

**PHILIPS**

**Elektronik**

**Experimentierkasten**

**Anleitungsbuch | EE 1003**

## SCHALTUNGEN AUS EE 1003

- A1 ZWEISTUFIGER PLATTENSPIELER-VERSTÄRKER
- A2 VERSTÄRKER MIT GEGENTAKT-ENDSTUFE
- A3 DREISTUFIGER VERSTÄRKER MIT TONBLLENDE
  
- B1 MORSEÜBUNGSGERÄT MIT LAUTSPRECHER
- B2 TELEFONVERSTÄRKER
- B3 TELEFONZEICHEN-GEBER
  
- C1 3-TRANSISTOR-MITTELWELLEN-EMPFÄNGER
- C2 UKW-RADIO
  
- D1 LICHTKONTROLLANLAGE
- D2 BLINKLICHT MIT EINSTELLBARER PHASE
- D3 REGELBARES BLITZLICHT
- D4 LICHT- UND LAUTSTÄRKE-MESSER
- D5 EINBRECHER-ALARMANLAGE
- D6 SIGNALANLAGE MIT DÄMMERUNGSSCHALTER
- D7 ZWEI-TRANSISTOR-RICHTUNGSANZEIGER
- D8 LICHT-TON-BETRIEBSANZEIGER
- D9 ZWEIKLANG-HORN
  
- E1 AUTOMATISCHES NACHTLICHT
- E2 FEUCHTIGKEITSMESSER MIT LICHTSIGNAL
- E3 FEUCHTIGKEITSFÜHLER MIT HUPE
- E4 ZEITSCHALTER
- E5 ZEITSCHALTER MIT HUPE
- E6 LICHTSTÄRKEMESSER
- E7 MESSBRÜCKE FÜR WIDERSTAND, INDUKTIVITÄT UND KAPAZITÄT

## ELEKTRONISCHE STEUERUNGEN AUS EE 1003 UND ME 1201

- EM1 AUTO
- EM2 ELEKTROWAGEN MIT ZWEIKLANGHORN
- EM3 ELEKTROWAGEN MIT ELEKTRONISCHEN FAHRTRICHTUNGSANZEIGERN
- EM4 ELEKTROWAGEN, DER AUF DUNKLER FAHRBAHN ANHÄLT
- EM5 ELEKTROWAGEN MIT AUTOMATISCH AUFLEUCHTENDEN SCHEINWERFERN
- EM6 LICHTSIRENE MIT LAUTSPRECHER
- EM7 ELEKTROWAGEN MIT BREMSLICHT
- EM8 ELEKTROWAGEN, DER IN DER DUNKELHEIT DIE FAHRT VERMINDERT UND LICHT EINSCHALTET
- EM9 ELEKTROWAGEN, DER AUF DUNKLER FAHRBAHN ANHÄLT UND SPÄTER WEITERFÄHRT
- EM10 ELEKTRONISCHER WASSERSTANDSANZEIGER
- EM11 AUTOMATISCHE ÜBERLADEKONTROLLE
- EM12 BLINKLICHT

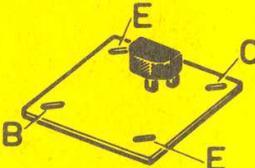
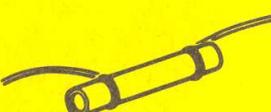
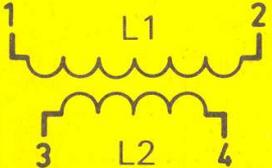
# PHILIPS

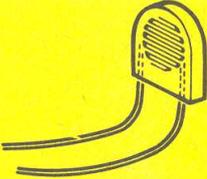
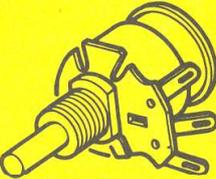
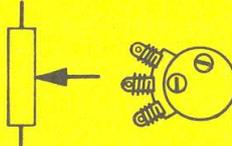
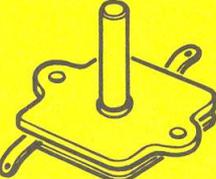
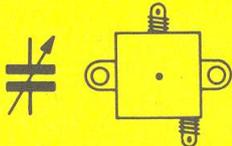
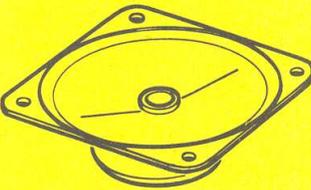
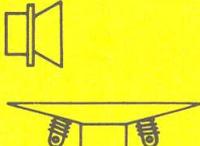
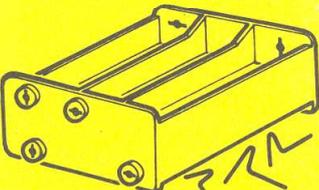
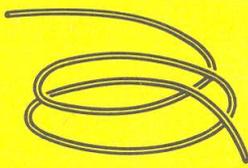
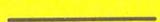
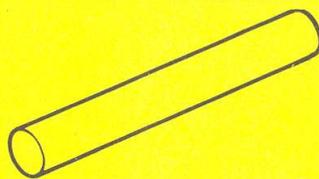
## Elektronik Experimentierkasten

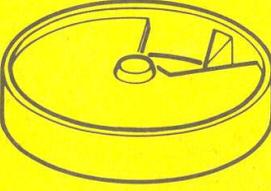
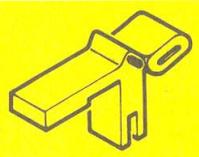
### EE 1003 Anleitungsbuch

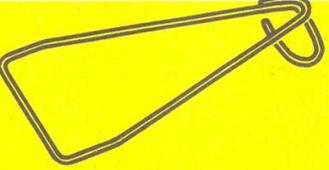
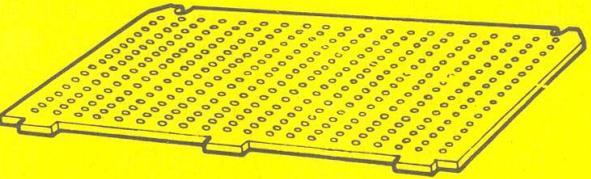
#### INHALTSÜBERSICHT

Einzelteile-Übersicht . . . . .	Seite 2
Allgemeine Bauanleitung . . . . .	Seite 6
Wie Elektronen arbeiten . . . . .	Seite A1
Schaltbeschreibungen . . . . .	Seite 14
A Elektroakustik . . . . .	Seite 14
B Fernmeldewesen . . . . .	Seite 16
C Radio . . . . .	Seite 18
D Elektronische Signalanlagen . . . . .	Seite 22
E Elektronisches Messen und Kontrollieren . . . . .	Seite 27
EM Kombinationsmodelle mit ME 1201 . . . . .	Seite 32
Farbcode für Widerstände und Kondensatoren . . . . .	Seite 36

TEIL UND SYMBOL	Nr.	BEZEICHNUNG	Men-ge
		1 Transistor (T) BF 194	1
		2 Transistor (T) BC 148	2
		3 Diode (D) OA 85	1
		<b>4 Widerstand (R)</b> 1 x 10 Ohm    1 x 1500 Ohm    2 x 22.000 Ohm 1 x 47 Ohm    1 x 2200 Ohm    2 x 47.000 Ohm 1 x 100 Ohm    1 x 3300 Ohm    1 x 100.000 Ohm 1 x 220 Ohm    2 x 4700 Ohm    1 x 220.000 Ohm 1 x 470 Ohm    2 x 10.000 Ohm    1 x 470.000 Ohm 1 x 1000 Ohm    1 x 15.000 Ohm	21
		<b>5 Polyester-Kondensator (C)</b> 1 x 0,22 µF    1 x 47.000 pF (= 47 nF) 2 x 0,1 µF    1 x 22.000 pF (= 22 nF)	5
		<b>6 Elektrolyt-Kondensator (C)</b> 2 x 125 µF    1 x 10 µF    1 x 4 µF	4
		<b>7 Keramik-Kondensator (C)</b> 1 x 10.000 pF    1 x 47 pF    2 x 10 pF 1 x 1000 pF    2 x 22 pF	7
		<b>8 Drosselspule (L)</b> <i>9,5 mH / 770 W.</i>	1
		<b>9 Antennenspule (L)</b> 1 = rot            2 = gelb 3 = grün          4 = grau	1

		10	Lichtempfindlicher Widerstand (LDR)	1
		11	Potentiometer (R) mit Schalter 10.000 Ohm	1
		12	Drehkondensator (C) 5–180 pF	1
		13	Lautsprecher 150 Ohm <i>12W</i>	1
		14	Lampe 6 V, 0,05 A	1
		15	Batteriehalter mit Federn für 6 Mignon-Zellen	1
		16	Blanker Draht	10 m
		17	Isolierter Draht	10 m
		18	Ferrocube-Stab	1
		19	Grosser Gummiring	2

	20	Haarnadelfeder	50
	21	Klemmfeder	50
	22	Spiralfeder	20
	23	Skalenknopf	1
	24	Zwischenstück f. Drehkondensator	1
	25	Knopf	1
	26	Lampenhalterung	1
	27	Lampenkappe	1
	28	Gummiband	5
	29	Schalter	1

	30	Kontaktfeder für Schalter	1
	31	Halterung für Schalter	2
	32	Madenschraube (M3)	2
	33	Viereckige Mutter (M3)	4
	34	Unterlegscheibe für Potentiometer	1
	35	Unterlegscheibe f. Halterung 37	4
	36	Schraube (M3)	2
	37	Halterung für Versuchsbrett	2
	38	Vorderplatte	1
	39	Versuchsbrett	1

# Aufstellung 1

**A1**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

**C1**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

**A2**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

**C2**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

**A3**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

**D1**

<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
<input type="radio"/>		<input type="radio"/>

**B1**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

**D2**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

**B2**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

**D3**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

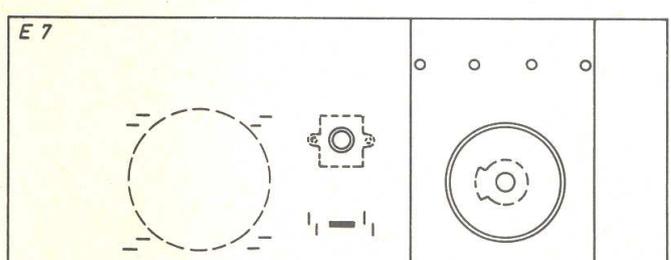
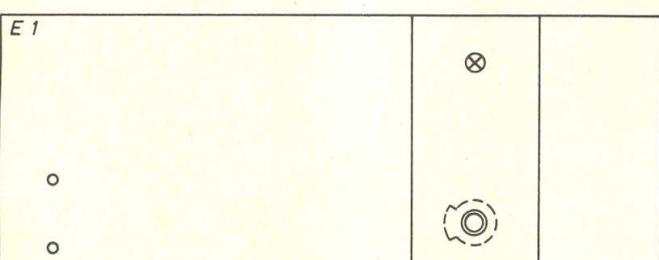
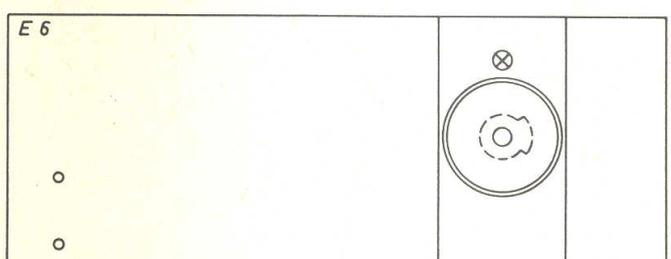
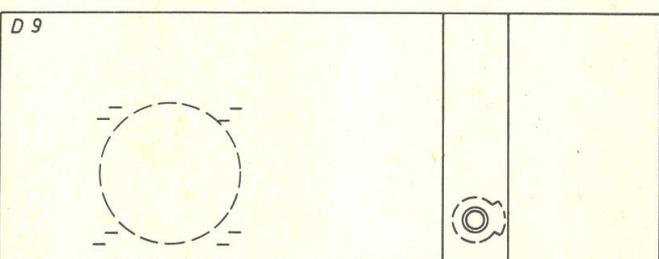
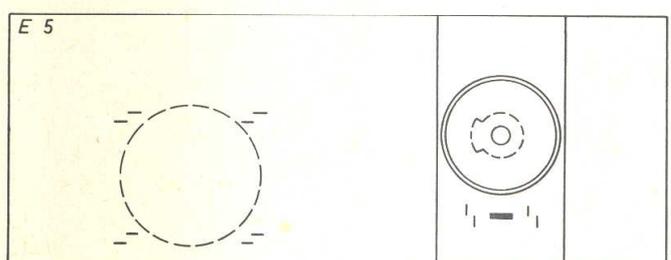
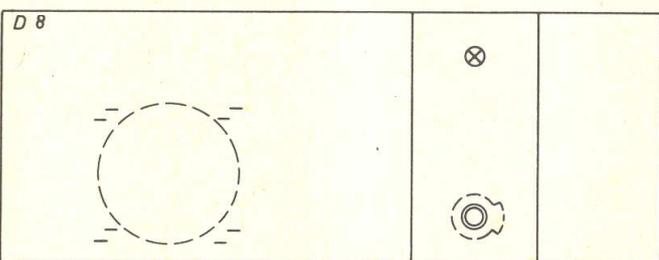
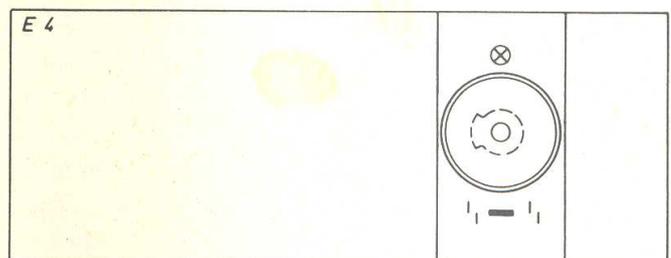
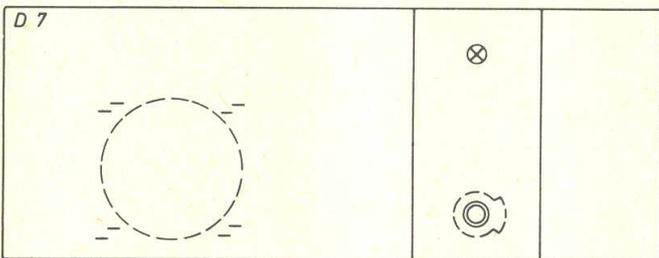
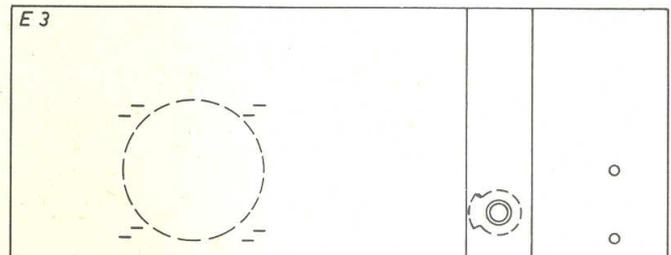
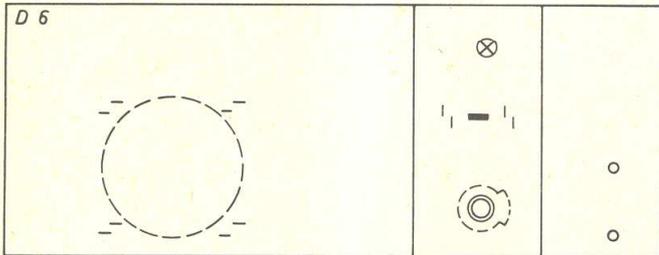
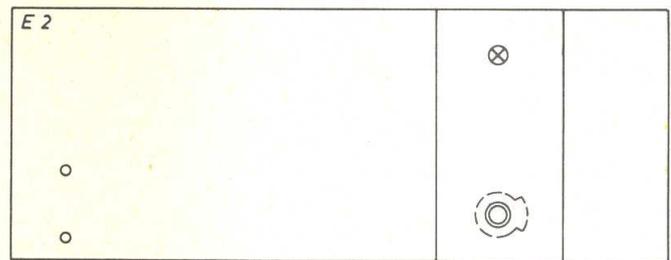
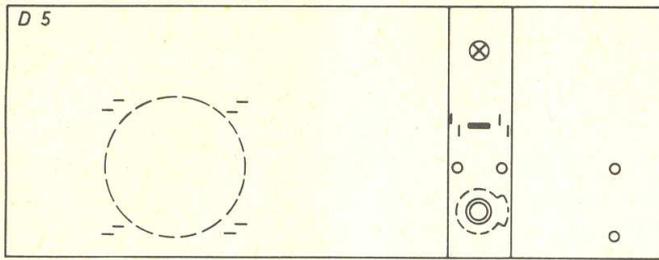
**B3**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

**D4**

		<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>

# Aufstellung 1 (Fortsetzung)



## VORWORT

In diesem Baukasten findest Du neben den Bestückungskarten A1, A2, A3 usw. einige grössere Frontkarten und kleinere Blenden. Mit diesen werden die unbenutzten Löcher in der Vorderplatte verdeckt. Willst Du mit dem Bauen beginnen, sieh zuerst in der Aufstellung 2 nach, welche Frontkarte und welche Blende Du für das Gerät benötigst. Dann setze die beiden Bretter zusammen und danach befestige die grossen Teile, wie Lautsprecher, Drehkondensator, Potentiometer, Schalter, Lampe usw. Wo diese Teile befestigt werden, ersiehst Du aus Aufstellung 1 (Seite 6 und 7). Du musst erst diese grossen Teile einbauen, bevor Du mit dem Einsetzen der Widerstände, Kondensatoren, Transistoren und der Drähte beginnst. Auf der Bestückungskarte kannst Du genau sehen, wie diese Einzelteile angeschlossen werden. Bei dem Päckchen Frontkarten findest Du einige ausgestanzte Kartenstücke, die Du in den grossen Skalenknopf einkleben musst. Die dünnen Streifen kommen innen an den äusseren Rand und die Halbmondstücke in den flachen Teil. Wenn eine Skalenbeleuchtung erforderlich ist – wie bei den Experimenten C1 und C2 – wird die Lampe unter dem grossen Skalenknopf montiert. Der weisse Karton reflektiert dann das Licht und leuchtet die

### Aufstellung 2

Gerät	Frontkarte	Blende	Gerät	Frontkarte	Blende
A1	A	4	D5	A	–
A2	A	4	D6	A	8
A3	A	4	D7	A	5
B1	A	3	D8	A	5
B2	A	4	D9	A	4
B3	A	3	E1	C	5
C1	B	1	E2	C	5
C2	B	2	E3	A	4
D1	C	8	E4	C	–
D2	C	5	E5	A	7
D3	C	5	E6	C	6
D4	A	8	E7	B	–

Skala besser aus.

