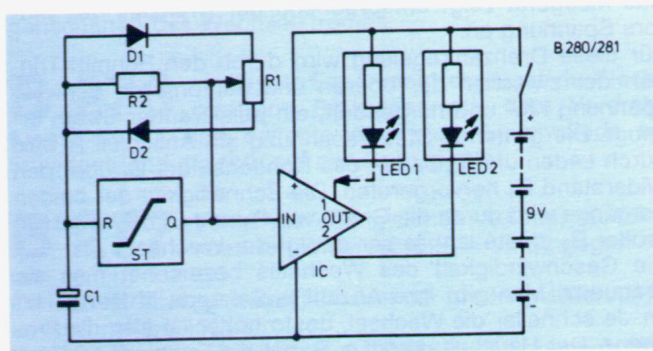


## B 280

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand

## B 281

- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult



**B 280** In diesem Experiment erfährst du, wie ein **Dimmer** arbeitet. Nach dem Aufbau drehe den Schleifer des Potentiometers hin und her. Achte dabei auf die Leuchtdiode.

Die Leuchtdiode leuchtet an einem Anschlag des Potentiometers gar nicht und hell am anderen Anschlag. Sie durchläuft dabei alle Helligkeitsstufen.

Ein Dimmer gestattet die stufenlose Helligkeits-Regelung von Lampen.

Miß auch die Spannung, wenn du das Meßgerät wie in Experiment B 278 anschließt.

**B 281** Du kannst den Aufbau aus Experiment 280 verwenden, um einen Umblendregler zu bauen. Ergänze die Schaltung um die grüne Leuchtdiode. Schließe sie zwischen Anschluß OUT 1 und Plusleitung an. Drehe das Potentiometer von einem zum anderen Anschlag!

Befindet sich der Schleifer des Potentiometers auf der einen Seite, leuchtet die rote LED hell, während die grüne dunkel ist. Drehst du nun das Potentiometer, so wird die rote Leuchtdiode dunkler, und die grüne wird heller. Am anderen Anschlag leuchtet nur die grüne LED, während die rote dunkel ist.

## Wechselschaltungen

Signale, die optisch anzeigen, daß eine Maschine ordnungsgemäß arbeitet, oder die eine Störung melden, sind weit verbreitet.

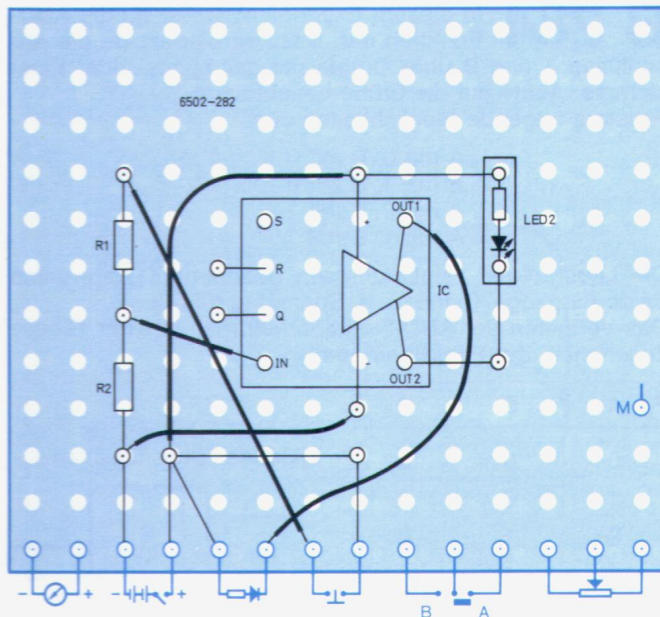
**B 282** Du erfährst in diesem Experiment, wie eine Wechselschaltung funktioniert. Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf und drücke den Tastschalter!

Bei geschlossenem Tastschalter leuchtet die grüne Leuchtdiode, bei geöffnetem die rote.

**B 283** Baue das Experiment nach dem Verdrahtungsplan auf. Betätige den Tastschalter! Im Ruhestand leuchtet die rote LED im Bedienungspult. Wird der Tastschalter gedrückt, erlischt sie, und die grüne leuchtet.

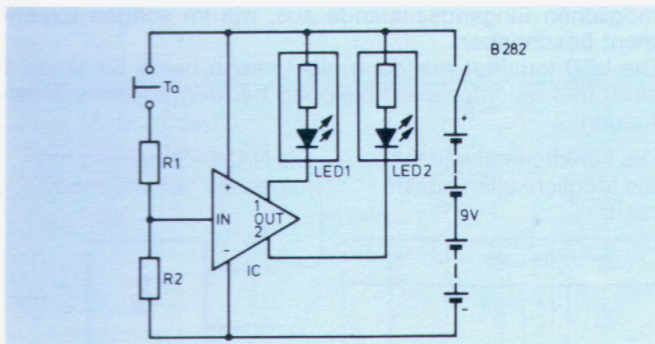
In beiden Experimenten ist der Brückenverstärker auf dem IC-Steuermodul als Stromverstärker eingesetzt. Da beide Dioden antiparallel, d. h. entgegengesetzt geschaltet sind, kann immer nur diejenige leuchten, die gerade stromdurchlässig ist. Die Ausgänge OUT 1 und OUT 2 des Brückenverstärkers arbeiten entgegengesetzt. Führt OUT 1 Spannung, liegt an OUT 2 keine an. Der Schaltzustand der Ausgänge wird durch die Spannung am Anschluß IN bestimmt:



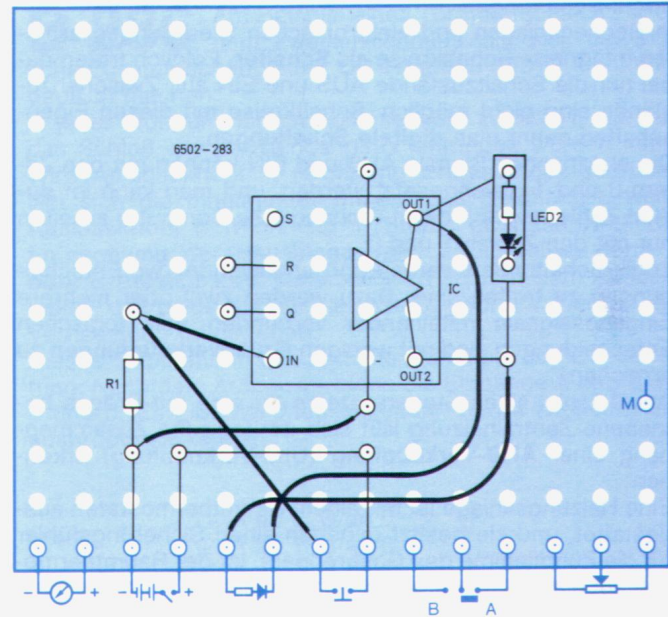


## B 282

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)
- R2 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- Ta = Taster im Bedienungspult

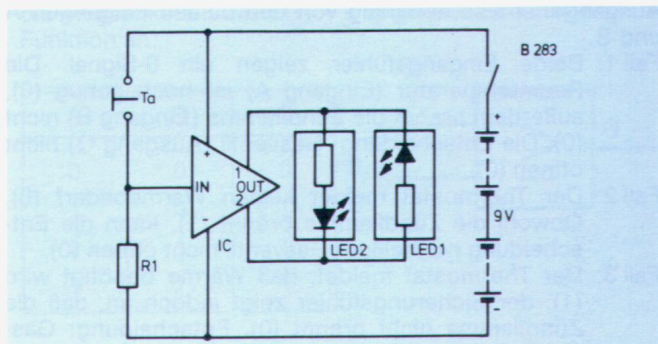


0 Volt am Eingang ergeben 9 Volt an OUT 1 und 0 Volt an OUT 2; 9 Volt am Eingang ergeben 0 Volt an OUT 1 und 9 Volt an OUT 2.  
Werden beide Ausgänge OUT 1 und OUT 2 als Anschlüsse



## B 283

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- Ta = Taster im Bedienungspult



für die antiparallel geschalteten Leuchtdioden benutzt, kann man mit 2 Drähten 2 Lampen unabhängig voneinander schalten. Diese Schaltung hat zwar dieselbe Wirkung wie die vorige, sie ist aber einfacher aufzubauen.



## Logik-Schaltungen

In Rechenanlagen und elektronischen Steuerungen arbeiten integrierte Schaltkreise als **Schalter**. Folglich treten dabei nur die Schaltzustände AUS und EIN auf. Zwischenzustände sind nicht möglich. Schaltkreise mit diesen Eigenschaften nennt man **digitale Schaltungen**.

Die elektrischen Signale AUS und EIN können mit den Ziffern 0 und 1 gleichgesetzt werden, und man kann im **dualen Zahlensystem** damit rechnen. Alle Computer arbeiten nur mit den Zahlen 1 und 0.

Logik-Schaltungen werden dort angewendet, wo Entscheidungen zu treffen sind. Dazu werden zwei oder mehrere Eingangssignale miteinander verbunden. Alle logischen Entscheidungen sind mit wenigen **Grundverknüpfungen** zu erreichen.

Am Beispiel eines Steuersystems für eine mit Erdgas betriebene Zentralheizung läßt sich der logische Zusammenhang einer **AND-Verknüpfung** (Und-Verknüpfung) erkennen:

Eine Heizungsanlage ist mit einem Raumthermostaten ausgestattet, und sie besitzt daneben einen Sicherungsfühler für die Zündflamme des Gasbrenners. Ist der Raumthermostat auf eine Temperatur von 20° eingestellt, kann das Gasventil nur geöffnet werden, wenn vom Thermostaten eine Temperatur von weniger als 20° angezeigt wird **und** der Sicherungsfühler gleichzeitig meldet, daß die Zündflamme brennt.

Das elektronische System der AND-Verknüpfung erhält an den beiden Eingängen, die mit den Buchstaben A und B bezeichnet werden, je ein Signal. Die Entscheidung am Ausgang Q der Schaltstufe muß anhand dieser Eingangsinformation getroffen werden. Der elektrische Zustand des Ausgangs ist also abhängig von den beiden Eingängen A und B.

Fall 1: Beide Eingangsfühler zeigen ein 0-Signal. Die Raumtemperatur (Eingang A) ist hoch genug (0), außerdem brennt die Zündflamme (Eingang B) nicht (0). Die Entscheidung: Gasventil (Ausgang Q) nicht öffnen (0).

Fall 2: Der Thermostat meldet keinen Wärmebedarf (0). Obwohl die Zündflamme brennt (1), kann die Entscheidung nur heißen: Gasventil nicht öffnen (0).

Fall 3: Der Thermostat meldet, daß Wärme benötigt wird (1), der Sicherungsfühler zeigt jedoch an, daß die Zündflamme nicht brennt (0). Entscheidung: Gasventil nicht öffnen (0).

Fall 4: Der Thermostat signalisiert, daß Wärme benötigt wird (1), und der Sicherungsfühler meldet, daß die Zündflamme brennt (1). Daraus ergibt sich die Entscheidung: Gasventil öffnen (1).

**B 284** In diesem Experiment stellst du die AND-Funktion dar. Dazu verbindest du die Anschlüsse A und B über Drähte mit der Minus- oder Plusklemme. Achte auf die grüne Leuchtdiode. Probiere folgende Möglichkeiten aus:

1. A mit 0, B mit 0
2. A mit 1, B mit 0
3. A mit 0, B mit 1
4. A mit 1, B mit 1

Die Leuchtdiode zeigt nur dann Spannung (1) an, wenn beide Eingänge 1 sind, d. h. Spannung führen.

Das Verhalten der AND-Funktion faßt man in einer Tabelle zusammen, der **Funktionstabelle**:

A	B	Q
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Die AND-Funktion hat folgendes Schaltzeichen:



**B 285** Eine Umkehrung der AND-Funktion ist die **NAND-Schaltung**. NAND ist aus NOT AND zusammengezogen, was NICHT UND bedeutet.

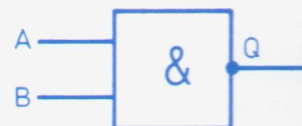
Verwende den Aufbau des vorigen Experiments, schalte aber die grüne Leuchtdiode an OUT 2. Probiere die vier möglichen Eingangszustände aus, wie im vorigen Experiment beschrieben.

Die LED leuchtet nur dann nicht, wenn beide Eingänge 1 sind, und leuchtet gleichbleibend bei den anderen Schaltungen.

Die Funktionstabelle faßt die Möglichkeiten zusammen:

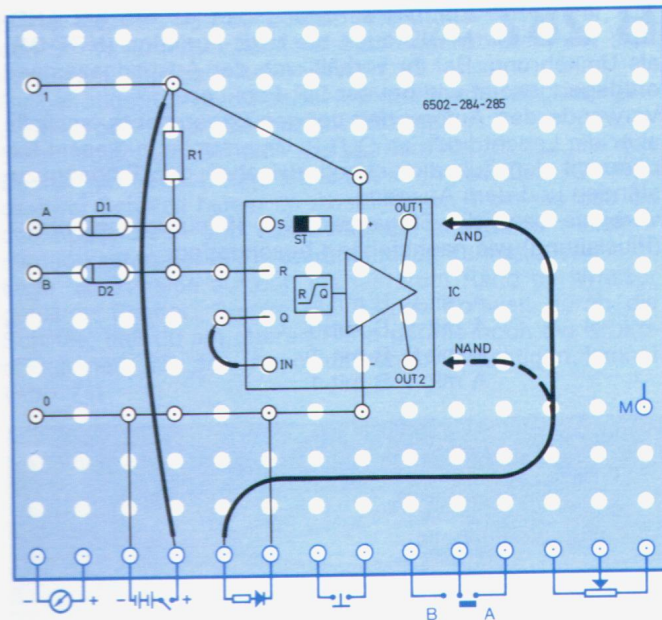
A	B	Q
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Die NAND-Schaltung hat folgendes Schaltsymbol:



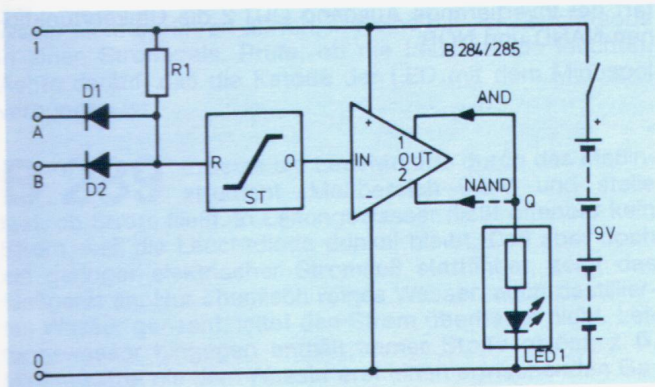
Der Punkt bedeutet NICHT, also NICHT UND





## B 284-285

- IC = IC-Steuermodul  
 R1 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)  
 LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult  
 LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand  
 D1 = Diode  
 D2 = Diode



**B 286** Am Beispiel eines Türöffnerschalters in einem Zweifamilienhaus läßt sich der logische Zusammenhang einer **OR-Funktion** (ODER-Funktion) deutlich machen.

In jeder Wohnung ist ein Auslöseknopf installiert, mit dem das Schloß der Hauseingangstür entriegelt werden kann. Wird Auslöseknopf A (Wohnung Erdgeschoß) gedrückt, läßt sich die Eingangstür öffnen; das gleiche gilt, wenn Auslöseknopf B (Wohnung 1. Stock) gedrückt wird. Die Entriegelung der Hauseingangstür erfolgt also, wenn A **oder** B betätigt wird. Natürlich wird auch in dem Ausnahmefall, daß beide Knöpfe gleichzeitig gedrückt werden, die Verriegelung freigegeben.

Dieses Experiment erläutert die Funktion der OR-Schaltung. Nach dem Aufbau verbinde die Eingänge A und B mit 1 und 0. Es gibt vier Möglichkeiten, die du nacheinander ausprobieren kannst:

1. A an 0, B an 0
2. A an 1, B an 0
3. A an 0, B an 1
4. A an 1, B an 1

Die grüne Leuchtdiode leuchtet, wenn der eine **oder** andere Eingang **oder** beide Eingänge 1 führen.

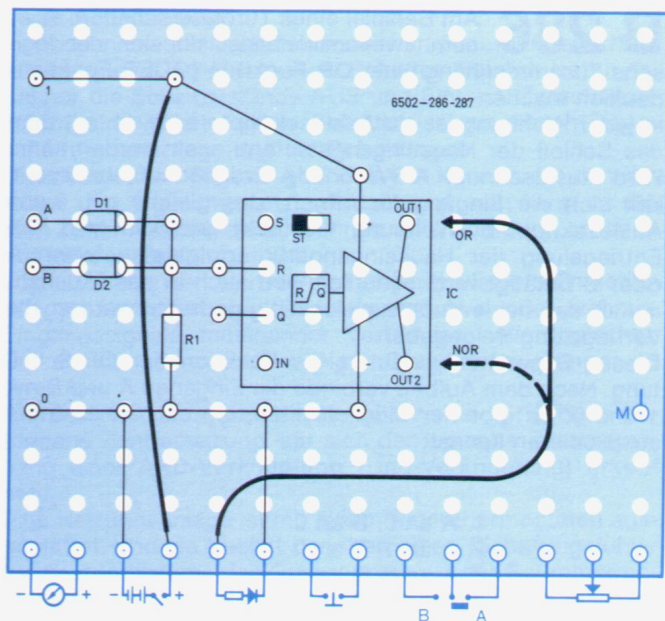
Die Funktionstabelle gibt die Möglichkeiten der OR-Funktion an:

A	B	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Die OR-Funktion hat folgendes Schaltsymbol:

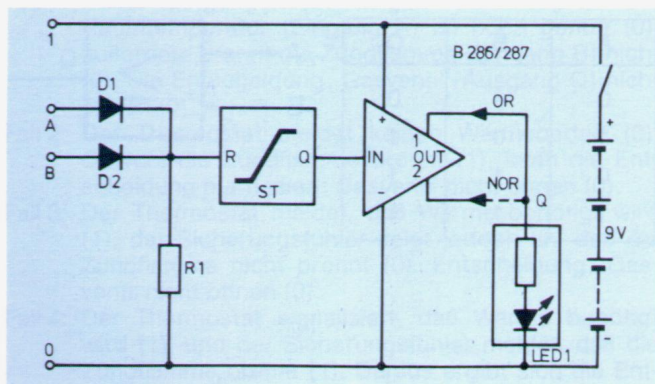






## B 286-287

- IC = IC-Steuermodul
- R1 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
- LED 1 = Leuchtdiode grün mit Vorwiderstand im Bedienungspult
- LED 2 = Leuchtdiode rot mit Vorwiderstand
- D1 = Diode
- D2 = Diode



**B 287** Zur OR-Schaltung gibt es wie bei AND-NAND auch die **NOR-Funktion (NOT-OR)** als Umkehrung. Bei ihr verhält sich der Ausgangszustand entgegengesetzt wie bei der OR-Funktion.

Verwende den Aufbau des vorigen Experiments, schließe aber die Leuchtdiode an OUT 2. Untersuche in diesem Experiment den Zusammenhang zwischen den Eingangszuständen und dem Ausgang.

Verbinde dazu die Eingänge mit 0 (Minusleitung) und 1 (Plusleitung) wie nachstehend beschrieben:

- A mit 0, B mit 0,
- A mit 1, B mit 0,
- A mit 0, B mit 1,
- A mit 1, B mit 1.

Wann leuchtet die Diode?

Die grüne Leuchtdiode leuchtet nur dann, wenn beide Eingänge 0 sind.

Funktionstabelle

A	B	Q
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Schaltsymbol



Die beschriebenen Logikschaltungen verwenden Dioden und einen Widerstand, und der Schaltzustand des Ausgangs wird durch das IC-Steuermodul verstärkt. Dabei liefert der invertierende Ausgang OUT 2 die Umkehrfunktionen NAND und NOR.