### Achtung !

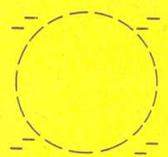
Bevor Du die Batterien anschliesst oder das Gerät einschaltest, überprüfe noch einmal sorgfältig alle Verbindungen.

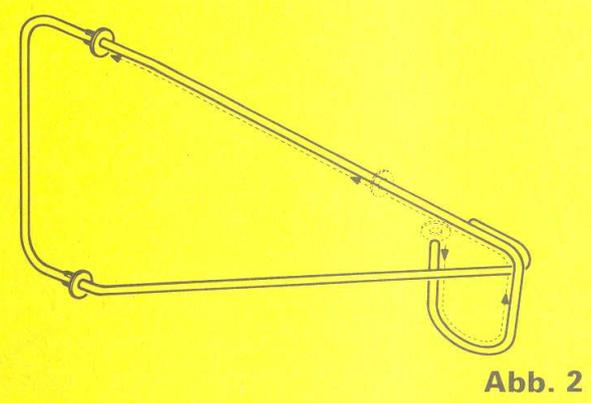
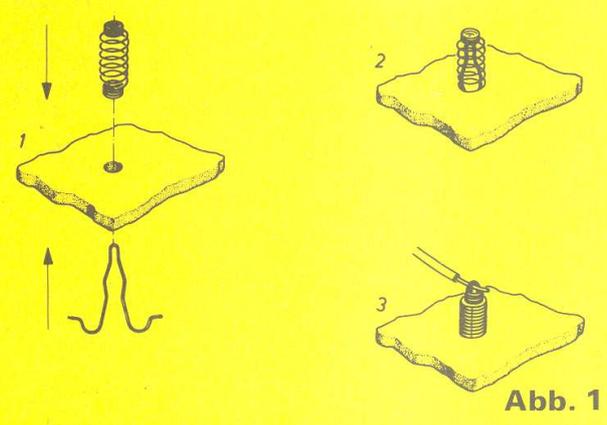
Nach dieser kurzen Skizzierung des Arbeitsablaufes kannst Du mit dem praktischen Aufbau beginnen in der Reihenfolge, wie sie in den folgenden Abschnitten beschrieben wird.

### ALLGEMEINE BAUANLEITUNG Das Versuchsbrett

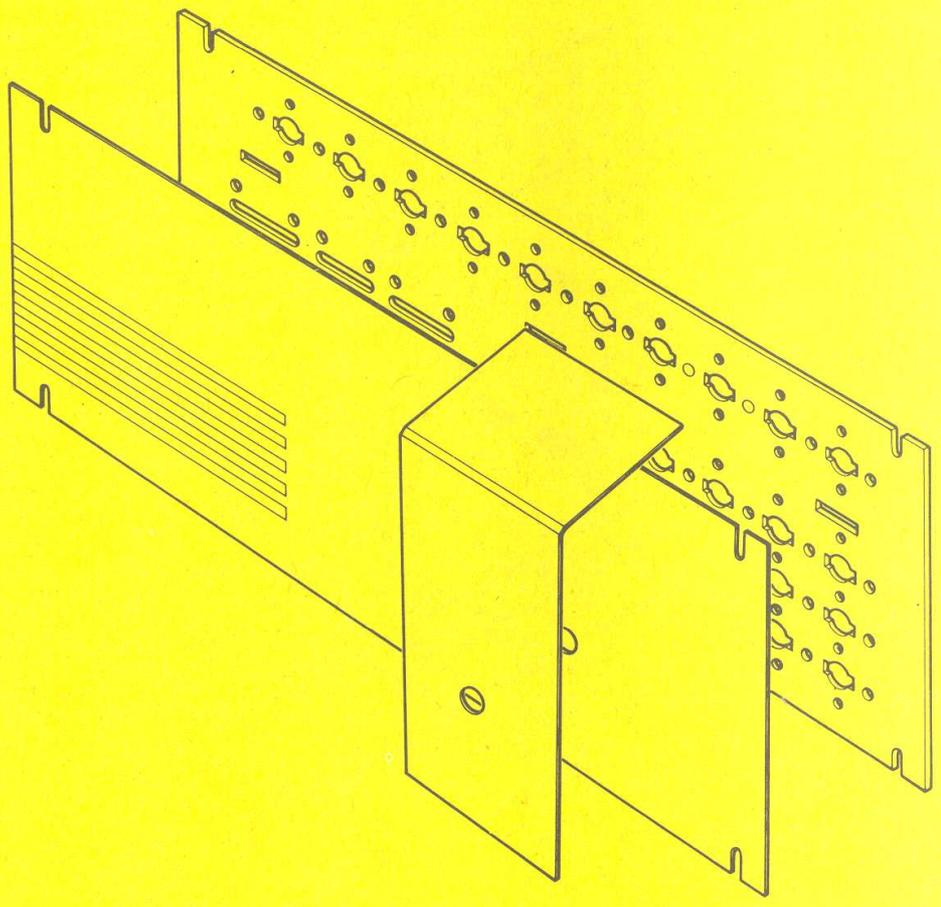
Lege das Versuchsbrett (39) so vor Dich, dass die Zapfen, die auf der einen langen Seite herausragen, von Dir wegzeigen. Lege jetzt die Bestückungskarte des Experimentes, das Du bauen willst, so auf das Versuchsbrett, dass links 1 Reihe und unten 3 Reihen Löcher nicht verdeckt werden und die Nummer der Karte, z.B. A1, von Dir aus lesbar ist.

Drücke dann die Haarnadelfedern (20) von unten durch die Löcher, die in der Bestückungskarte ausgestanzt sind (Abb. 1). Spare aber die Durchführungslöcher aus, sie sind mit einem grossen Kreis gekennzeichnet. Lege dann das Versuchsbrett flach auf den Tisch und stecke von oben je eine Klemmfeder (21) auf die Haarnadelfedern. Schiebe dann auf jeden der beiden Haltebügel (37) zwei Unterleg-

-  **Lautsprecher**
-  **Aussenanschlüsse an der Vorderplatte**
-  **Anzeigelampe**
-  **Potentiometer mit kleinem Knopf**
-  **Potentiometer mit Skalenknopf**
-  **Schalter**
-  **Drehkondensator mit kleinem Knopf**
-  **Drehkondensator mit Skalenknopf und Beleuchtung**



**Aufstellung 1 (Fortsetzung)**



**Abb. 3**

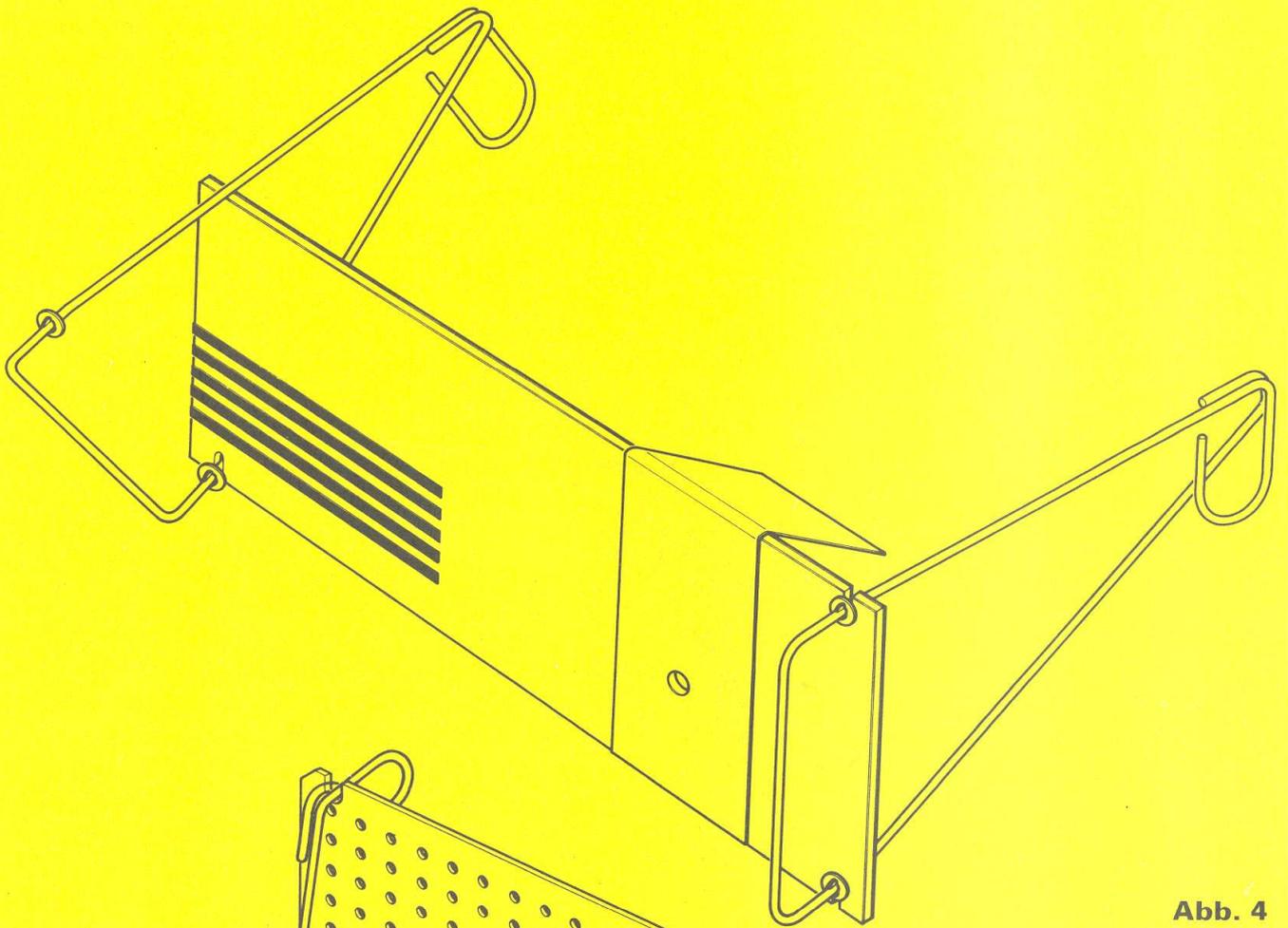


Abb. 4

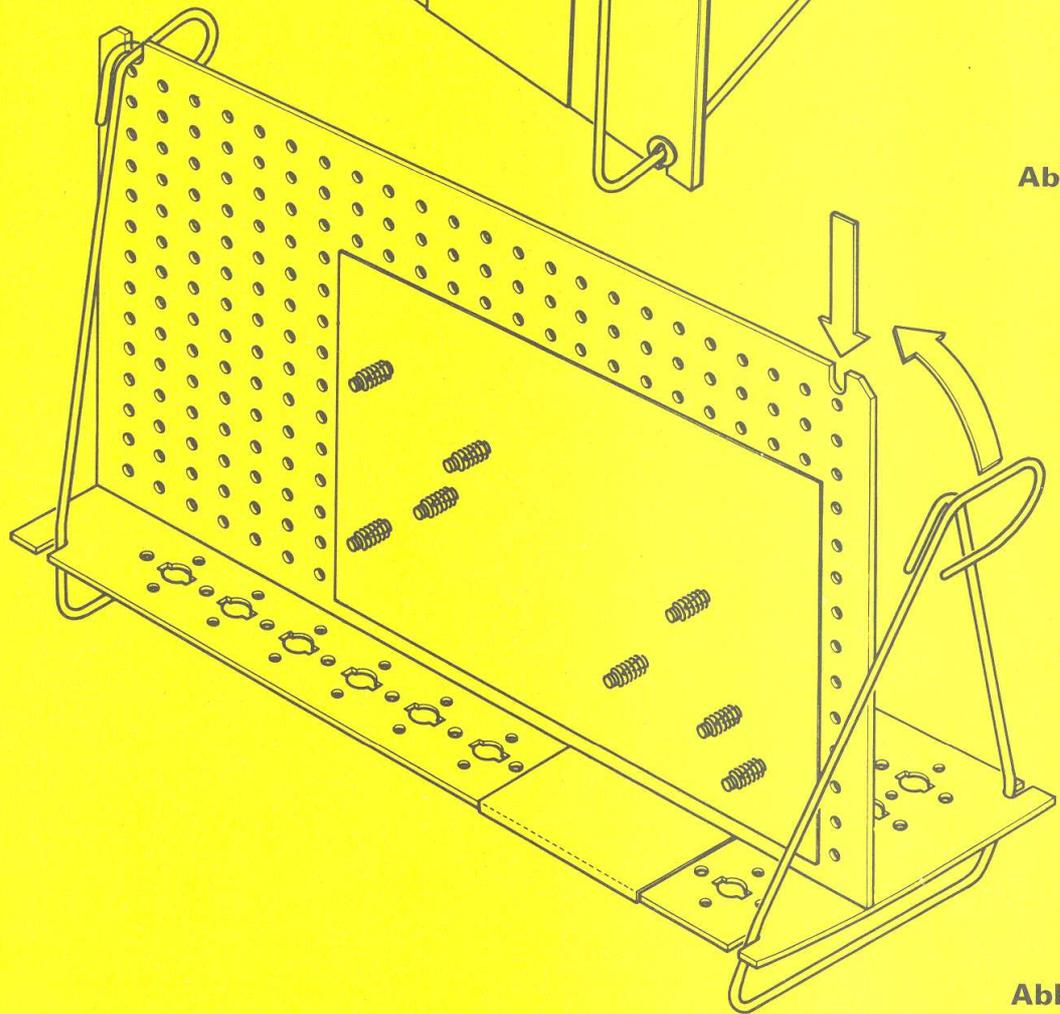


Abb. 5

scheiben (35) bis zu den Anschlagstellen, siehe Abb. 2.

Lege jetzt die richtige Frontkarte auf die Vorderplatte, so dass die Löcher übereinstimmen und darauf legst Du noch die Blende. Klapp den überschüssigen Teil nach hinten, siehe Abb. 3. Jetzt stecke die Vorderplatte in die beiden Halterungen. Die vier Auskerbungen werden bis an die Unterlegscheiben gedrückt (s. Abb. 4). Dann füge die Auskerbungen des Versuchsbrettes in die Schlitze der Vorderplatte. Dadurch wird der umgeklappte Teil der Blende festgehalten. Schiebe nacheinander die beiden Haltebügel auf die Grundplatte bis sie fest in den Aussparungen sitzen, siehe Abb. 5. Dabei wird die Vorderplatte etwas durchgebogen. Bei den unbedeckten Löchern der Vorderplatte werden jetzt die Kontrollsysteme Lautsprecher, Anzeigelampe und so weiter befestigt. Aus Aufstellung 1 ersiehst Du, wo die Teile für die verschiedenen Geräte montiert werden. In

einigen Fällen bleibt ein Loch offen.

## BEFESTIGUNG DER EINZELTEILE

### Lautsprecher (Abb. 6)

Stecke von aussen 4 Haarnadelfedern durch die Vorderplatte. Sie passen durch die 4 Befestigungslöcher des Lautsprechers. Schiebe noch 4 Druckfedern (21) über die Haarnadelfedern.

### Potentiometer (Abb. 7)

Stecke die Achse des Potentiometers von innen durch das Loch. Die Lage der Anschlüsse ersiehst Du aus Aufstellung 1. Befestige das Potentiometer mit einer Unterlegscheibe (34) und der grossen Mutter.