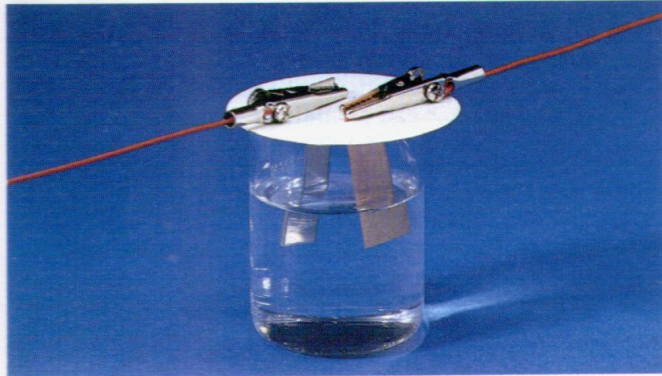
# Stromleitung in Flüssigkeiten

Bisher hast du ausschließlich feste Stoffe verwendet, um den Strom zu leiten. Nun sollst du ausprobieren, wie sich der Strom in Flüssigkeiten verhält!

Du benötigst für die folgenden Experimente ein Marmeladenglas oder einen Becher mit Wasser.

Schneide dir eine Scheibe aus starkem Karton aus, die den Becher gut bedeckt und am Rand noch übersteht. Schneide zwei Schlitzlöcher hinein im Abstand von 1 cm, so daß du das Kupferblech und das Zinkblech aus deinem Experimentierkasten gerade hindurchstecken kannst.

Lege die Scheibe auf den bis fast zum Rand mit Wasser gefüllten Becher. Stecke die Bleche so weit durch die Schlitzlöcher, daß du am oberen Rand gerade noch die Krokodilklemmen mit den Anschlußdrähten befestigen kannst (Abb. 74).



74

## B 288 Stromfluß im Wasser

Schließe die beiden Bleche, die sich im Wasser nicht berühren dürfen, in Reihe mit der Leuchtdiode in einen Stromkreis. Prüfe, ob die Leuchtdiode leuchtet. Achte darauf, daß die Katode der LED mit dem Minuspol verbunden ist.

**B 289** Ersetze die Leuchtdiode durch das Meßinstrument (Meßbereich 0,5A) und stelle fest, ob Strom fließt. In Leitungswasser fließt offenbar kein Strom, weil die Leuchtdiode dunkel bleibt. Daß aber doch ein geringer elektrischer Stromfluß stattfindet, zeigt das Meßgerät an. Nur chemisch reines Wasser, auch destilliertes Wasser genannt, leitet den Strom überhaupt nicht. Leitungswasser hingegen enthält immer Stoffe gelöst, z. B. Mineralsalze, die dem Wasser erst einen erfrischenden Geschmack geben.

## B 290 Strom durch Flüssigkeiten

Schließe anstelle des Meßinstruments wieder die Leuchtdiode an. Gib nun eine Teelöffelspitze Kochsalz (Haushaltssalz) in den Becher. Rühre gut um, tauche die Bleche wie in den vorigen Experimenten ein und prüfe, ob die LED leuchtet. Gib allmählich immer mehr Salz in den Becher, stelle aber nach jeder Löffelspitze fest, ob sich die Helligkeit der LED ändert.

**B 291** Zum Vergleich halte einmal die beiden Bleche in festes Kochsalz, das du in ein kleines Schälchen füllen kannst. Prüfe, ob die LED leuchtet.

## B 292 Wiederhole das Experiment mit Seifenwasser.

Schabe mit einem Messer von einem Stück Seife etwa einen Löffel voll Seifenflocken ab und löse sie in dem Gefäß mit Wasser. Tauche dann wieder die Bleche ein und achte auf die LED.

**B 293** Untersuche, ob mit Speiseessig angesäuertes Wasser den elektrischen Strom leitet. Verwende wieder den gleichen Versuchsaufbau wie in den vorigen Experimenten. Gib tropfenweise Essig in das Wasser, rühre zwischendurch immer wieder um und beobachte die Leuchtdiode.

Der Salzgehalt des Wassers bestimmt die elektrische Leitfähigkeit; je mehr Salz gelöst ist, desto mehr Strom kann fließen, und desto heller leuchtet die Leuchtdiode. Festes Salz läßt allerdings keinen Strom fließen. Nicht nur Salzwasser leitet den Strom, sondern auch Seifenlauge. Es gibt noch viele andere Laugen, die alle den Strom leiten.

Auch angesäuertes Wasser leitet den Strom. Wie die Laugen, so sind auch die Säuren Leiter für den elektrischen Strom. Essig enthält etwa 5% Essigsäure.

Du hast bisher erfahren, daß reines Wasser den Strom ebenso wenig leitet wie festes Kochsalz. Löst du aber das Salz in Wasser, dann ist ein Stromfluß möglich. Wie kommt das?

Kochsalz ist eine chemische Verbindung aus den Elementen Natrium und Chlor und hat den chemischen Namen Natriumchlorid. Im Wasser zerfällt das Natriumchlorid – unsichtbar für den Beobachter – in positiv geladene **Natriumionen** und negativ geladene **Chloridionen**. Wie du bereits weißt, bedeutet eine positive elektrische Ladung aber einen Mangel an Elektronen, eine negative elektrische Ladung aber einen Überschuß an Elektronen. In der Lösung



# Stromleitung in Flüssigkeiten

befinden sich also Teilchen unterschiedlicher elektrischer Ladung.

Wenn eine Stromquelle mit einem positiven und einem negativen Pol an eine solche Lösung gelegt wird, dann spielen sich folgende Vorgänge ab:

Die negativ geladenen Chloridionen werden vom positiven Pol der Spannungsquelle angezogen. Dort gibt jedes Chloridion ein Elektron ab. Durch die Abgabe des Elektrons wird aus dem Chloridion ein Chloratom, und dieses Chlor entweicht als Gas. Deshalb kannst du über dem Becher einen Geruch wie in einem Schwimmbad feststellen.

Die positiv geladenen Natriumionen werden gleichzeitig vom negativen Pol der Spannungsquelle angezogen. Dort nimmt jedes Natriumion ein Elektron auf. Durch die Aufnahme eines Elektrons wird aus dem Natriumion ein Natriumatom. Dieses Natriumatom reagiert mit dem Wasser. Durch die ständige Abgabe bzw. Aufnahme von Elektronen an den Polen der Spannungsquelle fließt ein Strom, der die Leuchtdiode leuchten läßt. Es entsteht dadurch der Eindruck, als fließe Strom durch die Flüssigkeit hindurch.

Bei allen Stromdurchgängen durch Flüssigkeiten, die in Ionen zerfallen, läuft der Vorgang in der gleichen Weise ab: Die positiven Ionen wandern zum negativen Pol (Katode) und nehmen Elektronen auf, die negativen Ionen wandern zum positiven Pol (Anode) und geben dort Elektronen ab. Diese Vorgänge spielen sich auch in Säuren und Laugen ab.

**Flüssigkeiten, wie Säuren, Laugen und Salzlösungen, die den elektrischen Strom leiten, nennt man Elektrolyte.**

**B 294** Tauche noch einmal die beiden Bleche in eine Kochsalzlösung. Im Stromkreis sind außerdem die LED und das Meßinstrument (Meßbereich 0,5 A) in Reihe geschaltet. Merke dir die Stromstärke und die Helligkeit der LED. Ziehe dann langsam eines der beiden Bleche hoch. Achte dabei auf die LED und das Meßinstrument.

Der Zeigerausschlag am Instrument geht zurück, die Helligkeit der LED verringert sich. Je kleiner die Oberfläche des Metalls ist, desto geringer wird der Stromfluß. Deshalb ist es wichtig, daß die Bleche möglichst tief in die Lösung eintauchen.

## **B 295 Flüssige Nichtleiter**

Fülle in das gut ausgewaschene Gefäß frisches Wasser und füge Zucker hinzu. Stelle fest, ob die LED leuchtet.

**B 296** Schließe anstelle der LED das Meßinstrument (Meßbereich 1V) an und prüfe, ob ein Strom fließt.

**B 297** Wiederhole die vorigen Experimente mit Speiseöl und untersuche, ob Strom fließt. Weder bei der Zuckerlösung noch bei Speiseöl ist ein Stromfluß erkennbar. Im Gegensatz zu Säuren, Laugen und Salzlösungen befinden sich in Zuckerlösungen und im Speiseöl keine Ionen. Deshalb kann kein Strom festgestellt werden.

Öl ist ein so guter Nichtleiter, daß es in manchen Fällen sogar zur Isolation eingesetzt wird.

## **B 298 Strom durch die Erde**

Gib in diesem Experiment etwas Blumen- oder Gartenerde in den Behälter. Schließe die Bleche in einen Stromkreis mit der Leuchtdiode.

**B 299** Tausche die Leuchtdiode gegen das Meßgerät (Meßbereich 10 V) aus. Erhältst du eine Anzeige?

**B 300** Gib Wasser zu der Blumenerde und achte auf das Meßgerät!

**B 301** Wiederhole das Experiment mit reinem Sand!

Die Feuchtigkeit bestimmt weitgehend die Bodenleitfähigkeit für den elektrischen Strom. Die Leitfähigkeit von trockenem Humus und auch von trockener Erde ist gering. Reiner Quarzsand ist fast ein Isolator. Die Bodenleitfähigkeit ist von Bedeutung z. B. bei der „Erdung“ von Blitzableitern und Stromversorgungsnetzen. Durch die Zugabe von Wasser wird ein Teil der im Boden enthaltenen Mineralsalze gelöst, und dadurch erhöht sich die Leitfähigkeit für den elektrischen Strom.



## B 302 Stromerzeugung durch chemische Vorgänge

Fülle in einen Becher Wasser und gib zwei Teelöffel voll Salz hinein. Lege die Pappscheibe darauf, stecke das Kupfer- und das Zinkblech hindurch und halte sie mit den Krokodilklemmen fest. Verbinde die Krokodilklemmen mit den Anschlüssen des Meßgeräts (Meßbereich 1 V). Beachte: Es wird keine Batterie benötigt!

**B 303** Verwende statt des Kupferblechs einen Eisennagel und prüfe wieder, ob eine Spannung auftritt.

**B 304** Untersuche andere Metallkombinationen, wie z. B. Kupfer und Messing, Zink und Messing u. a.

**B 305** Verwende statt des Salzwassers Speiseessig, tauche das Kupfer- und das Zinkblech ein und miß die Spannung!

Das Meßinstrument zeigt bei allen Experimenten Spannungen an, die Werte allerdings ändern sich mit den Metallkombinationen. Zwischen den Metallen und den Flüssigkeiten, den Elektrolyten, spielen sich Vorgänge ab, die elektrische Spannungen erzeugen.

Alle Metalle versuchen, in wässrigen Lösungen Metallionen zu bilden, ähnlich wie du es bereits von den Salzen kennst. Das nennt man den **Lösungsdruck der Metalle**.

Um das Zinkblech herum entsteht z. B. eine Hülle von positiven Zinkionen, das Zinkblech selbst lädt sich negativ auf. Um das Kupferblech herum entsteht ein Mantel von positiven Kupferionen, das Kupfer lädt sich negativ auf.

Kupfer hat aber einen geringeren Lösungsdruck als das Zink, d. h., es bilden sich weniger Kupferionen als Zinkionen, und das Blech lädt sich weniger stark negativ auf als das Zinkblech.

Verbindet man die beiden Bleche durch einen Draht miteinander, dann fließen Elektronen zu dem Metall, das den geringeren Lösungsdruck besitzt, also vom Zink zum Kupfer oder vom Zink zum Eisen. Zwischen Zink und Kupfer stellt sich eine Spannung von etwa 1,1 V ein, zwischen Zink und Eisen nur etwa 0,3 V, zwischen Eisen und Kupfer etwa 0,7 V.

In **Taschenlampenbatterien**, die nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren, verwendet man als Minuspol einen Zinkbecher, als Pluspol einen Graphitstab (Kohlestab) und als Elektrolyt eine eingedickte Ammoniumchlorid-Lösung. Der Graphitstab ist von einem Gemisch aus Braunstein

und Graphitpulver umgeben, das mit dem Elektrolyten getränkt ist. Von dem Zinkbecher gehen positive Zinkionen in den Elektrolyten, dabei lädt sich das Zink negativ auf.

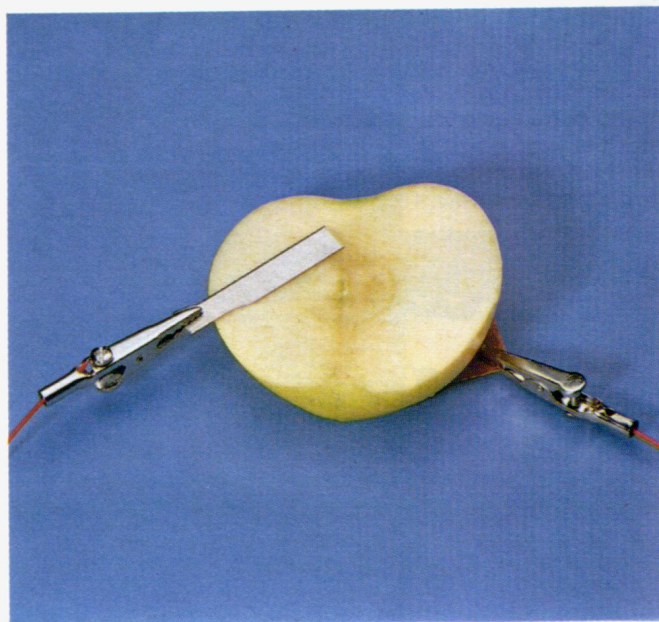
Eine solche Batterie (Abb. 76) liefert eine Spannung von 1,5 V. Da sich der Zinkbecher allmählich zersetzt, ist die Lebensdauer einer Batterie begrenzt.