### Drehkondensator (Abb. 8)

Lege über den Drehkondensator das

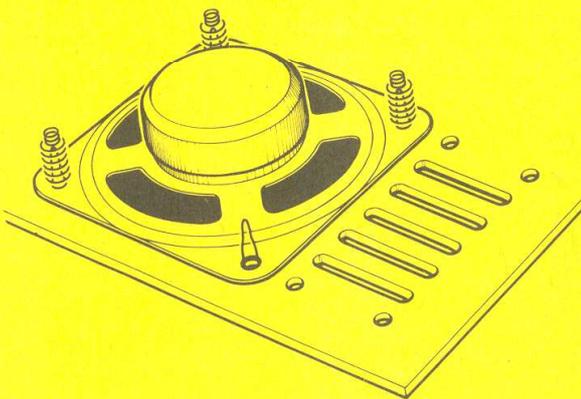


Abb. 6

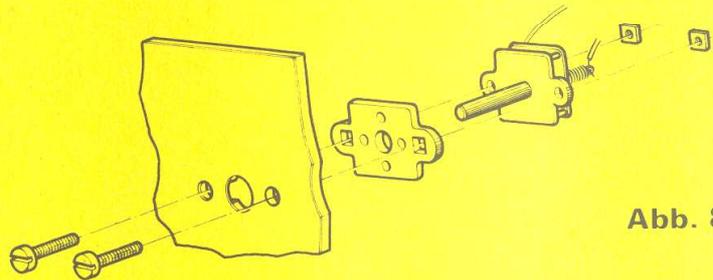


Abb. 8

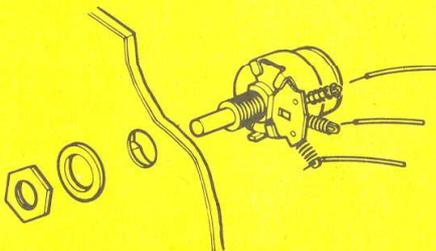


Abb. 7

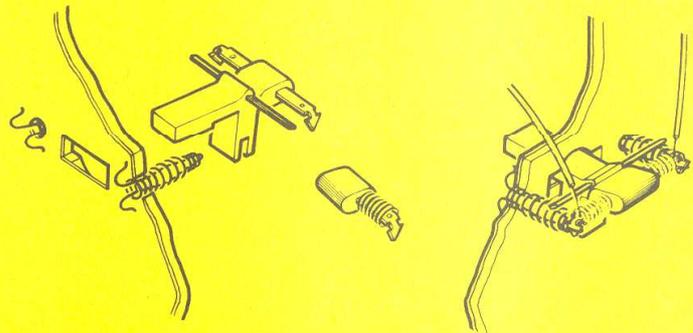


Abb. 9

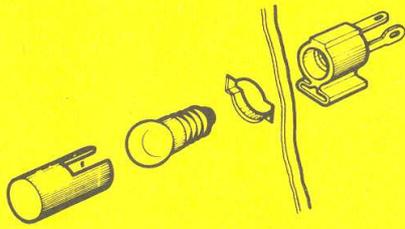


Abb. 10

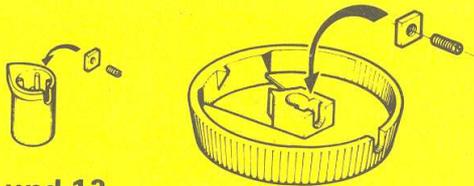


Abb. 11 und 12

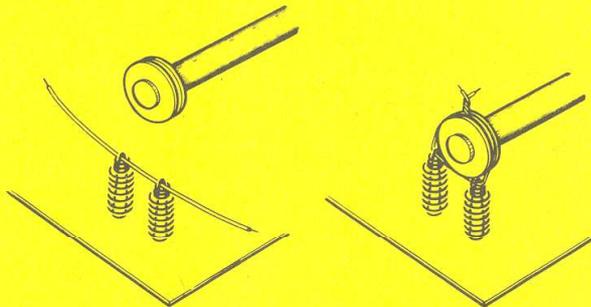


Abb. 13

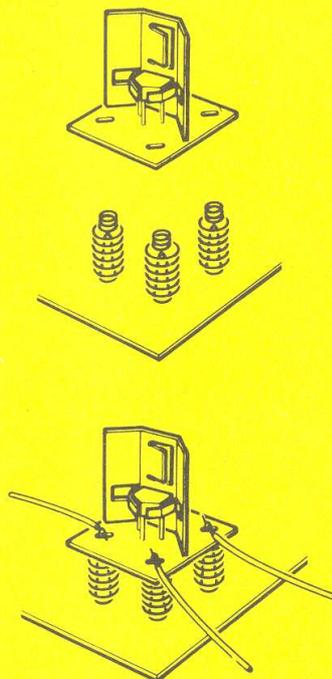


Abb. 14

schwarze Zwischenstück (24) und stecke dann die Achse durch das Loch in der Vorderplatte. Befestige ihn mit zwei Schrauben und Muttern.

### Schalter (Abb. 9)

Stecke von aussen 2 Haarnadelfedern durch die Vorderplatte und von innen Druckfedern darüber. Schiebe dann je eine Zylinderfeder (22) über die kleinen Halterungen (31) und drücke sie in die Löcher des schwarzen Schalters. Danach befestige noch die Kontaktfeder (30). Drücke dieses Bauteil in die Haarnadelfedern. Die Drähte werden angeschlossen, indem Du die Zylinderfedern auf den Halterungen zum Schalter hin zusammendrückst und die Drähte durch die kleinen Öffnungen führst.

### Anzeigelampe (Abb. 10)

Halte den Lampenhalter (26) von innen an die Vorderplatte und schraube die Lampe (14) von aussen hinein. Schiebe dann noch von aussen die rote Kappe (27) bis über den Lampenhalter.

### Knöpfe (Abb. 11 und 12)

Drehe die Madenschraube (32) einige Windungen in die quadratische Mutter (33). Lege dieses Teil in das rechteckige Loch des Knopfes. Stecke den Knopf auf die Achse und drehe die Madenschraube mit einem kleinen Schraubenzieher fest.

### Antennenstab (Abb. 13)

Bringe die Antennenspule (9) auf den Ferroxcubestab (18) und je einen Gummiring (19) auf beide Seiten. Nimm zwei etwa 8 cm lange isolierte Drähte, stecke sie durch die Haarnadelfedern, an denen der Antennenstab befestigt werden soll, und drehe sie in den Einkerbungen der Gummiringe fest. Die beiden Enden der Drähte, dürfen keinen Kontakt miteinander haben.

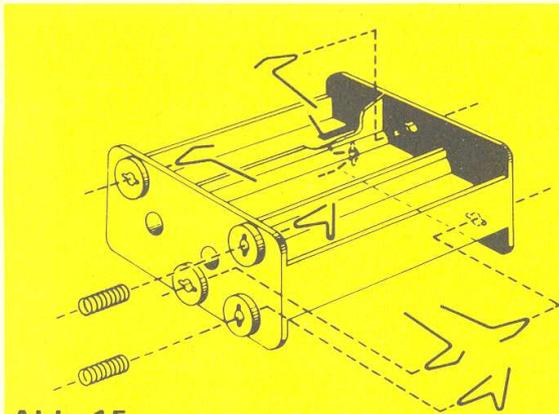


Abb. 15

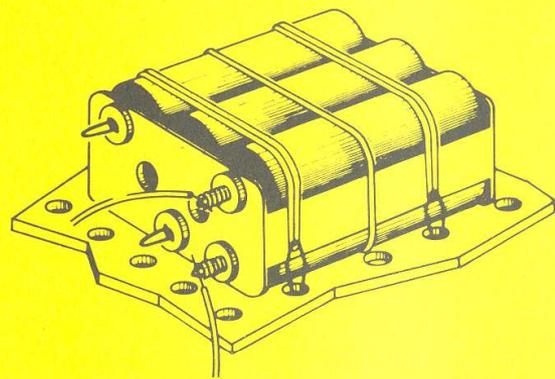


Abb. 16

### Transistoren (Abb. 14)

Stecke die 3 Haarnadelfedern durch die Schlitze der Transistorgrundplatte. Drücke die Platte nieder und befestige die Anschlussdrähte in den Öffnungen der Haarnadelfedern. Die Lage des Transistors muss mit der auf der Abbildung übereinstimmen.

### Batteriehalter (Abb. 15 und 16)

Stecke die Federn in den Batteriehalter, wie in Abb. 15 gezeigt wird, und lege gleich die Mignon-Zellen 1,5 V in das entsprechende Fach. Wie sie hineinkommen, kannst Du in dem Batteriehalter erkennen. Danach spanne ein Gummiband um den Batteriehalter, damit die Batterien nicht herausfallen können und befestige den Halter auf der Grundplatte mit 2 Gummibändern und 4 Haarnadelfedern oder mit einem Stück isoliertem Draht.

### Drähte

Schwarz gedruckte Verbindungen werden mit den Anschlussdrähten der Einzelteile hergestellt. Für rote Linien schneide von den Drahtrollen entsprechende Längen ab. Es bedeutet dabei:

dicke rote Linie = isolierter Draht (vergiss nicht die Enden abzuisolieren).

dünne rote Linie = blanker Draht.

### Befestigung der Anschlussdrähte an Lautsprecher, Potentiometer, Lampe usw.

Schiebe eine Zylinderfeder (22) über die Kontaktflasche des entsprechenden Teils. Drücke die Feder nieder und stecke das blanke Ende (etwa 7 mm) des Drahtes in das Loch der Lasche und lasse die Feder los.

### Aussenanschlüsse an der Vorderplatte

Schiebe sowohl eine Haarnadelfeder als auch den Draht mit abisoliertem Ende von innen durch das Loch der Vorderplatte. Dann stecke eine Klemmfeder von vorne auf die Haarnadelfeder, drücke sie nieder damit das Drahtende in dem Loch der Vorderplatte fest eingeklemmt wird und nicht herausrutschen kann.

### Schaltbeschreibungen

Die Schaltbeschreibungen und weitere Erklärungen findest Du auf den Seiten 14 bis 36.

# SCHALTBESCHREIBUNGEN

## A. ELEKTROAKUSTIK

In diesem Kapitel werden einige Verstärker beschrieben, die schwache Tonsignale so verstärken, dass sie von einem Lautsprecher wiedergegeben werden können. Die schwachen Wechselspannungen, die an den Eingang eines solchen Verstärkers gelegt werden, können aus einem Mikrofon, Plattenspieler oder Tonbandgerät stammen. Ein Plattenspieler hat ein abgeschirmtes Kabel, das an den Verstärker angeschlossen wird. Verbinde die Abschirmung (a) mit Minus und die eine oder evtl. zwei Litzen (b) mit der anderen Anschlussfeder. Es wird von

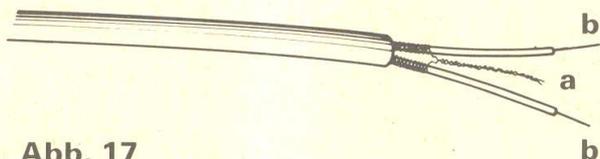


Abb. 17

einem Verstärker nicht nur verlangt, diese Wechselspannungen so zu verstärken, dass sie im Lautsprecher wiedergegeben werden können, sondern er soll auch keine Verzerrungen verursachen (die elektrischen Schwingungen müssen denen des Originals entsprechen); er darf das Verhältnis von hohen und tiefen Tönen nicht unzulässig verändern und muss eine einfache Lautstärkeregelung ermöglichen.

## A1 Zweistufiger Plattenspieler Verstärker

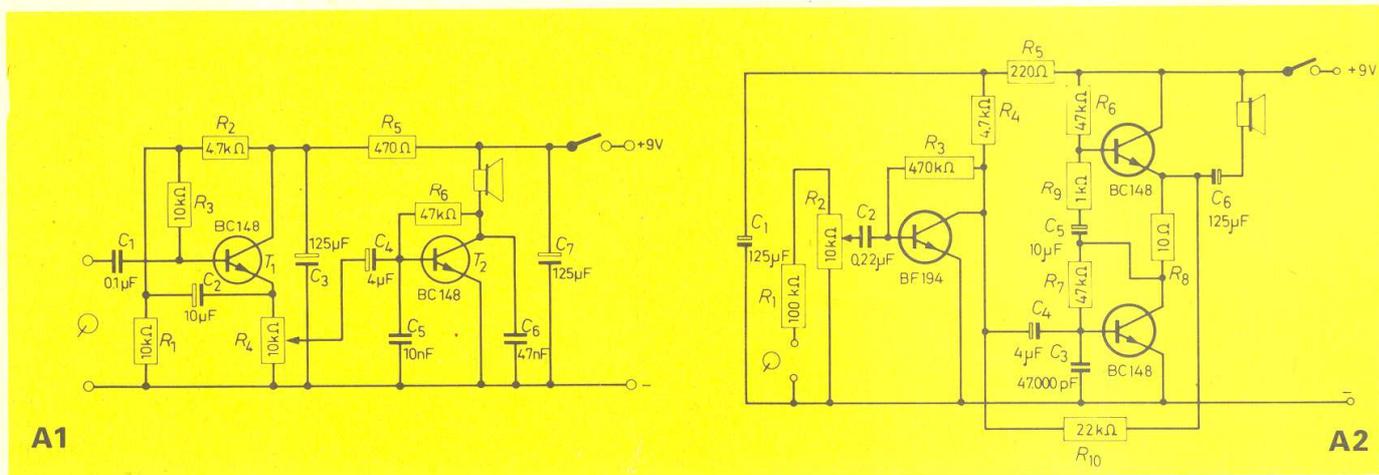
Zwei normale Verstärkerstufen arbeiten in Kaskaden-Schaltung. Die erste Stufe ist als Emitterstufe entworfen. Der Eingangswiderstand dieses Kreises für die zu übertragenen Frequenzen ist so hoch, dass ein Kristall-Tonkopf direkt an den Eingang angeschlossen werden kann, ohne dass die tiefen Töne abgeschwächt werden. Die Emitterstufe kann mit so starken Signalen belastet werden, dass auf eine Lautstärkeregelung zwischen dem Eingang und dem ersten Transistor verzichtet werden kann.

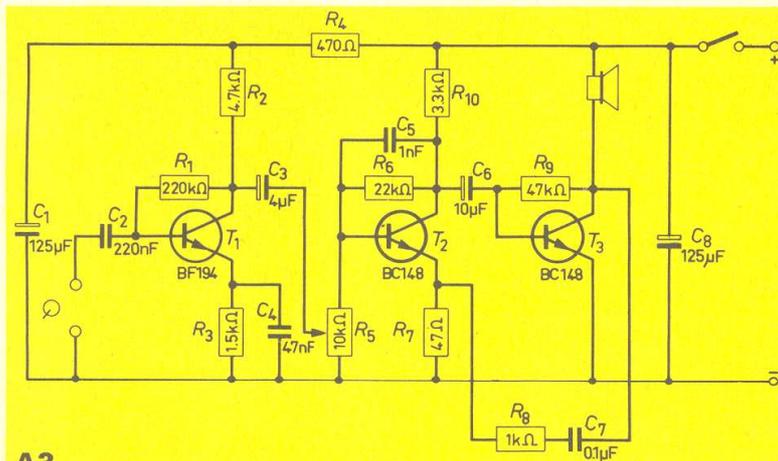
Diese ist hier zwischen der Emitterstufe und dem Endverstärker geschaltet. Der Widerstand R5 und der Elektrolyt-Kondensator C3 bilden ein Filter, das evtl. auftretende Schwankungen der Batteriespannung vom Vorverstärker fernhält.

## A2 Verstärker mit Gegentakt-Endstufe

Die Ausgangsstufe dieses Verstärkers unterscheidet sich von der bisher besprochenen. Es ist eine Gegentaktendstufe, d.h. dass die Veränderungen des Stroms in den beiden Transistoren gegenläufig sind. Während der Strom, der durch den Transistor T2 fließt, ansteigt, vermindert sich der, der durch den Transistor T3 fließt und umgekehrt.

Wie Du siehst, sind die beiden Transistoren in Serie an die Batteriespannung gelegt. Es ist daher auf den ersten Blick nicht zu erkennen, dass die Ströme durch





A3

die beiden Transistoren T 2 und T 3 voneinander verschieden sein können. Dem Gleichstrom in den beiden Transistoren ist nämlich bei Aussteuerung ein Wechselstrom überlagert.

Zum Unterschied zur Schaltung A 1 fließt hier kein Gleichstrom durch den Lautsprecher. Ein Vorteil dieser Gegentaktstufe ist, dass nur sehr kleine Verzerrungen möglich sind, weil die Unterschiede der Transistoren ausgeglichen werden. In den meisten Verstärkerstufen werden beide Endtransistoren direkt durch den Vorverstärker angesteuert. Hier ist es anders. Der Transistor T 1 steuert nur den Transistor T 3 an. Der Kollektor-Wechselstrom dieses Transistors fließt nicht nur durch den Lautsprecher, sondern auch durch einen Widerstand R 9. Die Wechselspannung, die über diesem Widerstand abfällt, steuert den Transistor T 2 über R 8 und C 5 an.

### A3 Dreistufiger Verstärker mit Tonblende

Mit 3 Verstärkerstufen in Kaskaden-Schaltung leistet dieser Verstärker mehr als notwendig. Deshalb kann man eine Gegenkopplung einbauen. Hierunter versteht man das Zurückleiten eines Teils der Ausgangsspannung des Verstärkers zum Eingang. Die Eingangsspannung und die zurückgekoppelte Spannung sind dabei

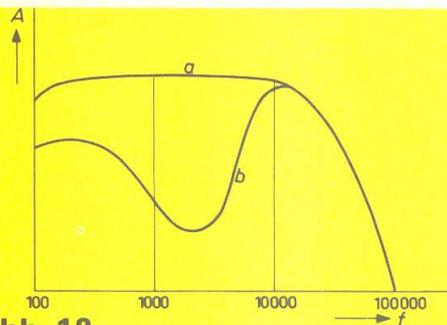


Abb. 18  
a—Frequenzgang ohne Gegenkopplung  
b—Frequenzgang mit Gegenkopplung

gegenphasig. Solche Gegenkopplung kann man auf eine oder mehrere Verstärkerstufen wirken lassen. In dem Schaltbild gibt es zwei Gegenkopplungen, einmal wird über den Kondensator C 7 und den Widerstand R 8 Spannung vom Lautsprecher zum Emitter des Transistors T 2 zurückgeführt. Dies bedeutet Gegenkopplung über zwei Stufen. Ausserdem gibt es eine einstufige Gegenkopplung über den Kondensator C 5 zwischen Kollektor und Basis des Transistors T 2. Stelle Dir vor, wir haben einen Verstärker, der eine Eingangsspannung von 0,1 V benötigt, um eine Ausgangsspannung von 10 V zu erzeugen (Verstärkungsfaktor 100-fach). Wir leiten jetzt über die Gegenkopplung 0,9 V von der Ausgangsspannung in Gegenphase zum Eingang zurück. Wollen wir wieder 10 V Ausgangsspannung erreichen, so muss jetzt die Eingangsspannung auf 1 V erhöht werden, damit wieder 0,1 V Steuerspannung am Eingang steht (Eingangsspannung 1 V – Gegenkopplungsspannung 0,9 V = Steuerspannung 0,1 V). Mit Gegenkopplung ist der Verstärkungsfaktor dann nur noch 10-fach. Ursprünglich war er 100-fach. Gegenkopplung ermöglicht viele Verbesserungen (z.B. Verminderung der Verzerrung eines Verstärkers) – verringert aber seinen Verstärkungsfaktor. Man kann den Frequenzgang eines Verstärkers dadurch beeinflussen, dass man die Gegenkopplung frequenzabhängig

auslegt. Das bedeutet, dass die Gegenkopplung nicht für alle Frequenzen gleich gross ist, so dass die Verstärkung in Abhängigkeit von der Frequenz verschiedene Werte aufzeigt (Abb. 18).

## B. FERNMELDEWESEN

In verschiedenen Schaltungen dieses Baukastens findest Du Oszillatoren. Auch in den Schaltungen B1 und B3. Oszillatoren erzeugen Wechselfrequenzen verschiedener Frequenz. Die Frequenz hängt von dem Wert der Einzelteile, die verwendet werden, ab und liegt meistens zwischen 10 Hz und 100 kHz. Man unterscheidet zwei Hauptgruppen:

a) LC-Oszillatoren. Die Frequenz wird durch eine oder mehrere Spulen (L) und Kondensatoren (C) erzeugt.

b) RC-Oszillatoren. Die Frequenz wird durch einen oder mehrere Widerstände (R) und Kondensatoren (C) erzeugt.

Der LC-Oszillator filtert eine bestimmte Frequenz aus einem Signal, das sich aus einer Vielzahl von Frequenzen zusammensetzt. Darum braucht die Qualität des erzeugten Signals nicht so sehr gut zu sein und die Toleranz der verschiedenen Einzelteile kann etwas grösser sein.

Von Nachteil ist es, dass dieser Oszillator für niedrige Frequenzen sehr teuer ist, weil grosse teure Spulen und grosse Kapazitätswerte benötigt werden, und dass die Frequenz sehr schwer zu variieren

ist. Aber für hohe Frequenzen wird er sehr oft benutzt. Die Nachteile sind hier nicht vorhanden, weil man mit kleinen Spulen und kleinen Kondensatoren arbeiten kann. Beim RC-Oszillator muss für eine bestimmte Frequenz die Rückkopplung sehr sorgfältig eingestellt werden.

Die Rückkopplung ist zum Unterschied zur Gegenkopplung das gleichphasige Rückführen eines Teiles der Ausgangsspannung zum Eingang. Deshalb ist der RC-Oszillator von der Toleranz der verschiedenen Einzelteile sehr abhängig. Auch eine konstante Batteriespannung ist wichtig.

### B1 Morseübungsgerät mit Lautsprecher

Diese Schaltung besteht aus zwei Teilen. Dem Oszillator mit den Transistoren T1 und T2 und der Verstärkerstufe mit dem Transistor T3. Die Verstärkerstufe verstärkt das Signal, so dass es von einem Lautsprecher wiedergegeben werden kann. Der RC-Oszillator hat eine Rückkopplung über eine sogenannte „Wien-Brücke“ (Abb. 19). Dieser spezielle Oszillator erzeugt eine Wechselfrequenz sehr konstanter Frequenz. In dieser Schaltung braucht der Verstärkungsfaktor nur dreifach zu sein. Da er aber viel grösser ist, wird eine veränderliche Gegenkopplung (C5, R6, R7,) eingebaut, um die Verzerrungen klein zu halten. Wenn die Gegenkopplung sehr genau eingestellt

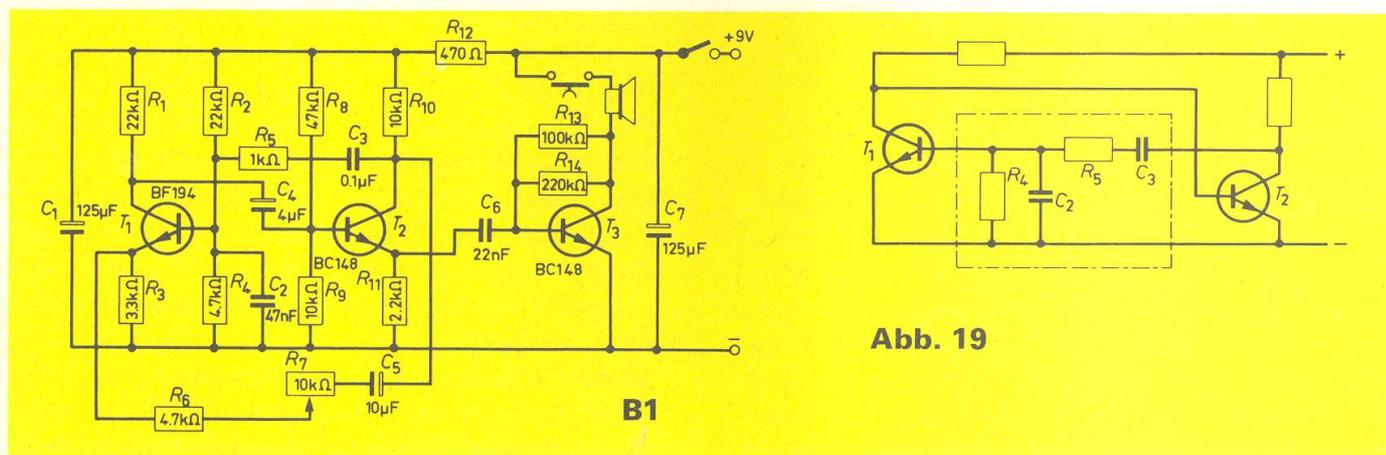
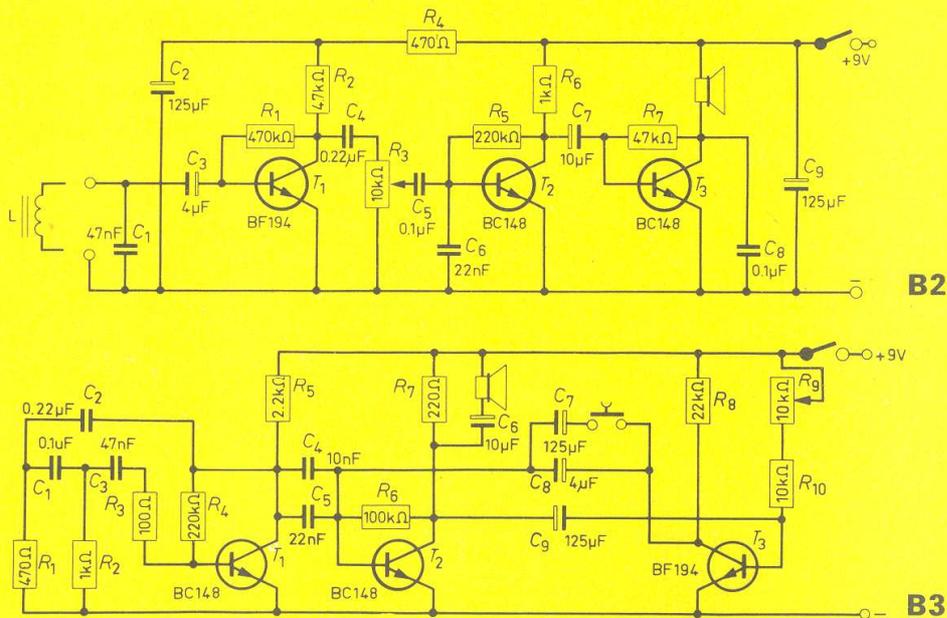


Abb. 19

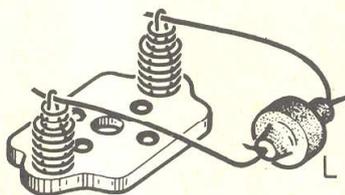


wird, erzeugt dieses Gerät ein sehr gutes Sinus-Signal. Wird die Gegenkopplung vermindert, kann die einsetzende Verzerrung deutlich gehört werden. Nimmt die Batteriespannung ab, muss auch die Gegenkopplung vermindert werden. Eine richtige Morsetaste kannst Du an der Vorderseite an den Kontaktfedern anschließen.

## B2 Telefonverstärker

Dies ist ein dreistufiger Verstärker, in dem alle Transistoren in Emitter-Schaltung arbeiten. Das ergibt einen grossen Verstärkungs-Faktor. Die Drosselspule wird mit zwei langen Drähten angeschlossen.

Abb. 20



(s. Abb. 20). Sie gibt ein Signal ab, wenn Du sie in ein niederfrequentes Magnetfeld hältst. Solch ein Feld befindet sich um den Telefonapparat, weil Eisenkern-Drosselspulen oder Transformatoren in ihm ein-

gebaut sind. Den besten Platz für die Drosselspule musst Du durch Versuche herausfinden. Die Spule erzeugt ein so schwaches Signal, dass es direkt an die erste Stufe geleitet werden kann, ohne dass diese übersteuert wird. Die Lautstärkeregelung liegt deshalb zwischen der ersten und zweiten Stufe. Die Frequenz des Eingangssignals ist durch die Kondensatoren C 1, C 4, C 5 und C 6 begrenzt.

Nur die Sprechfrequenzen werden durchgelassen, weil sonst wegen des grossen Verstärkungs-Faktors ein Brumm auftreten oder ein Eigenschwingen einsetzen würde. Eine andere Art Eigenschwingung kannst Du erzeugen, wenn Du die Spule in die Nähe des Lautsprechers hältst.

## B3 Telefonzeichen-Geber

Diese Schaltung besteht aus zwei Teilen: Dem RC-Oszillator mit dem Transistor T1, der einen Ton erzeugt, wie ihn die Post in den Telefonen benutzt. Dieser Ton wird zur zweiten Stufe geleitet, einem Multivibrator mit den Transistoren T2 und T3. Ein Multivibrator ist ein elektronischer Schalter, der sich mit einer bestimmten Frequenz öffnet und schliesst. In diesem

Falle öffnet und schliesst sich der Transistor T 2 periodisch. Die Geschwindigkeit kann durch Schliessen des Schalters, der bei C 7 sitzt, verlangsamt werden. Der Transistor T 2 verstärkt, wenn er arbeitet, das Signal des Oszillators und gibt es an den Lautsprecher weiter. Der Lautsprecher kann nicht direkt an den Kollektor des T 2 angeschlossen werden, weil die Induktivität des Lautsprechers das einwandfreie Arbeiten des Multivibrators stören würde.

## C RADIO

Das Detektor-System, das auf Seite A29 beschrieben wurde, wird praktisch in allen Rundfunk-Empfängern verwendet. Es ist einfach, zuverlässig und hat eine gute Leistung, weil das NF-Signal nach der Demodulation dieselbe Form hat, wie die Modulation der Trägerwelle.

Dennoch hat es einige Nachteile. Der wichtigste ist, dass ein Dioden-Detektor nur mit einer bestimmten Spannung, z.B. 0,1–10 V arbeitet. Wenn die Träger-spannung zu gering ist, lässt der Wirkungsgrad des Detektors nach, d.h. die Empfindlichkeit wird geringer und die Verzerrungen steigen an. Im Prinzip ist es nicht schwierig, Detektoren zu bauen, die mit mehr als 10 V-Spannung arbeiten. Aber einen Lautsprecher direkt hinter einem Detektor zu betreiben, führt zu unpraktischen und unwirtschaftlichen Schaltungen. Darum gibt es in jedem Empfänger eine oder mehrere Hochfrequenz-Verstärkerstufen vor dem Detektor und eine oder mehrere Niederfrequenz-Verstärkerstufen dahinter.

Auch der Empfänger C1 ist so aufgebaut. Ein Transistor arbeitet sowohl als HF- als auch als NF-Verstärker. In grösseren Empfängern, die sehr empfindlich sein müssen, ist es erforderlich, zwischen die Antenne und den Detektor mehrere Verstärkerstufen zu schalten. Dies führt jedoch zu Konstruktionsschwierigkeiten, auf die wir hier nicht im einzelnen eingehen wollen. Diese Schwierigkeiten lassen sich durch das „Super-Heterodyne“ Prinzip überwinden.

Der Diodendetektor, über den wir bisher geschrieben haben, ist nicht der einzige, den wir in diesem Baukasten benutzen. In der Empfängerschaltung C2, mit der man VHF (very high frequencies = sehr hohe Frequenzen – auch UKW = Ultra-Kurz-Welle genannt) empfängt, benutzen wir einen „Super Regenerativ-Detektor“. Dieser Detektor wird wegen seiner ausgezeichneten Eigenschaft gern benutzt: Grosse Empfindlichkeit bei geringem Schaltungsaufwand.

## Aussenantenne und Erde

Beim Sender strahlt die Antenne die Radiowellen aus, in unserem Rundfunkgerät empfängt die Antenne die Radiowellen wieder. Eine Aussenantenne besteht aus einem Draht, der zwischen zwei hohen Punkten gespannt ist, z.B. Schornsteinen, und einer Verbindung zum Radio. Eine gute Aussenantenne empfängt mehr als ein Ferroceptor. Es ist jedoch nicht so einfach, eine Aussenantenne anzubringen. Du darfst nicht auf das Dach klettern oder Löcher in Fensterrahmen bohren, ohne die ausdrückliche Erlaubnis Deiner Eltern. Überhaupt solltest Du diese Arbeiten Erwachsenen überlassen.

Beim Bau musst Du zwei Dinge beachten: Die Antenne darf nicht direkt mit dem Schornstein verbunden sein, sondern muss von ihm isoliert werden. Für diesen Zweck gibt es spezielle Isolatoren. Auch solltest Du jede Verbindung der Antenne verlöten. Noch besser wäre es, Du benutzt einen durchgehenden Draht, an dem es gar keine Lötstellen gibt.

Wenn Du eine Aussenantenne benutzt, solltest Du unbedingt auch eine Erdleitung anschliessen. Mit Erde meinen wir natürlich nicht die Erde in einem Blumentopf. Die Wasserleitungen sind eine sehr gute Erdleitung. Diese Leitungen sind über lange Entfernung in der Erde verlegt und haben daher einen guten Kontakt mit ihr. Es genügt deshalb, Deine Erdleitung an das Wasserrohr anzuschliessen. Die Wasserleitung muss natürlich aus Metall bestehen, und Rost oder Farbe müssen an der Anschluss-

Stelle abgekratzt werden.

Dieser Baukasten enthält kein Material für eine Hoch-Antenne oder Erdleitung. Auf der Bestückungskarte C1 sind die Punkte angegeben, an denen die Erdleitung und die Antenne angeschlossen werden.

### UKW-Antenne

Was hier über Aussenantennen gesagt wurde, gilt für MW- und KW-Empfang. Die Schaltung C2 ist aber zum Empfang von UKW-Signalen ausgelegt und die hierfür benötigten Antennen unterscheiden sich von den anderen. Im VHF-Band senden die Fernseh- und UKW-Rundfunkstationen. Die benutzten Wellenlängen für die verschiedenen Rundfunk- und Fernseh-Sender sind:

FS Band I 47–68 MHz;

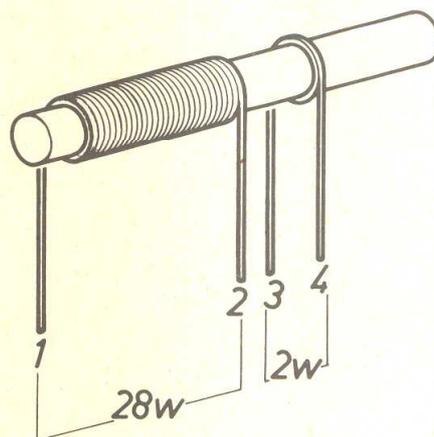
UKW-Rundfunk 87,5–104 MHz;

FS Band III 174–230 MHz.

Zum Empfang dieser Wellen werden auf die Empfangsfrequenz abgestimmte Antennen benutzt. Man nennt sie Dipole und Du hast sie bestimmt schon auf den Dächern der Häuser gesehen. Diese Antennen sind richtungsempfindlich, d.h. die Breitseite muss zum Sender hinweisen. Eine Dipolantenne besteht aus zwei Stäben gleicher Länge. In der Mitte zwischen den beiden Stäben befindet sich die Ableitung zum Empfänger. Du kannst diesen einfachen Dipol durch zwei Drähte gleicher Länge nachbilden. Dazu nimmst Du eine zweiadrige Zwillingslitze mit Kunststoffisolierung, die Du auf einer Länge von 1,50 m aufschneidest.

auf einer Holzleiste befestigen. Bei einer Dach- oder Bodenantenne muss der Dipol und die Ableitung mit Isolatoren aus Porzellan oder Kunststoff an der Wand befestigt werden. Dipole haben eine unangenehme Eigenheit. Ihre Länge muss mit der Wellenlänge, die empfangen werden soll, übereinstimmen. Die Länge des aufgeschnittenen Teils muss etwas weniger als die halbe Wellenlänge lang sein. In der Beschreibung der Schaltung C2 findest Du eine Tabelle mit den Antennenlängen für verschiedene Frequenzen. Die niedrigste Frequenz, für die man die Schaltung C2 auslegen kann, ist ungefähr 28 MHz (11 m).