Eine andere Batterie ist die **Quecksilberoxid/Zinkbatterie**. Die Kombinationen, die bei käuflichen Batterien verwendet werden, sind nicht die bestmöglichen, sondern sie wurden nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten ausgewählt. Die Kohle-Zink-Batterie ist billiger als die bessere Quecksilberoxid- oder Silber-Batterie.

## B 306 Strom aus Obst

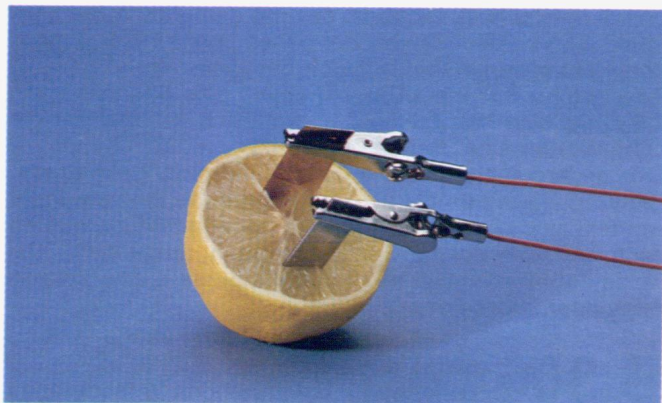
Du kannst in der folgenden Versuchsreihe einige spaßige Entdeckungen machen, wenn du als Elektrolyten Obstsäfte bzw. Obst verwendest.

Schneide einen Apfel in Scheiben. Lege eine auf das Kupferblech, das du vorher mit dem Pluspol des Meßgerätes (Bereich 1 V) verbunden hast. Presse auf die Apfelscheibe das Zinkblech, das mit dem Minuspol des Meßgerätes verbunden ist (Abb. 75).





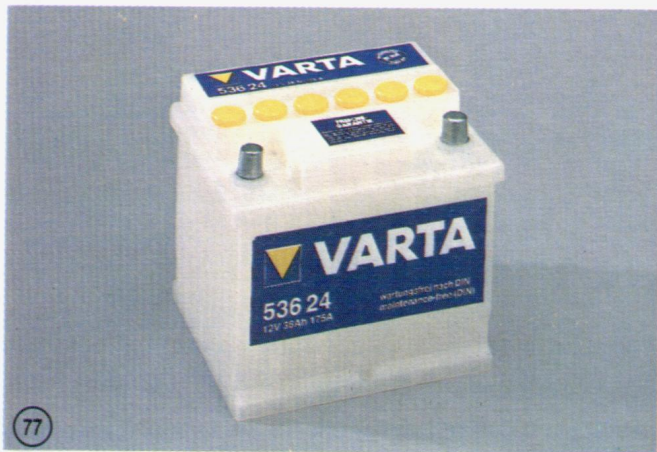
# Stromleitung in Flüssigkeiten



76

**B 307** Verwende in diesem Experiment eine Zitrone. Schneide sie an und stecke die Streifen aus Kupfer- und Zinkblech hinein. Mit den Blechen verbindest du die Anschlüsse des Motors (Abb. 76).

**B 308** Probiere, ob auch eine Kartoffel als Elektrolyt dienen kann. Verwende eine Kartoffelscheibe, die du zwischen die Bleche preßt, oder stecke die Blechstreifen in vorher eingeschnittene Schlitze. Die Bleche dürfen einander nicht berühren. Die Obst- und Kartoffelbatterien liefern Strom. Am besten ist die Zitrone geeignet. Sie hat den stärksten Elektrolyten, die Zitronensäure.



77

## B 309 Akkumulatoren

In Kraftfahrzeugen werden zum Starten Batterien verwendet, die sich auch nach Jahren nicht verbrauchen, sondern durch fortwährendes Aufladen für lange Zeit einsatzbereit sind. Eine solche Batterie heißt Akkumulator oder kurz Akku (Abb. 77).

In den folgenden Experimenten lernst du kennen, wie ein solcher Akku funktioniert. Du benötigst dazu den Aufbau wie in den vorigen Experimenten.

Schneide das Kupferblech aus deinem Experimentierkasten mit einer Schere in zwei Teile und hänge sie in Salzwasser, schließe an die beiden Bleche das Meßgerät (Meßbereich 1 V).

**B 310** Verbinde beide Bleche mit den Anschlüssen der Batterie. Klemme nach einigen Minuten die Batterie ab und schließe wieder das Meßgerät an (Meßbereich 1 V).

**B 311** Verfahre wie im vorigen Experiment, schließe aber statt des Meßgerätes den Motor an.

Wenn beide Bleche, die in das Salzwasser tauchen, aus demselben Metall bestehen, kann sich keine Spannung wie bei einer Batterie aufbauen. Das Meßgerät zeigt also keinen Wert an. Legst du aber die Kupferbleche an die Anschlüsse einer Batterie, so bewirkt der elektrische Strom eine chemische Veränderung des Kupfers mit dem Elektrolyt, dem Salzwasser. Ein Blechstreifen löst sich, am anderen bildet sich ein gelbgrüner Schlamm. Auch Gasblasen steigen auf.

Schließt du nun das Meßgerät an die Bleche, so wird eine Spannung angezeigt, die nur langsam kleiner wird. Der hineingeschickte Strom ist offenbar gesammelt worden, und man kann ihn wieder verwenden. Dabei treten Verluste auf. Besonders bei dem Experimentier-Akku erhältst du viel weniger elektrische Energie wieder als du hineingeschickt hast. Das liegt u. a. am Material Kupfer.

Trotzdem reicht die vom Akku abgegebene Energie aus, um den Motor kurzzeitig laufen zu lassen.

Ein geladener Auto-Akku enthält in 30%iger Schwefelsäure Bleidioxid als Pluspol und als Minuspol Blei. Die Spannung einer solchen Zelle beträgt 2 V. Durch Reihenschaltung von 6 bzw. 12 Zellen erreicht man die für Kraftfahrzeuge verwendete Spannung von 12 V bzw. 24 V.