Hier beträgt die günstigste Länge des Dipols ungefähr 5,50 m ( $\frac{1}{2}$  Wellenlänge). Das ist natürlich für eine Zimmerantenne zu lang. Es ist deshalb besser, das alte Antennensystem mit Erdleitung zu benutzen und eine Antenne von  $\frac{1}{4}$  Wellenlänge zu spannen (2,75).



Kurzwellen

Abb. 21

sprechen den Zahlen der MW-Spule im Schaltbild C1.

Schliesse die Drähte der Spulen an dieselben Anschlüsse, an die ursprünglich die der MW-Spule angeschlossen waren. Wenn Du ein Pfeiffen hörst, wechsele die Drähte 3 und 4 aus. Wenn Du nicht an der Küste wohnst, ist eine Aussenantenne unbedingt erforderlich. Wenn nun alles fertig ist, suche mit dem Drehkondensator sehr vorsichtig und wenn Du nicht allzu weit von einem Sender wohnst, kannst Du die Stationen auf diesem Band abhören.

### **C1 3-Transistor-MW-Reflex-Empfänger**

Das Reflex-Prinzip bedeutet, dass eine Verstärkerstufe zweifach ausgenutzt wird. Das geht natürlich nicht mit denselben Signalen, weil der Kreis dann schwingen würde. Meistens werden zwei Signale benutzt, deren Frequenz so sehr verschieden ist, dass man sie ohne weiteres trennen kann, z.B. wie auch in unserem Falle eine modulierte Hochfrequenz von 500 kHz und eine Niederfrequenz von weniger als 15 kHz.

In einem solchen Falle dürfen der HF- und der NF-Kreis andere Frequenzen nicht beeinflussen. Mehr noch, das HF- und das NF-Signal müssen nach der Verstärkerstufe getrennt werden. In dieser Schaltung arbeitet der Transistor T1 als Reflex-Verstärkerstufe.

Das HF-Signal vom Sender kommt von der Antenne, der Kopplungsspule L2 und Erde (der Kondensator C3 ist kein

Hindernis für das HF-Signal) über den Kondensator C4 an die Basis von T1 und erscheint verstärkt am Kollektor. Das HF-Signal kann nicht durch die Drosselspule und gelangt über C5 zum Detektor D1. Das demodulierte Signal (NF) gelangt über das Filter R1, R2 und C3, die Kopplungsspule L2 sowie den Kondensator C4 zur Basis von T1 und erscheint verstärkt am Kollektor. Das NF-Signal fließt über die Drosselspule (der Kondensator C5 ist ein Hindernis für das Signal) zum NF-Verstärker. So haben wir den Kreis geschlossen. Die Kopplungsspule L3, die aus 5 Windungen des isolierten Baudrahtes, die dicht um den Ferritstab gewickelt sind, besteht, kann zum Anschluss einer Aussenantenne benutzt werden. Dann kann man auch schwache Sender empfangen. Es ist in diesem Falle wichtig, auch eine Erdleitung anzuschliessen. Wegen der geringen Trennschärfe ist es nicht möglich, schwache Sender, die neben einem starken Sender liegen, zu empfangen.

### **C2 UKW-Radio**

Dieses Gerät musst Du sehr sorgfältig aufbauen und abstimmen. Das Bestücken der Grundplatte geschieht ausnahmsweise von der Unterseite, damit die Verbindungsdrähte so kurz wie möglich bleiben. Die Empfindlichkeit und Trennschärfe sind am grössten, wenn das Potentiometer so weit aufgedreht ist, dass das Gerät gerade noch rauscht. Damit Du verschiedene Frequenzbänder

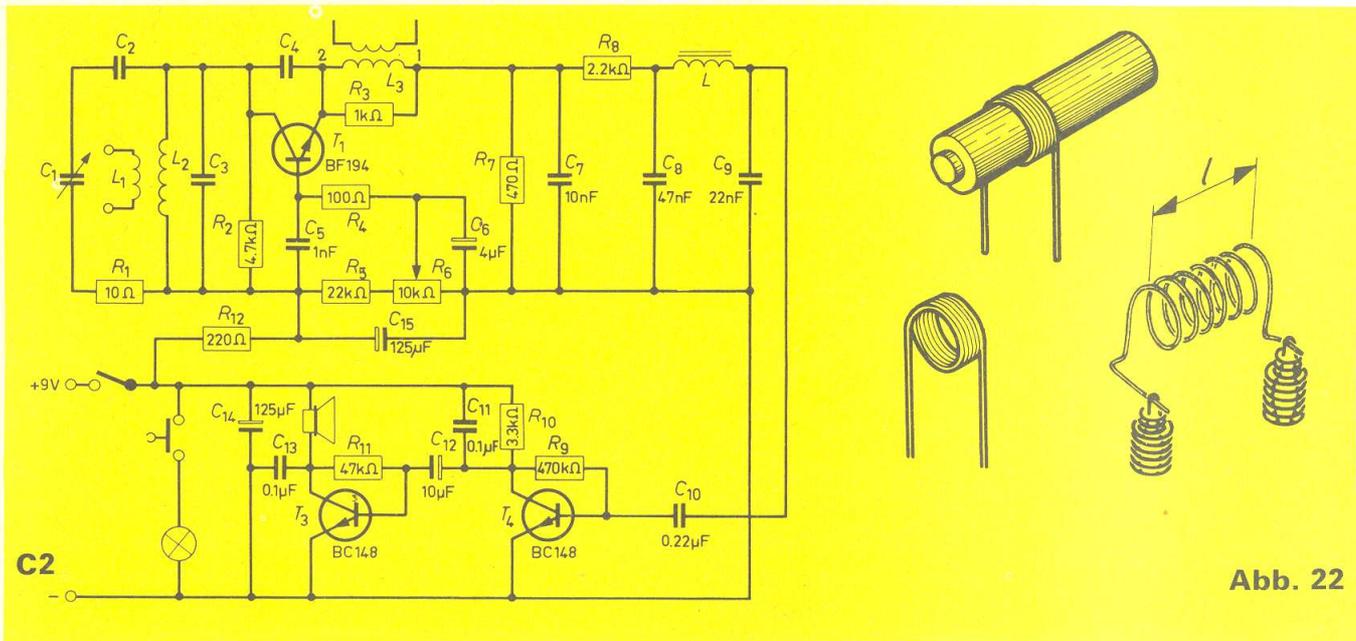


Abb. 22

empfangen kannst, musst Du L2, C2, C3 und C4 (siehe Aufstellung 3) auswechseln. L1 hat immer zwei Windungen. Die Spulen stellst Du Dir – wie in Abb. 22 gezeigt wird – selbst her. Für den Durchmesser von 10 mm benutze den Ferritstab und für 16 mm nimm eine Batterie. Die Windungen musst Du soweit auseinander ziehen, bis die Spule die gewünschte Länge hat. Im Hochfrequenzteil liegt der Abstimmkreis L2, C1, C2 und C3. Dies ist ein sehr komplizierter Kreis, weil er nur für wenige Frequenzen innerhalb des Bandes ausgelegt sein darf. Sonst wäre es nicht möglich, einen bestimmten Sender einzustellen, weil eine geringe Drehung des Drehkondensators schon eine grosse Frequenzänderung bewirkt. Mehr noch, die Kapazität des Kreises darf nicht zu

gross werden. Durch die Rückkopplung über den Kondensator C4 beginnt der Transistor T1 zu schwingen, und zwar unterschiedlich bei verschiedenen Frequenzen. Das HF-Signal wird von der Antenne zum Oszillator geführt. Der Oszillator, der den Super-Regenerativ-Detektor darstellt, schwingt sich so stark auf, dass er sein eigenes Signal nicht mehr verarbeiten kann und plötzlich abbricht. Nach einer kurzen Erholungspause beginnt er wieder zu schwingen, bis die Schwingung dann plötzlich wieder abbricht. Der Beginn und das Ende einer Schwingung folgen so schnell aufeinander, dass man es nicht hören kann – etwa 50.000 mal in der Sekunde. Wir nennen diese Frequenz eine Pendelfrequenz. Diese Frequenz erscheint auch am Ausgang des Detektors. Damit die Pendelfrequenz nicht in den NF-Verstärker gelangen kann, wird sie über das Filter R8, C8, L4 und C9 gegen Masse abgeleitet.

Ein moduliertes Sendersignal verändert stetig das Verhältnis von der Trägerfrequenz zur Modulation. Diese Änderung wirkt beim Empfang auf den Schwingvorgang des Oszillators ein, d.h. durch den Empfang von einem modulierten Empfangssignal wird das Öffnen und Schliessen des Oszillators verändert. Durch den Oszillator fliesst ein kon-

### Aufstellung 3

Frequenz	Spulen-Durchmesser	Anzahl der Windungen	Länge der Spule	C2	C3	C4
26–31 MHz	16	10	20	22pF	10pF	47pF
80–100 MHz	10	3	8	22pF	10pF	10pF
115–135 MHz	16	1*	–	22pF	10pF	10pF

\* Zu einem Halbkreis ausziehen



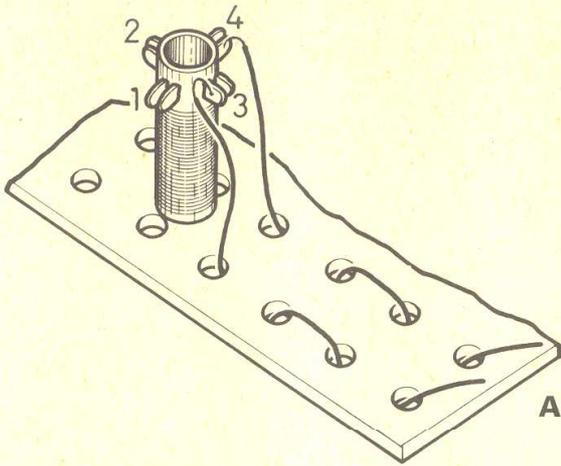


Abb. 23

stanter Gleichstrom. Dieser Gleichstrom verändert sich, wenn der Oszillator schwingt. Da der Oszillator sehr schnell, d.h. mit einer hohen Frequenz schwingt, ändert sich der Gleichstrom im gleichen Rhythmus. Wenn jetzt das Empfangssignal mit seiner Modulation das Schwingen beeinflusst, verändert sich auch wieder der Gleichstrom im Oszillator. Diese Gleichstromänderungen entsprechen der Modulationsfrequenz im Sendersignal. Über den Kondensator C10 leiten wir die Gleichstromänderungen = NF-Signal zum NF-Verstärker.

L3 ist eine Drosselspule, d.h. eine Sperre für das VHF-Signal. Deshalb benutzen wir die Antennenspule des Baukastens. Der graue und grüne Draht der nicht benutzten Kopplungsspule wird so durch die Löcher des Versuchsbrettes gesteckt, dass sie keinen Kurzschluss verursachen können (Abb. 23).

#### D. ELEKTRONISCHE SIGNALANLAGEN

In diesem Kapitel findest Du Schaltungen, in denen zwei Transistoren zusammen wie ein Ein-Ausschalter arbeiten. Eine solche Schaltung ist z.B. B3. Aber jetzt wollen wir Dir erst erklären, wie verschiedene Schaltkreise arbeiten.

In den bisherigen Schaltungen arbeiteten die Transistoren als Linear-Verstärker. Der Kollektorstrom enthielt Veränderungen, die den Veränderungen entsprachen, die wir der Basis zuführten. Jetzt befassen wir uns mit Schaltkreisen, in denen Transistoren entweder Strom – dessen Grösse von der Schaltung be-

stimmt wird – oder keinen Strom durchlassen. Wenn Strom fliesst, liegt praktisch keine Spannung über dem Transistor. Ist der Transistor ausgeschaltet (kein Stromfluss), steht eine beträchtliche Spannung über ihm.

Aus dieser Beschreibung ergibt sich, dass der Transistor wie ein ganz gewöhnlicher Schalter arbeitet. Schalten wir eine Batterie, eine Glühlampe und einen Schalter in Serie, passiert dasselbe. Sobald der Schalter eingeschaltet ist, fliesst ein Strom durch ihn, dessen Grösse von der Glühlampe und der Batteriespannung bestimmt wird. Ist der Schalter ausgeschaltet, entspricht die Spannung über ihm genau der Batteriespannung. Schaltkreise – wie wir sie hier beschreiben – werden in der Praxis in elektronischen Rechenmaschinen und Computern benutzt. Die Schaltkreise haben zwei Transistoren, von denen einer in der „Ein“ Position und der andere in der „Aus“ Position steht. Der Transistor in der Stellung „Ein“ hält den anderen in der Stellung „Aus“ und umgekehrt.

Die erste Schaltung (Abb 24), die wir beschreiben, nennt sich „Schmidt-Trigger“. Sie schaltet um und bleibt in der gewünschten Position durch eine Spannung, die von einer Spannungsquelle ausserhalb dieser Anlage stammt. Das Um-

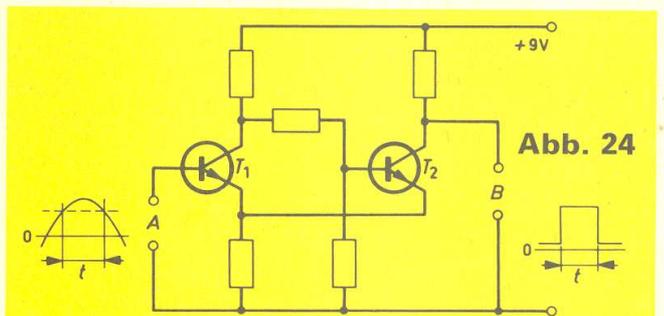


Abb. 24

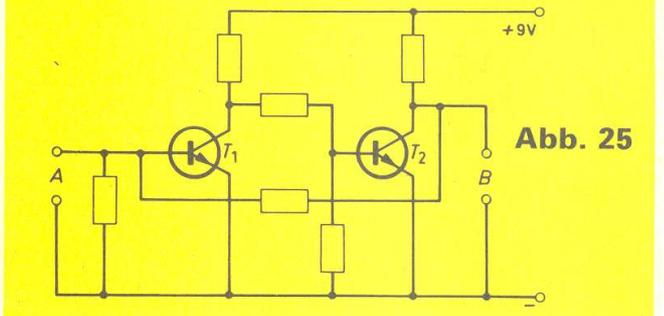


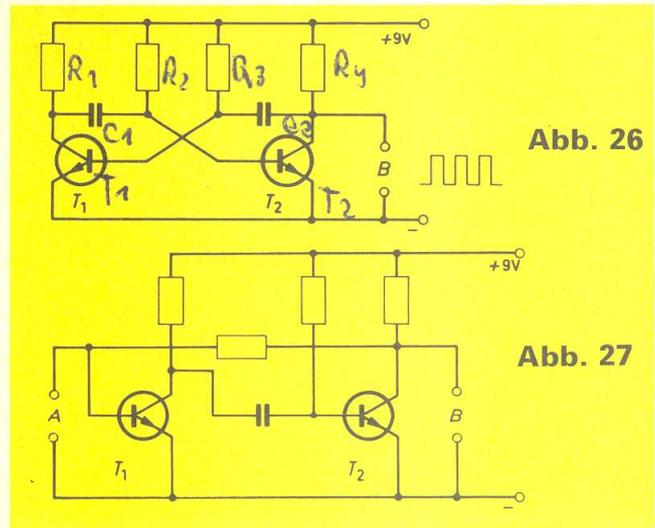
Abb. 25

schalten geschieht bei einem bestimmten Eingangspotential. Steigt die Eingangsspannung bei A allmählich an, ändert sich zunächst nichts.

T1 ist aus- und T2 eingeschaltet. Ist aber die kritische Eingangsspannung erreicht, ändert sich die Situation schlagartig. T1 schaltet ein und T2 aus. In diesem Augenblick springt die Ausgangsspannung bei T2 von z.B. 1V auf 9V, (wenn am Ausgang B kein Verbraucher angeschlossen ist). Ist ein Verbraucher angeschlossen, wird die Spannung etwas absinken. Sinkt die Kontrollspannung am Eingang wieder unter den kritischen Wert schaltet T2 wieder ab, die Ausgangsspannung (B) geht zurück.

Die zweite Schaltung (Abb. 25) trägt den charakteristischen Namen „Flip-Flop“. Sie funktioniert genauso wie die „Schmidt-Trigger“-Schaltung aber schaltet mit jeder Eingangsspannung. Das Eingangssignal wird nur zum Umschalten benutzt. Dieses Eingangssignal kann aus einer langsam wechselnden Spannung bestehen, die verschiedene Formen haben kann. Solch ein Wechsel kann auch von einem Kondensator herrühren. Eine positive Spannung an der Verbindung A bewirkt, dass T1 durchschaltet und dadurch T2 ausschaltet. Die Flip-Flop-Schaltung kann zurückgeschaltet werden durch eine negative Spannung am Eingang A oder durch eine positive Spannung an der Basis von T2. Eine Flip-Flop-Schaltung kann auch umgeschaltet werden, wenn man die Basis oder den Kollektor jedes Transistors mit seinem Emitter für einen kurzen Augenblick verbindet. Bei der Verbindung Basis/Emitter springt der Transistor in Aus-Position, während bei der Verbindung Kollektor/Emitter der Kreis so geschaltet ist, als wäre der Transistor leitend.