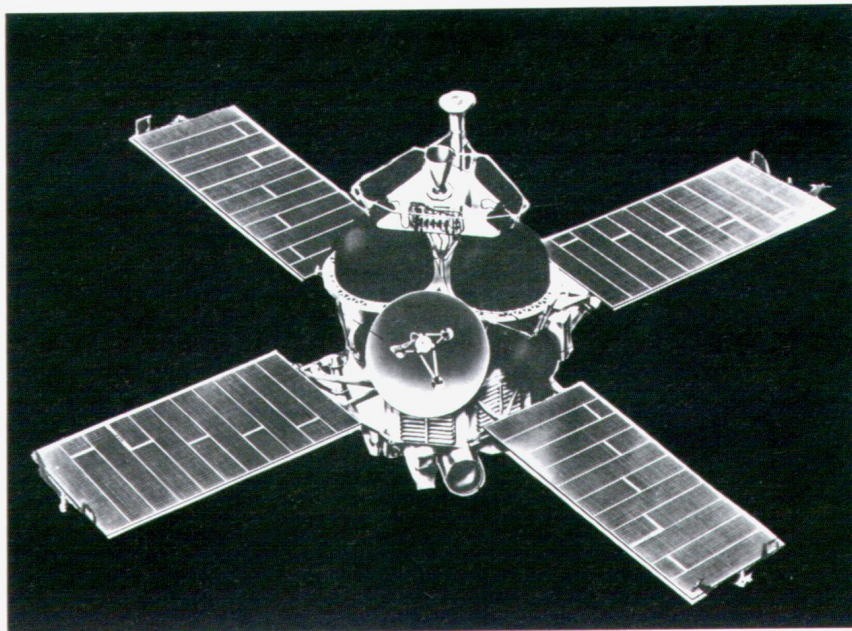
Beim Entladen eines solchen Akkus bildet sich durch chemische Reaktionen an beiden Polen Bleisulfat. Sind beide Platten in Bleisulfat umgewandelt, ist der Akku leer. Durch das Laden mit der Lichtmaschine oder mit einem Ladegerät wird wieder Bleidioxid und Blei erzeugt.



### B 312 Solar-Stromversorgung

Eine besondere Bedeutung erlangen Akkus bei der Nutzung von Sonnenenergie. Es ist nämlich nicht möglich, den in Solarzellen erzeugten Strom dauernd und mit gleichbleibender Stärke an die Verbraucher zu liefern. Die Sonne scheint nun einmal nicht während des ganzen Tages mit gleicher Helligkeit. Durch die Kombination von Solarzelle und Akku hat man erreicht, daß eine dauernde Stromversorgung gewährleistet ist. Du kannst mit deinem Experimentier-Akku und der Solarzelle das Prinzip nachvollziehen.

Verwende wieder den Akku aus Kupferblech und Salzwasser wie im vorigen Experiment. Verbinde die Solarzelle durch zwei Drähte mit den beiden Blechen. Beleuchte die Solarzelle einige Minuten mit Sonnenlicht oder mit einer starken Lampe. Klemme dann die Solarzelle ab und schließe das Meßgerät (Meßbereich 1 V) an die Bleche. Das Meßgerät zeigt Spannung an, wenn auch der Stromfluß nur kurze Zeit anhält. In der Solarzelle wird Sonnenlicht in elektrischen Strom umgewandelt, der in dem Akku gespeichert werden kann. Fällt der „Sonnenstrom“ aus, weil die Sonne nicht scheint oder weil es Nacht ist, dann liefert der Akku den Strom, den er bei hellem Sonnenschein gesammelt hat (Abb. 78).





# Sachwortverzeichnis

	Seite
<b>A</b>	
Abpumpanlage	93
Akkumulator	112
Ampere	41
AND-Verknüpfung	106
Anstellwinkel	29
Atomkern	36
Auftrieb	27
Auftriebskraft	27
Ausdehnung	70
Ausschaltverzögerung	85
Autorotation	32
<b>B</b>	
Belichtungszeitschalter	96
Betriebsspannung	86
Bistabiler Multivibrator	80
Blinkanlage	86
Blinkfolge	87
Brückenverstärker	79
<b>C</b>	
Chlorionen	109
Coulomb	41
<b>D</b>	
Dämmerungsschalter	97
Dauerton	72
Deklination	21
Dielektrikum	52
Digitalschaltung	106
Dimmer	104
Diode	33
Drehkondensator	51
Drehrichtung	86
Drehrichtungsanzeige	94
Drehzahlmesser	94
Drehzahlregelung	84
Duales Zahlensystem	106
Durchflußmesser	99
Durchlaßrichtung	34
<b>E</b>	
Einstellbarer Widerstand	42
Eis	70
Elektrische Leitfähigkeit	109
Elektrolyt Kondensator	52
Elektrolyte	110
Elektromagnet	60
Elektromagnetische Kräfte	59
Elektromagnetismus	58
Elektromotor	63
Elektron	37
Elektronenbahn	37
Elektronenfluß	41
Elektronischer Widerstand	42
Elektroskop	76
Elektrostatik	75
Entladestrom	53
Entmagnetisieren	25

	Seite
<b>F</b>	
Farad	53
Faradayscher Käfig	77
Festwiderstand	42
Feuchtigkeitsanzeiger	92
Folien-Kondensator	52
Fotowiderstand	50
Freies Elektron	37
Frequenz	103
Funktionstabelle	106
<b>G</b>	
Generator	65
Geographischer Nordpol	20
Geographischer Südpol	20
Gesamtstrom	59
Gesamtwiderstand	46
Gewichtskraft	27
Gleichstrom	102
Grundverknüpfung	106
<b>H</b>	
Hertz	103
Höhenruder	31
Hubschrauber	31
Hysterese	82
<b>I</b>	
Impulssteuerung	103
Induktion	65
Inklination	21
Intervallschalter	92
Invertierender Ausgang	79
Isolator	36
<b>K</b>	
Kapazität	53
Keramischer Kondensator	52
Klimaanlage	100
Körper	27
Kompaß	20
Kompaßnadel	20
Kondensator	51
<b>L</b>	
Ladestrom	52
Ladungsträger	78
LDR	50
Leiter	36
Licht	73
Lichteinfall	96
Lichtkontrollanlage	95
Lichtstrahl	73
Lösung	72
Lösungsdruck der Metalle	111
Logikschaltung	106
Luftdruck	68
Luftströmung	58
Luftwirbel	31