Dadurch schaltet der andere Transistor auf Aus und der erste wird durchgeschaltet. Weil eine Flip-Flop-Schaltung in jeder der beiden Positionen so lange verharrt, bis sie ein neues Signal erhält, nennt man sie bistabil. Sie arbeitet als Gedächtnis, das immer das zuletzt empfangene Signal anzeigt. Der dritte Schalt-



kreis (Abb. 26) ähnelt dem zweiten (Abb. 25). Er kann jedoch nicht in Ein- oder Ausposition verharren, sondern schaltet fortwährend Ein und Aus in einem Rhythmus, der durch die Werte der Kondensatoren und Widerstände in der Schaltung bestimmt ist. Er wird Multivibrator genannt und kann so schnell umschalten, dass man Tonfrequenzen und sogar Frequenzen, die unhörbar sind, erzeugen kann. Solch einen Schaltkreis kann man als Frequenz-Generator benutzen. Er produziert ein Rechteck-Signal, während ein normaler Oszillator ein Sinus-Signal erzeugt. Weil dieser Kreis seine eigene Schaltgeschwindigkeit hat, braucht er kein Kommando-Signal.

Es ist auch möglich, eine vierte Schaltung, nämlich eine Kombination eines Flip-Flops und eines Multivibrators zu bauen, (Abb. 27). In diesem Kreis ist T2 normalerweise durchgeschaltet und T1 ausgeschaltet. Eine positive Spannung, die kurzzeitig an den Eingang A gelegt wird, ändert diesen Zustand. Dieser neue Zustand kann jedoch nicht beibehalten werden, weil der Kopplungskondensator zwischen T1 und T2 nur kleine Veränderungen durchlässt. Nach kurzer Zeit schaltet der Kreis wieder in seine Ausgangsposition zurück. Die Zeit hängt von dem Wert des Basis-Widerstandes und Kondensators von T2 ab und kann zwischen einer Milli-sec. und mehreren sec. betragen.

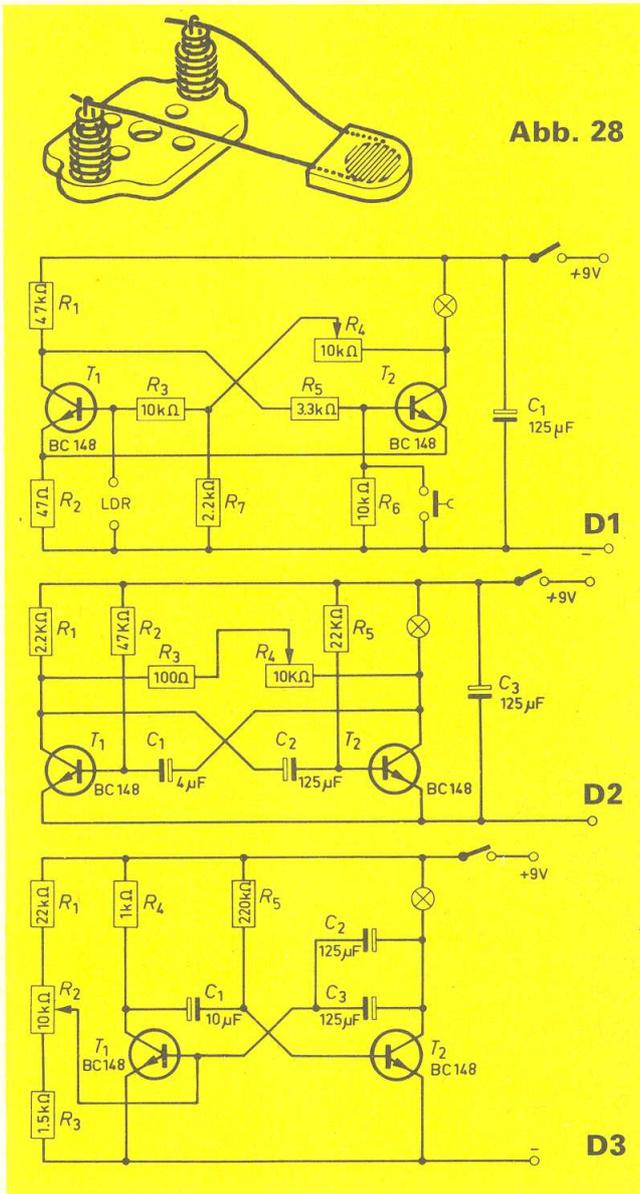


Abb. 28

D1

D2

D3

### D1 Lichtkontrollanlage

In dieser Flip-Flop-Schaltung wird das Umschalten durch eine Veränderung des Widerstandwertes des LDR verursacht. Wenn Licht auf den LDR fällt, ist T1 ausgeschaltet, dadurch schaltet T2 ein und die Glühlampe brennt. Fällt kein Licht mehr auf den LDR, schaltet der Kreis nicht zurück, sondern die Glühlampe brennt weiter. Der Kreis kann durch Drücken der Taste zurückgeschaltet werden, die T2 ausschaltet. Der Einstellregler R4 bestimmt, bei welcher Lichtstärke das Umschalten erfolgen soll.

Abb. 28 zeigt, wie der LDR an einem Draht angeschlossen wird. Dieses Gerät zeigt,

ob jemand in einem Raum war, oder ob etwas bewegt wurde.

### D2 Blinklicht mit einstellbarer Phase

Ein langsamer Multivibrator schaltet die Glühlampe ein und aus. Die Umschaltfrequenz kann durch den Einstellregler R4 verändert werden.

### D3 Regelbares Blitzlicht

Diese Schaltung entspricht der Schaltung D2. Die Glühlampe blitzt nur kurz auf, während die Zeit, in der sie nicht leuchtet, viel länger ist. Wenn man diese Schaltung als Warnlicht benutzt, verbraucht sie nur wenig Strom. Die Zeit während der die Lampe nicht leuchtet, kann durch das Potentiometer R2 eingestellt werden. Die Brenndauer bleibt jedoch davon unberührt.

### D4 Licht- und Lautstärke-Messer

a) Licht-Messer. T2 und T3 sind als Flip-Flop geschaltet. Im Kollektorkreis von T2 ist ein LDR angeschlossen. Wenn dieser beleuchtet wird, ist der Widerstand des LDR so gering, dass T2 eingeschaltet ist. Dadurch ist T3 aus und die Lampe leuchtet nicht. Bei Dunkelheit steigt der Widerstand des LDR an und der Flip-Flop schaltet die Glühlampe an.

b) Lautstärke-Messer. Auch bei einer negativen Spannung an der Basis von T2 leuchtet die Lampe auf. Diese negative Spannung wird durch den Detektor-Kreis C2 und D1 erzeugt, der das Ausgangssignal von T1 gleichrichtet. Darum kann ein Ton, der vom Lautsprecher aufgenommen wird, ein Warnlicht einschalten. Durch Hinunterdrücken der Taste wird der Schaltkreis in seine Anfangsposition umgeschaltet.

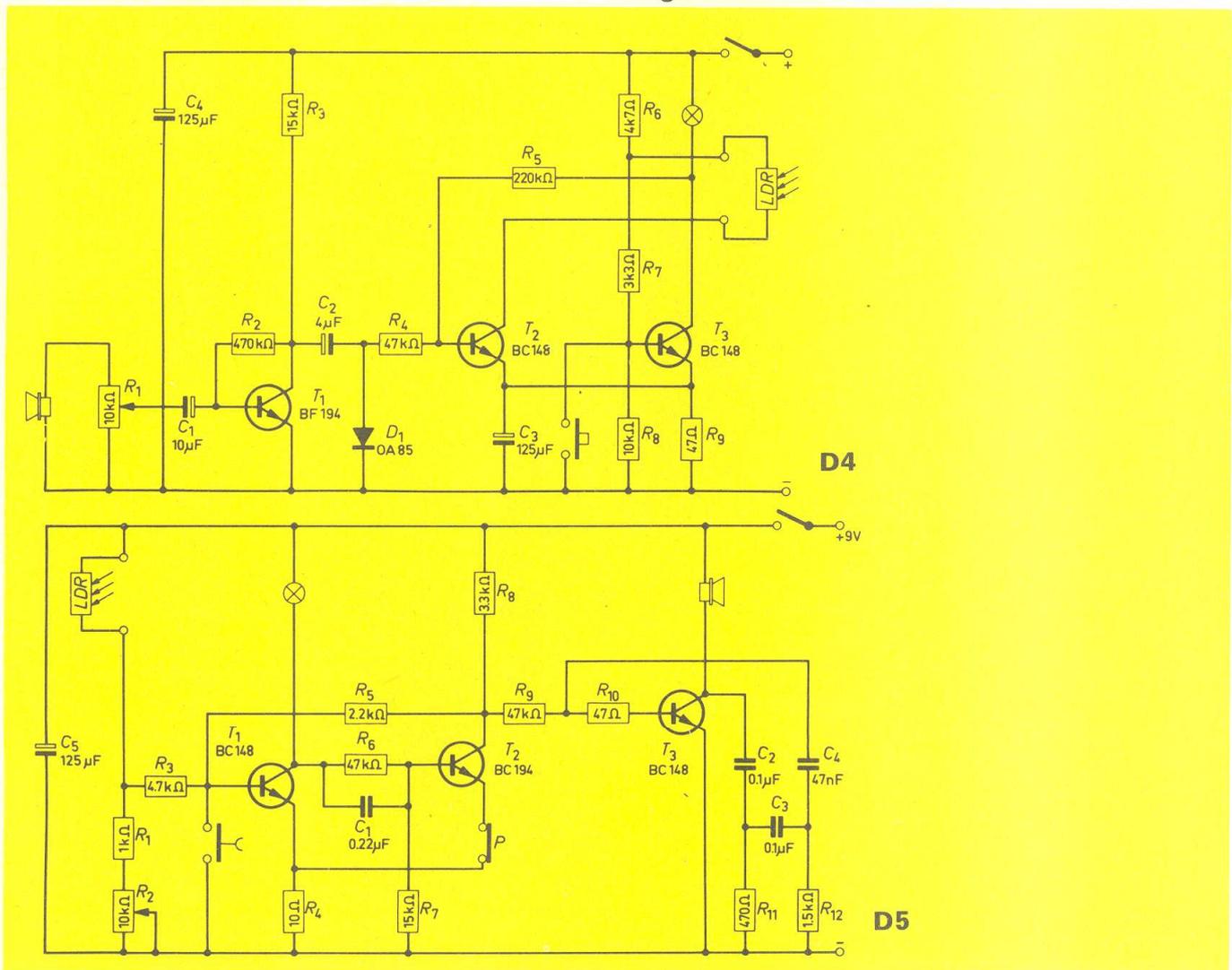
### D5 Einbrecher-Alarmanlage

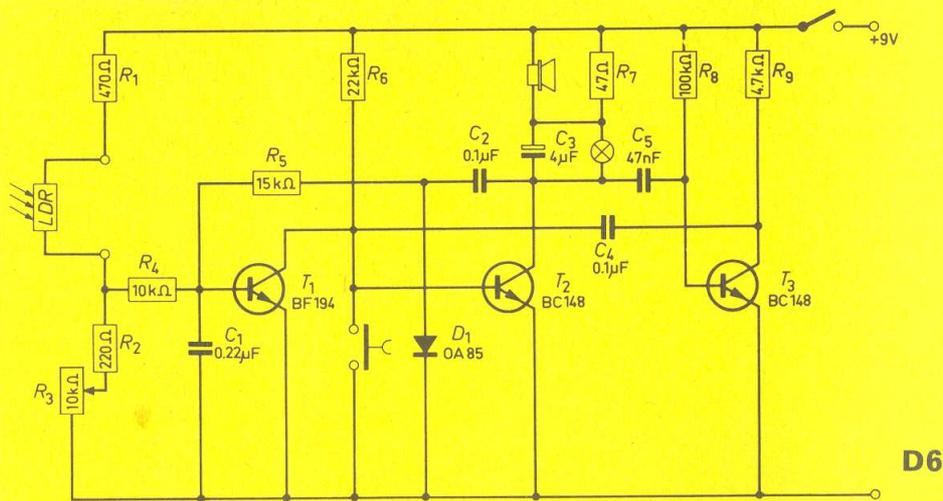
Ein bistabiler Flip-Flop mit T1 und T2 schaltet um, wenn sich der Widerstandswert des LDR bei Lichteinfall, z.B. durch

eine Taschenlampe, abschwächt. Die Beleuchtungsstärke, bei der die Anlage umschaltet, wird durch das Potentiometer R2 bestimmt. Im Dunkeln ist T1 aus- und T2 eingeschaltet. Wird der Fensterkontakt P in der Emitterleitung von T2 unterbrochen, schaltet der Kreis ebenfalls um. T3 ist an einen RC-Tongenerator angeschlossen, der zu schwingen beginnt, sobald Basisstrom fließt. Schaltet T2 ein, fließt kein Basisstrom durch R9 und R10, weil über T2 keine Kollektorspannung vorhanden ist. Wenn der Flip-Flop umschaltet, erreicht die Kollektorspannung von T2 einige Volt und T3 beginnt zu schwingen. Ein Heulton wird so lange vom Lautsprecher abgestrahlt, auch wenn das Fenster wieder geschlossen wird oder das Licht ausgeht, bis man ihn durch das Hinunterdrücken der Taste ausschaltet.

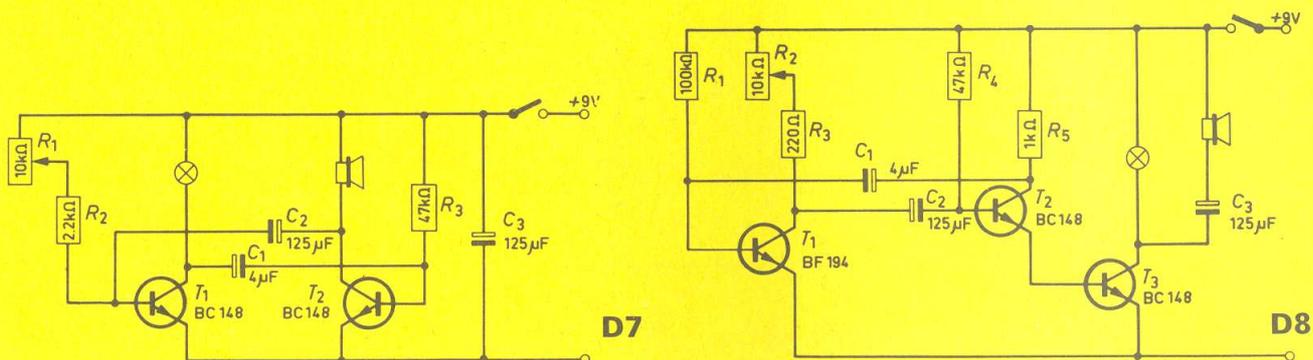
### D6 Signalanlage mit Dämmerungsschalter

In der Funktion erinnert dieser Apparat an den vorherigen, aber die Schaltung ist ganz anders. Hier beginnt der Alarm, wenn der LDR kein Licht mehr aufnimmt. Der Multivibrator T2 und T3 bleibt solange ausgeschaltet, wie der Transistor T1 die Basis von T2 kurzschliesst. Dieser Zustand bleibt solange bestehen, wie T1 ausreichenden Basisstrom durch R1, den beleuchteten LDR und R4 erhält. Geht das Licht aus, steigt der Widerstand des LDR an und der Basisstrom von T1 fließt nicht mehr. Dadurch schliesst T1 die Basis von T2 nicht länger kurz und der Multivibrator beginnt zu schwingen. Jetzt wird die negative Spannung durch den Gleichrichter D1 erzeugt, die T1 ausgeschaltet hält, auch wenn wieder Licht

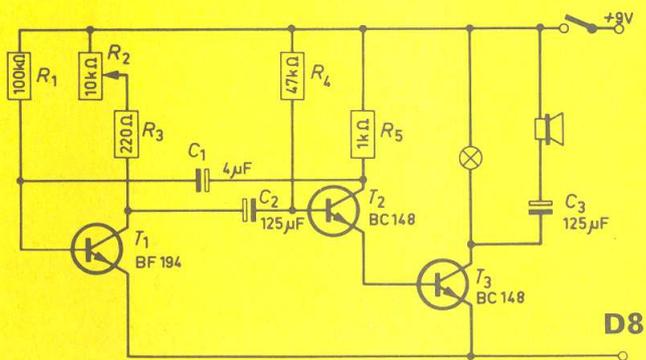




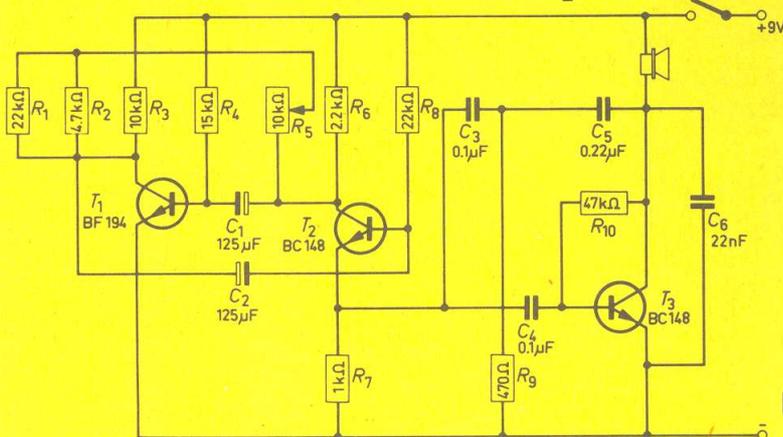
D6



D7



D8



D9

auf den LDR fällt. Der Alarmton wird erst unterbrochen, wenn Du die Taste drückst.

### D7 Zwei-Transistor-Richtungs-Anzeiger

Diese Schaltung entspricht der Schaltung D2. Der Lautsprecher bildet den Kollektor-Widerstand für T2. Darum wird das Schalten des Kollektorstromes als Klick hörbar. Der Kollektorstrom vom T1 wird durch die Glühlampe sichtbar. Die Schaltgeschwindigkeit kann durch das

Potentiometer eingestellt werden.

### D8 Licht-Ton-Betriebsanzeige

Die Wirkung dieser Schaltung ist dieselbe wie bei D7. Der Unterschied ist, dass der Multivibrator mit den Transistoren T1 und T2 nicht den Lautsprecher und die Glühlampe schaltet. Diese sind an den Schalttransistor T3 angeschlossen, der durch den Multivibrator ein- und ausgeschaltet wird.

## D9 Zweiklanghorn

Diese Schaltung erzeugt abwechselnd einen Ton mit höherer und tieferer Frequenz. Die Transistoren T1 und T2 sind als Multivibrator geschaltet. Wenn T1 eingeschaltet ist, wird durch einen RC-Generator ein bestimmter Ton erzeugt. Ist nach dem Umschalten des Multivibrators der Transistor T2 eingeschaltet, ändert sich die Tonfrequenz, weil dieser Transistor im Gegensatz zu T1 mit einem Emitterwiderstand ( $R_7$ , 1000 Ohm) arbeitet. Deshalb wechselt die Tonhöhe im Schaltrhythmus des Multivibrators.

## E ELEKTRONISCHES MESSEN UND KONTROLLIEREN

Messen ist das Bestimmen von Mengen, Grössen usw. Sehr bekannt sind Dir z.B. das Messen von Längen mit einem Lineal und Gewichten mit einer Waage. Diese Messungen sind der Vergleich mit einer bekannten Länge oder einem bekannten Gewicht. Viele Messungen werden durch das Übertragen von unbekanntem Abmessungen und Mengen in andere Einheiten ausgeführt. Waagen, die mit Federn arbeiten, übertragen das Gewicht z.B. durch die Feder in eine Bewegung des Skalenzeigers. Ein Thermometer überträgt eine Temperatur auf das Volumen einer gewissen Menge Quecksilber. Steigt die Temperatur, vergrößert sich das Volumen.

In der elektronischen Messtechnik werden alle Arten von Mengen, Abmessungen usw. in elektrische Ströme und Spannungen umgesetzt, die dann in elektrischen Schaltkreisen verarbeitet und angezeigt werden. Der gemessene Wert wird mit einer Anzeigeeinheit sichtbar gemacht, z.B. einer Meterskala. In elektronischen Kontrollsystemen werden die elektrischen Spannungen und Ströme nicht nur benutzt, um Messergebnisse anzuzeigen, sondern sie beeinflussen auch eine Kontrolleinheit, die den gemessenen Wert mit einem gewünschten Sollwert vergleicht. Z.B. hat man eine Maschine

konstruiert, die automatisch Kohlewiderstände herstellt. Eine dünne Kohleschicht wird auf eine Röhre aus Isoliermaterial aufgetragen. Die Widerstände, die aus der Maschine kommen, werden automatisch gemessen. Der Widerstandswert wird in eine Spannung umgesetzt, die an eine Kontrolleinheit weitergeleitet wird. Hier wird sie mit einer Standardspannung (Sollspannung) verglichen. Die Differenz zwischen den beiden Spannungen bestimmt, ob mehr oder weniger Kohle aufgetragen wird. Wenn der Widerstand zu gering ist, wird mehr Kohle aufgetragen. Wird die Standardspannung der Kontrolleinheit geändert, produziert die Maschine Widerstände mit einem anderen Wert.

In allen Kontrollsystemen wird die Information des Resultates eines Prozesses zu dem Punkt zurückgeführt, an dem das Resultat beeinflusst werden kann. Automatische Kontrollen von Prozessen finden deshalb immer in einem in sich geschlossenen Informationskreis statt, wo ein Strom von Informationen und ein Strom von Ergebnissen so gekoppelt werden, daß das Ende eines Prozesses seinen Anfang durch eine Messvorrichtung (M), einen Verstärker (A) und eine Kontrolleinheit (C) beeinflussen kann (Abb. 29).

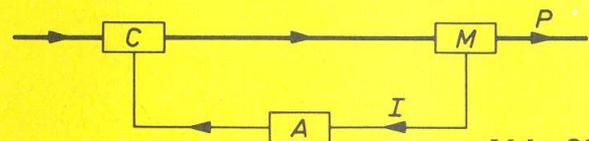


Abb. 29

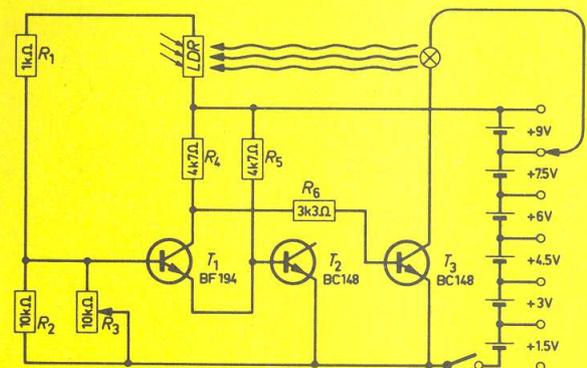
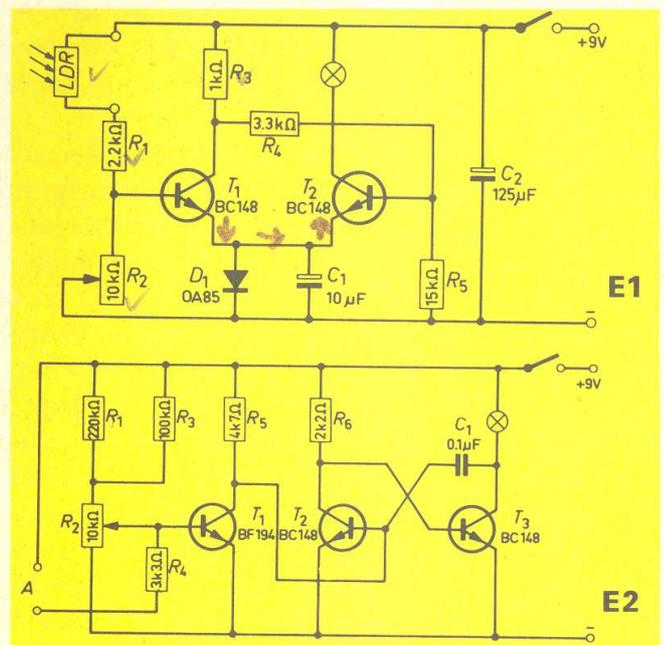


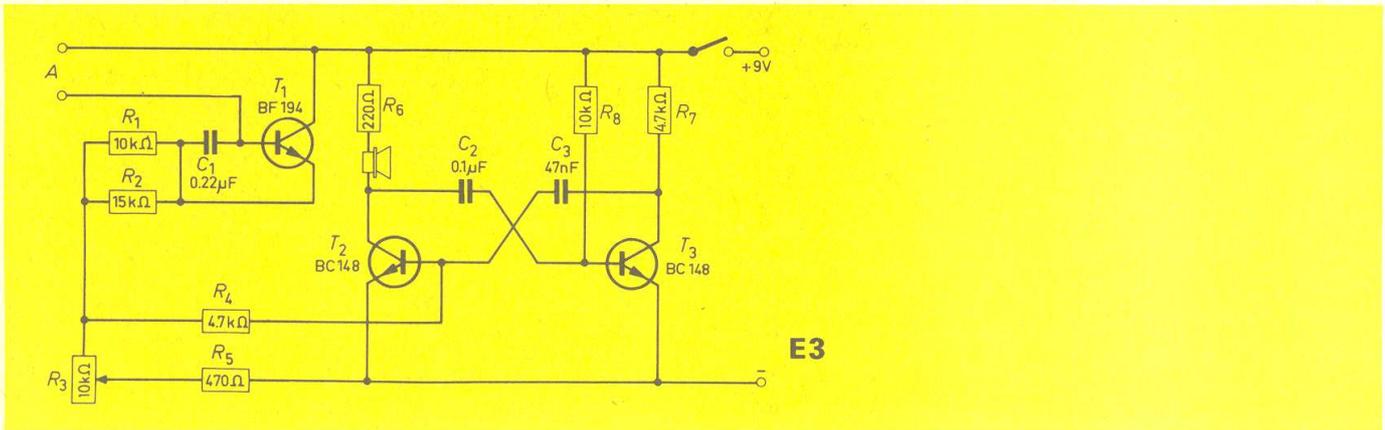
Abb. 30

Ein einfaches Beispiel eines solchen in sich geschlossenen Kreises, eines Kontrollkreises, kann mit diesem Experimentierkasten gebaut werden. Das Ziel dieses Kreises – siehe Abb. 30 – ist es, eine Glühlampe mit einer bestimmten Helligkeit leuchten zu lassen, unabhängig von der Batteriespannung oder anderen Umständen. Das Licht der Glühlampe fällt auf den LDR, und wir müssen sicherstellen, dass ihn kein anderes Licht beeinflussen kann. Darum stecken wir den LDR in eine schwarze Röhre. Wenn die Helligkeit der Lampe abnimmt, wird der Widerstand des LDR grösser. Daraus ergibt sich, dass die Spannung an der Basis und der Kollektorstrom von T1 geringer werden. T3 wird jetzt mehr Basisstrom ziehen und so wird sein Kollektorstrom grösser werden und die Helligkeit der Glühlampe erreicht wieder den gewünschten Wert. Dieser Wert kann durch Drehen des Potentiometers R3 eingestellt werden. Beim Anschluss an + 9V stellen wir das Potentiometer so ein, dass die Lampe schwach leuchtet. Wenn wir jetzt die verschiedenen Batterieanschlüsse benutzen, können wir die Batteriespannung um jeweils 1,5V verringern. Die Helligkeit der Lampe ändert sich aber nicht, bis wir zu wenig Spannung (3V oder 4,5V) abnehmen. Das Kontrollsystem hält die Lichtintensität auf einem vorher eingestellten Wert. Dieses Ergebnis wird durch das Funktionieren eines geschlossenen Kontrollkreises erreicht. Um dies zu demonstrieren, können wir den Kreis öffnen. Die einfachste Art ihn zu öffnen, ist die Lampe und den LDR zu trennen. Wir stellen jetzt mit dem Potentiometer die Lampe erneut so ein, dass sie schwach leuchtet und benutzen verschiedene Batterieanschlüsse. Die Helligkeit ändert sich jetzt mit der Batteriespannung. Dieser Test ist nicht ganz einfach durchzuführen, weil es schwierig ist, die Lichtmenge, die auf den LDR fällt, mit dem Potentiometer genau einzustellen. Es ist daher viel einfacher, den LDR durch einen 47 K-Ohm-Widerstand zu ersetzen, der dem Wert entspricht, den der LDR hat, wenn er durch die Lampe Licht erhält.

## E1 Automatisches Nachtlicht

Durch diese Schaltung leuchtet eine Lampe auf, wenn die allgemeine Helligkeit unter einen vorher eingestellten Wert fällt und sie geht aus, wenn die Beleuchtungsstärke allgemein über diesen Wert ansteigt. Die Schaltung besteht aus einem Schmidt-Trigger mit einem Spannungsteiler im Eingang. Das Potentiometer, mit dem die Stärke eingestellt wird, ist der eine Teil dieses Spannungsteilers. Die andere Hälfte besteht aus dem LDR und dem Widerstand R1, der zum Schutz von T1 in Serie geschaltet ist. Die Diode wird hier als gewöhnlicher Emitter-Widerstand für die beiden Transistoren benutzt, weil der Strom, der durch die beiden Transistoren fließt, sehr unterschiedlich ist (3,5mA gegen 50mA). Mit einem normalen Kohlewiderstand würde dies zu unakzeptablen Emitterspannungen führen. Wir könnten z.B. einen Emitter-Widerstand von 47 Ohm benutzen. Die Spannungen am Emitter würden dann zwischen 2,3V und 0,16V schwanken. Durch die Diode ändern sich die Spannungen jedoch nur zwischen 1V und 2,5V trotz der stark differierenden Ströme. Das Licht der Lampe darf nicht direkt auf den LDR fallen, sonst schaltet





das Gerät ständig ein und aus und die Lampe flackert.

### E2 Feuchtigkeitsanzeiger mit Lichtsignal

Diese Schaltung ist ein dreistufiger Gleichstromverstärker. Ein sehr kleiner Strom ( $1\mu\text{A}$ ), der die Basis vom T1 erreicht, bewirkt beim letzten Transistor T3 einen Ausgangsstrom, der so stark ist, dass die Lampe leuchtet. Der sehr geringe Eingangsstrom wird der Basis über einen Spannungsteiler zugeführt, der aus den Widerständen R1, R2, R3, R4 und einem Widerstand besteht, der ausserhalb der Schaltung liegt und mit dem Eingang A durch Drähte verbunden wird. Dieser Aussenwiderstand ist ein feuchtigkeitsempfindliches Element. Du baust es Dir aus einem Stück Papier, durch das Du 2 blanke Drahtenden nebeneinander steckst. Sie dürfen sich aber nicht berühren. Diese beiden Drähte werden dann mit den Eingangsanschlüssen verbunden.

### E3 Feuchtigkeitsfühler mit Hupe

Die Transistoren T2 und T3 liegen in einer Multivibratorschaltung. Dieser Multivibrator oszilliert aber nicht, weil die Spannung an der Basis von T2 so gering ist, dass dieser Transistor keinen Strom ziehen kann. Die Basisspannung von T2 wird durch einen etwas komplizierten Spannungsteiler bestimmt, in dessen einem Teil sich T1 befindet. Dieser Transistor arbeitet wie ein veränderlicher Widerstand, dessen Wert durch den Basisstrom beeinflusst wird. Die Grösse

dieses Basisstroms hängt von dem feuchtigkeitsempfindlichen Element ab, das an den Eingang A angeschlossen wird (siehe E2). Auch bei dieser Schaltung ist der Widerstandswert von der Feuchtigkeit abhängig. Bei welchem Feuchtigkeitsgrad der Multivibrator zu schwingen beginnen soll, kann durch das Potentiometer eingestellt werden.

### E4 Zeitschalter

Der Eingangsstrom eines Gleichstromverstärkers (T2, T3) ist der Entladestrom zweier Elektrolytkondensatoren. Solange dieser fliesst, zieht T2 Strom, dadurch ist T3 gesperrt und die Glühlampe leuchtet nicht. Wenn die Ladung des Kondensators fast erschöpft ist, wird der Eingangsstrom so gering, dass T2 keinen Kollektorstrom mehr zieht. Dann öffnet sich T3 und die Lampe leuchtet auf. Die Zeit, die die Kondensatoren zum Entladen brauchen, hängt davon ab, wie schnell der Strom abfliessen kann. Deshalb wurde eine besondere regelbare Entladungsstrecke eingebaut, damit diese Entladungszeit beeinflusst werden kann. Der Entladungsstrom fliesst sowohl konstant über die Basis von T2 als auch regelbar über die Basis von T1 ab.

Die Stärke wird durch das Potentiometer eingestellt, das als Emitter-Widerstand geschaltet ist. Die besondere Entladungsstrecke kann nicht durch das Potentiometer allein gebildet werden, weil sein Wert von 10 k-Ohm zu gering ist, um eine verhältnismässig lange Entladungszeit zu erreichen. Der Zeitschalter beginnt durch

das Hinunterdrücken der Taste zu arbeiten. Die Elektrolyt-Kondensatoren sind dann voll aufgeladen.