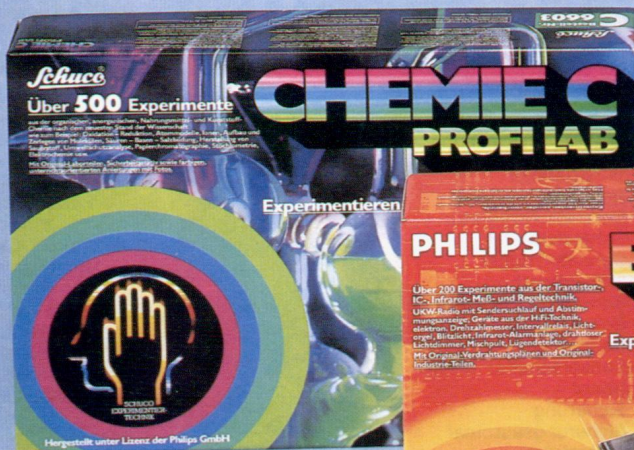


# Sachwortverzeichnis

	Seite		Seite
<b>M</b>			
Magnesia	16	Schattenbild	73
Magnet	16	Schmelzen	70
Magnetfeld	19	Schmelztemperatur	71
Magnetische Kraftlinien	19	Schmelzwasser	70
Magnetisches Kraftfeld	18	Schmitt-Trigger	82
Magnetischer Nordpol	22	Schwellwert	82
Magnetischer Südpol	22	Schwellwertschalter	82
Magnetisieren	23	Schwingung	73
Magnetkraft	16	Seitenruder	31
Magnetpol	19	Sensorschalter	89
Maschinensteuerung	82	Shunt	40
Meßgerät	39	Sicherung	57
Metallionen	37	Sicherungsautomat	57
Metallraumgitter	37	Solarstrom	66
Mißweisung	21	Solarzelle	66
Morsealphabet	15	Spannung	37
		Spannungsabfall	44
<b>N</b>		Spannungsquelle	110
NAND-Schaltung	106	Spannungsteilung	46
Natriumionen	109	Spannungsunterschied	77
Negative Ladung	76	Sperrichtung	33
Neutronen	37	Spule	58
Nichtleiter	36	Statische Elektrizität	76
NOR-Funktion	108	Steuerspannung	86
Nordpol	19	Steuerstrom	86
NTC	51	Strom	33
		Stromerzeugung	65
<b>O</b>		Stromfuß	109
Oberflächenspannung	71	Stromkreis	34
Ohm	36	Stromverstärker	79
Ohmsches Gesetz	44	Südpol	19
Optische Täuschung	74	Summer	34
OR-Funktion	107		
		<b>T</b>	
<b>P</b>		Taucherglocke	68
Parallelschaltung	49	Teilstrom	49
Positive Ladung	76	Temperaturfühler	100
Potentiometer	48	Temperaturwächter	100
Propeller	31	Tonhöhe	72
Proton	37		
PTC	51	<b>V</b>	
		Ventilator	100
<b>Q</b>		Veränderlicher Widerstand	42
Quecksilber/Zinkbatterie	111	Verstärker	79
		Volt	37
<b>R</b>		Vorwiderstand	48
Regelkreis	79		
Reihenschaltung	45	<b>W</b>	
Relais	61	Wärmeleiter	71
Rotor	32	Wärmeleitung	70
RS-Flip-Flop	80	Wärmeströmung	69
Rückstoß	69	Wechselblinker	87
		Wechselschalter	104
<b>S</b>		Wechselstrom	102
Schall	73	Widerstand	41
Schaltplan	33	Windschatten	31
Schaltzeichen	33		



# Schuco® Experimentier-Labors



Das große Programm  
für junge Leute  
und begeisterte  
Hobby-Forscher



Aktuell und praxisbezogen  
Original-Industrieteile  
Experimentieren ohne Vorkenntnisse  
Ausführliche Anleitungsbücher



Unsere Anschrift lautet:

in Deutschland Georg Adam Mangold GmbH & Co. KG

Lange Straße 69-75

8510 Fürth/Bayern

Tel. 09 11/7 81 81

in Österreich Spiel-Sport-Stadlbauer Ges.m.b.H.

Postfach 83

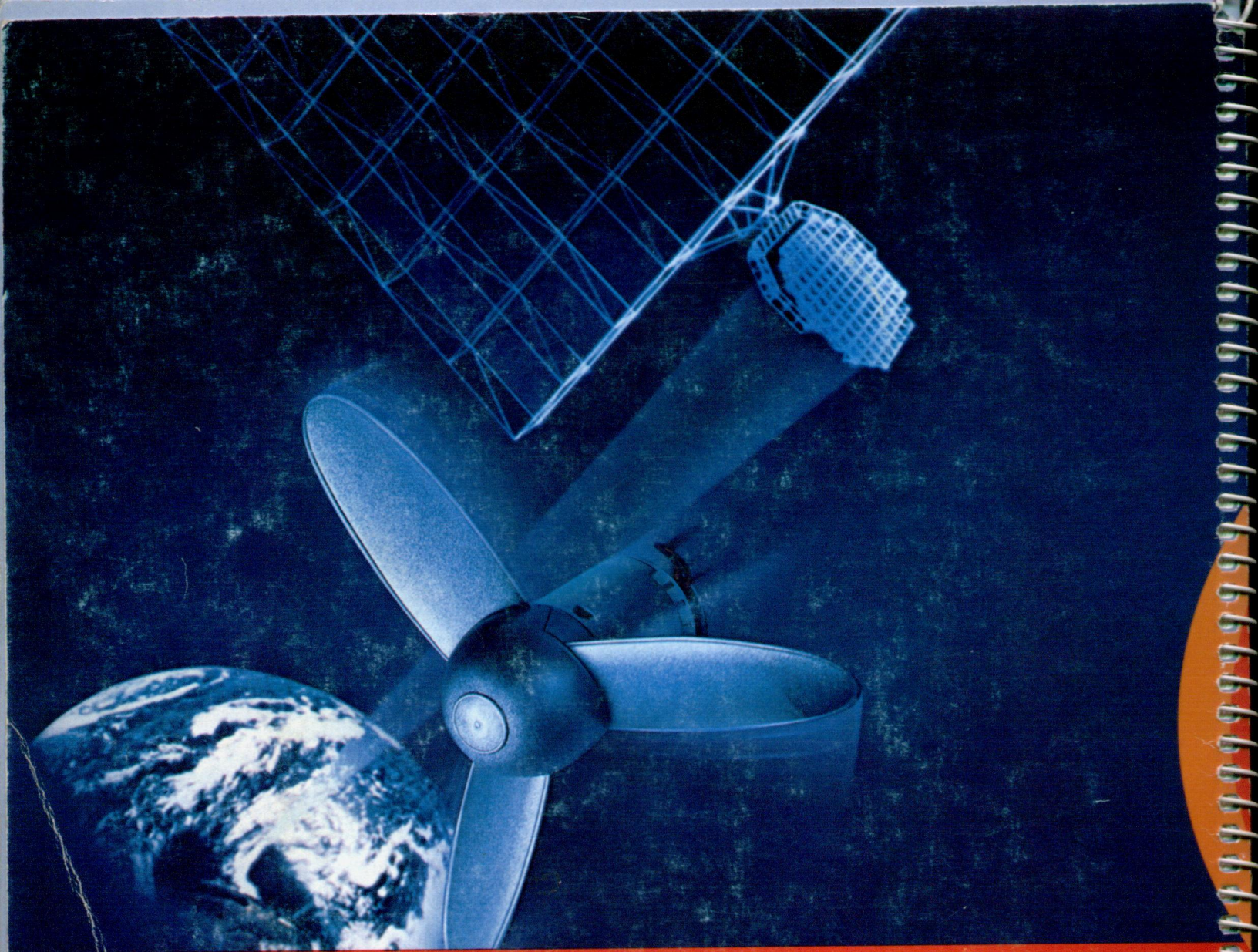
5027 Salzburg

in der Schweiz Witeco-Spielwaren AG

Birsstraße 58

4052 Basel





**Schiuco<sup>®</sup>**

**Physik**

**D**