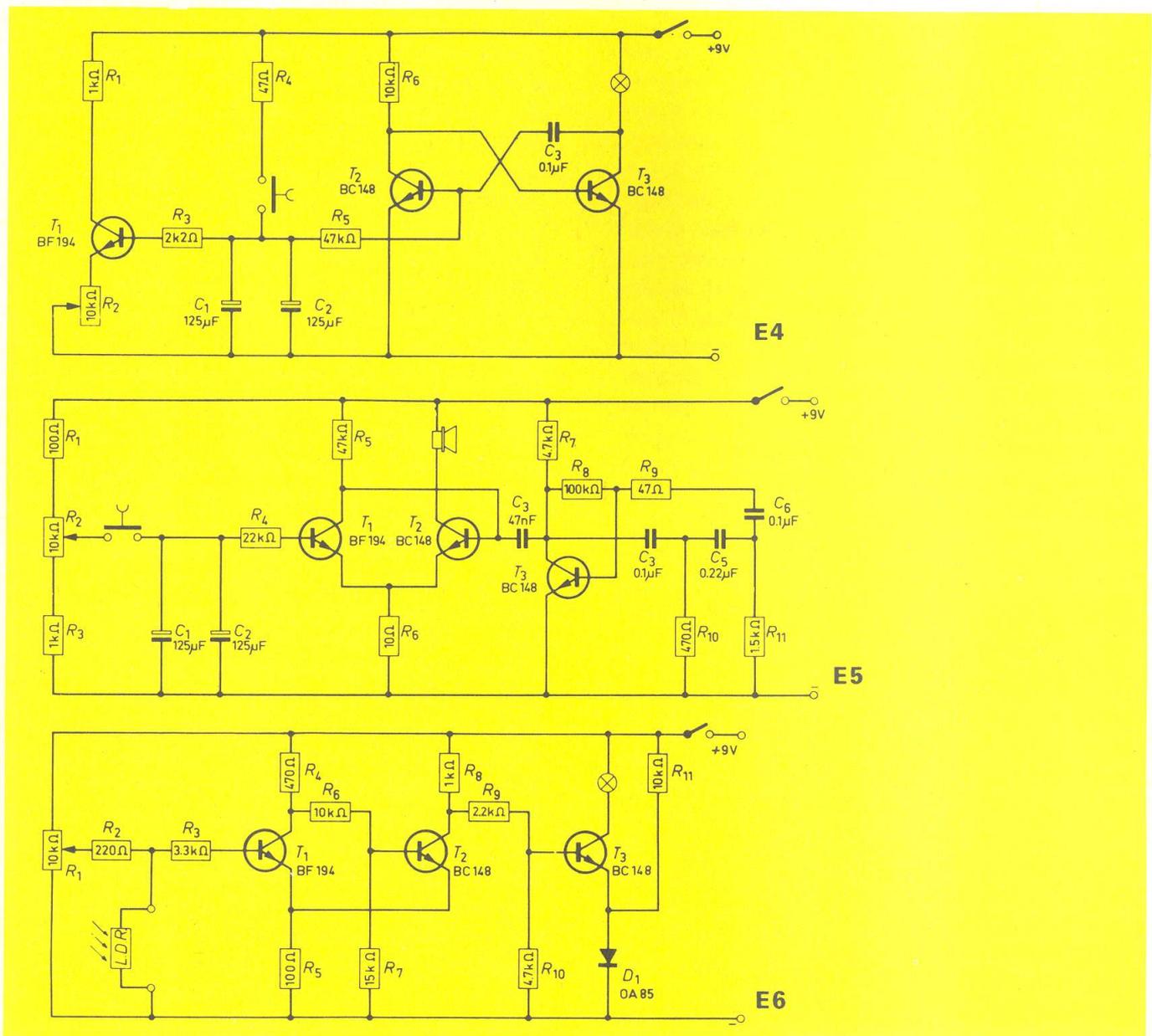
### E5 Zeitschalter mit Hupe

Auch hier wird die Zeit durch die Entladung zweier Elektrolyt-Kondensatoren gemessen. Der Unterschied ist jedoch, dass die Entladungszeit nicht durch die Erhöhung des Entladungsstromes verkürzt wird, sondern dadurch, dass man die Elektrolyt-Kondensatoren nicht voll auflädt. Der Entladestrom fließt durch die Basis von T1. Solange dieser Transistor Strom zieht, ist T2 gesperrt. Wenn die

Kondensatoren nahezu entladen sind, sperrt T1 und T2 öffnet sich. T3, der als RC-Tongenerator arbeitet, leitet eine Wechselfspannung zur Basis von T2. Sobald sich T2 öffnet, kann man den Ton, der von T3 erzeugt und von T2 verstärkt wird, im Lautsprecher hören.

### E6 Lichtstärkemesser

Die Transistoren T1 und T2 sind als „Schmidt-Trigger“ geschaltet. Die Basis-Spannung für T1 wird mit dem Potentiometer eingestellt. Bei welcher Stellung des Potentiometers der Schmidt-Trigger umschaltet, ist davon abhängig, wieviel



Licht auf den LDR fällt. Das Umschalten wird von der Lampe angezeigt.

Wenn der Emitter von T3 direkt mit dem negativen Pol verbunden wäre, würde der Transistor immer arbeiten. Die Kombination Diode D1 und Widerstand R11 erzeugt eine Emitter-Sperrspannung von 0,5 Volt. Damit der Transistor T3 sofort anfängt zu arbeiten, wenn T2 öffnet, liegt in der Emitterleitung der Widerstand R5. Dieser bewirkt, dass die Kollektorspannung an T2 nicht 0 werden kann, sondern 1 Volt am Kollektor stehen. Diese Spannung ist notwendig, um beim Öffnen von T2 die Sperrspannung an T3 aufzuheben. Fällt Licht auf den LDR, kannst Du am Potentiometer drehen, bis die Kontroll-Lampe aufleuchtet. Der Potentiometerknopf zeigt jetzt auf der Skala die Lichtstärke an.

#### E7 Messbrücke für Widerstand, Induktivität und Kapazität

Mit einer Messbrücke kann man den Wert eines unbekanntes Widerstandes, einer Spule oder eines Kondensators mit dem Wert eines bekannten Teiles vergleichen. Wir messen mit einer Brückenschaltung, die aus zwei parallel geschalteten Spannungsteilern besteht. Das Potentiometer ist einer der Spannungsteiler, und der andere besteht z.B. aus zwei Widerständen, von denen der Wert des einen ( $R_s$ ) bekannt ist und der des anderen ( $R_x$ ) gemessen werden soll. An den beiden Spannungsteilern ist ein Tongenerator G angeschlossen und die beiden Teilungspunkte A und B sind durch ein Spannungsanzeigergerät – in unserem Falle einem Ohrhörer – miteinander verbunden (Abb. 31). Wenn nun die Spannungen zwischen A und B unterschiedlich sind, wird der Ohrhörer einen Ton wiedergeben. Durch Drehen des Potentiometerknopfes ist es möglich, die Spannung bei A so zu verändern, dass sie mit B übereinstimmt. Der Ton wird dann verschwinden. In diesem Augenblick ist das Widerstandsverhältnis der beiden Spannungsteiler gleich. Jetzt können wir auf der Potentiometerskala das Teilungs-

verhältnis ablesen und wissen damit das Verhältnis der beiden Widerstände  $R_s$  und  $R_x$ . Wenn wir das Verhältnis eines bekannten zu einem unbekanntes Widerstand kennen, können wir dessen Wert errechnen.

Dasselbe gilt für zwei Kondensatoren oder zwei Spulen, jedoch nicht für unterschiedliche Einzelteile.

Auf der Bestückungskarte findest Du zwischen den Anschlusspunkten die Bezeichnungen  $Z_s$  und  $Z_x$ . Der Buchstabe Z bedeutet Impedanz. Impedanz ist der Widerstand, den ein Wechselstrom beim Durchfließen von Kondensatoren oder Spulen überwinden muss. Bei einer Spule steigt der Widerstand mit grösserer Induktivität. Bei einem Kondensator ist es umgekehrt. Hier sinkt der Widerstandswert mit steigender Kapazität oder Frequenz. Wir müssen dies berücksichtigen, wenn wir auf der Skala das Impedanz-Verhältnis ablesen. Wenn auf der Skala das Verhältnis  $Z_x = 2 \times Z_s$  abgelesen wird, bedeutet dies für Widerstände:  $R_x = 2 \times R_s$ , für Spulen:  $L_x = 2 \times L_s$ , aber für Kondensatoren:  $C_x = \frac{1}{2} \times C_s$ .

L bedeutet die Induktivität von Spulen. Wenn wir uns jetzt das Schaltbild von E7 ansehen, bemerken wir zuerst den Oszillator mit T1, der die Messfrequenz für die Brückenschaltung liefert. Es ist ein LC-Generator, der mit einer Frequenz von ca. 50 kHz arbeitet. Die Spannungsdifferenz der Brückenschaltung wird durch T2 verstärkt und zur Endstufe weitergeleitet. Wenn das verstärkte Signal direkt an den Lautsprecher geleitet würde, könnte man nichts hören, denn die Frequenz von 50 kHz ist unhörbar. Deshalb arbeitet T3 als Oszillator mit einer Frequenz, die etwas unter der Frequenz des ersten Oszillators liegt. Die Differenz-Frequenz kann im Lautsprecher gehört werden. Die Frequenz des zweiten Oszillators und damit auch die Differenz-Frequenz kann durch den Drehkondensator C6 verändert werden. Die Verstärkung von T2 wird grösser, wenn die Taste hinuntergedrückt ist, weil dadurch der Emitterwiderstand kurzgeschlossen wird.

Das Messen mit der Brücke ist sehr ein-

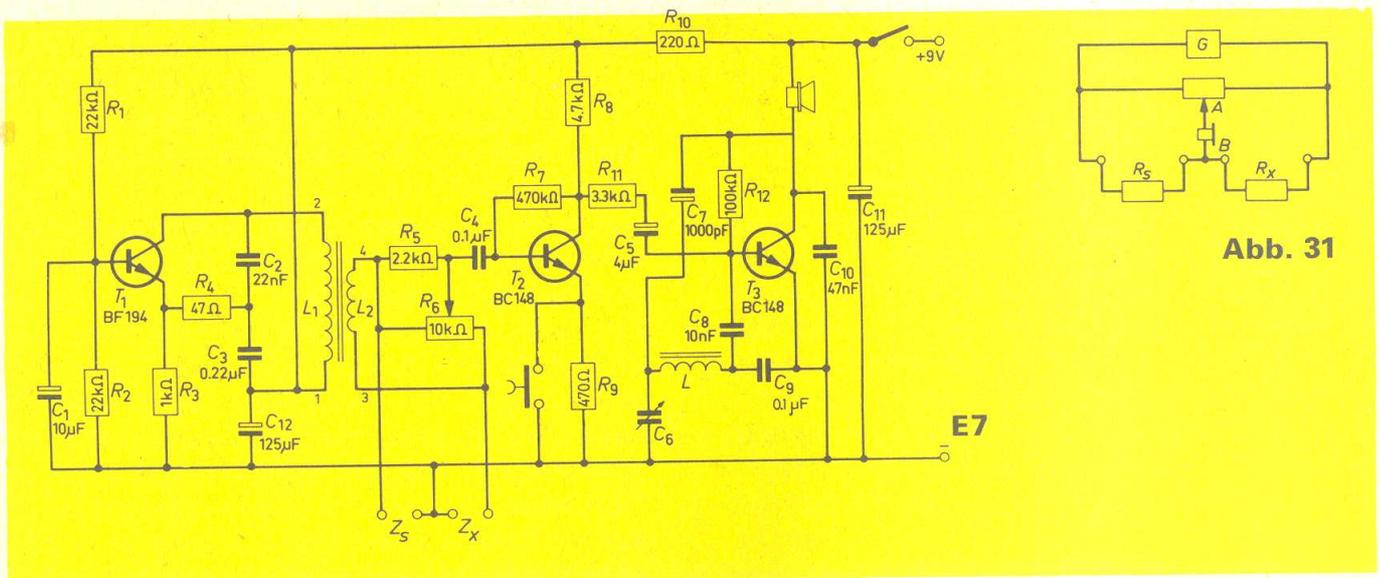


Abb. 31

fach. Wenn Du ein bekanntes Einzelteil an den Anschlüssen  $Z_s$  und ein unbekanntes aber gleichartiges Teil an den Anschlüssen  $Z_x$  befestigt hast, drehe den Skalenknopf in die Position, in der die Lautstärke am geringsten ist. Dann drücke die Taste, dadurch steigt die Empfindlichkeit und Du kannst das Lautstärkeminimum ganz genau einstellen. Wie wir bereits geschrieben, kannst Du auf der Skala jetzt das Verhältnis der Werte der beiden Einzelteile ablesen. Beachte bitte die Umkehrung der Werte bei Kondensatoren.

## EM ELEKTRONISCHE STEUERUNGEN

Die folgenden Modelle kannst Du bauen, wenn Du auch einen Philips Mechanik-Experimentierkasten ME 1201 besitzt. Die meisten Anweisungen findest Du schon auf den grossen Zeichnungen des Baukastens. Die Hinweise, die wir Dir hier geben, sind nur gering im Vergleich zu den Möglichkeiten, die Du tatsächlich hast, z.B. kannst Du den Schalter mit zwei Vorwärts- und Rückwärts-Gängen des Modells EM 7 auch bei den Modellen EM 5, EM 8, EM 9 und EM 11 einbauen.

### Achtung !

Wenn der Motor falsch herum läuft, wechsele die beiden Anschlüsse am

Motor aus – aber niemals die der Batterien, denn sonst würden die Transistoren zerstört werden.

### EM 1 Auto

Dieser Wagen ist die Grundtype für viele weitere Modelle. In diesem Falle hat er einen Motor mit zwei Gängen: Vorwärts- und Rückwärtsgang. Du kannst aber auch den Motor ausbauen und die nachfolgenden Geräte einsetzen. Die verschiedenen Schalter können sowohl unter dem Lenkrad als auch zwischen den Streifen angebracht werden. Alle Einbaumöglichkeiten findest Du auf den Zeichnungen.

### EM 2 Elektrowagen mit Zweiklanghorn

Durch das Drücken des Knopfes in dem Steuerrad werden nacheinander zwei Kontakte geschlossen. Jeder Kontakt erzeugt einen verschieden hohen Ton.

### EM 3 Elektrowagen mit elektronischem Fahrtrichtungsanzeiger

Mit dem Schalter unter dem Steuerrad kannst Du den linken oder rechten Blinker einschalten. Die Lampe blinkt in einer Geschwindigkeit, die Du durch das Potentiometer einstellen kannst.

#### **EM 4 Elektrowagen, der auf dunkler Fahrbahn anhält**

Dieses Auto stoppt automatisch, wenn es mit dem LDR eine dunkle Strasse erreicht. Der Wagen hält auch, wenn er an den Rand des Tisches fährt. Du kannst den Zeitpunkt des Haltens sehr genau durch das Potentiometer einstellen. Der Streifen mit dem LDR wird vorn an dem Auto befestigt. Der LDR muss nach unten zeigen.

#### **EM 5 Elektrowagen mit automatisch aufleuchtenden Scheinwerfern**

Die Automatik wird durch den Schalter unter dem Steuerrad eingeschaltet. Die Lampen gehen an, wenn das Auto ins Dunkle fährt. Die Lichtintensität, bei der die Scheinwerfer einschalten, kannst Du mit dem Potentiometer einstellen.

#### **EM 6 Lichtsirene mit Lautsprecher**

Das Licht der Glühlampe, das auf den LDR fällt, wird durch die Flügel eines sich drehenden Rades mit einer bestimmten Frequenz unterbrochen. Dadurch fließt verschieden starker Strom mit derselben Frequenz durch den LDR. Diese Frequenz wird verstärkt und durch den Lautsprecher wiedergegeben. Der Schalter hat nacheinander zwei Kontakte. Der erste schaltet den Verstärker und die Lampe an, der zweite den Motor. Der Lampenhalter wird mit einem Gummiband am Motor befestigt.

#### **EM 7 Elektrowagen mit Bremslicht**

Der Wagen hält automatisch nach einer bestimmten Zeit und schaltet gleichzeitig sein Bremslicht an. Die Fahrzeit zwischen zwei Bremsungen kann durch das Potentiometer zwischen 3 und 5 sec. eingestellt werden.

#### **EM 8 Elektrowagen, der in der Dunkelheit die Fahrt vermindert und Licht einschaltet**

Dieser Wagen fährt mit einer normalen Geschwindigkeit, bis es dunkel wird. Dann verlangsamt er die Geschwindigkeit und schaltet die Scheinwerferlampen an. Die Lichtintensität, bei der dies geschieht, kannst Du mit dem Potentiometer einstellen.

#### **EM 9 Elektrowagen, der auf dunkler Fahrbahn anhält und später weiterfährt**

Sobald dieser Wagen auf eine dunkle Strasse kommt, hält er für einen Augenblick an. Mit dem Potentiometer kannst Du die Haltezeit bestimmen.

#### **EM 10 Elektronischer Wasserstandsanzeiger**

Die zwei Meßstäbe dieses Modells werden in einem Gefäß befestigt. Wenn Du jetzt Leitungswasser hineinpumst, bleibt der Motor stehen, wenn eine bestimmte Höhe, die durch das Potentiometer eingestellt werden kann, erreicht ist.

#### **EM 11 Automatische Überladekontrolle**

Der Wagen bleibt stehen, wenn er zu schwer beladen ist oder gegen ein Hindernis fährt. Das Ladegewicht, bei dem dies geschieht, kann eingestellt werden. Wenn der Wagen weiterfahren soll, musst Du die Kontakte X und Y für einen Moment verbinden.

#### **EM 12 Blinklicht**

Die beiden Lampen gehen abwechselnd an und aus. Die Geschwindigkeit ist durch das Potentiometer regelbar. Wird es ausgeschaltet, ist die Brenndauer der einen Lampe viel länger, als die der anderen.

## LETZTE KONTROLLE

Wenn Du alles so ausgeführt hast, wie es in den allgemeinen Anweisungen und in den Bauanleitungen für die Geräte steht, ist das Werk vollbracht. Prüfe aber erst noch einmal nach, ob Du auch nicht aus Versehen etwas falsch gemacht hast, d.h. ob die Einzelteile an der richtigen Stelle angebracht sind, ob Du nichts vergessen hast, ob sich etwa Drähte berühren, die es nicht sollen, ob alle Elektrolyt-Kondensatoren richtig eingebaut und dass ihre positiven Seiten (Rille in dem Mantel) auch so angeschlossen sind, wie eingezeichnet, ob Du nicht einen Transistordraht falsch angeschlossen hast.

## FEHLERSUCHE

Wenn ein Gerät nicht gleich funktioniert, schalte es sofort ab und verfähre wie folgt:

1. Überprüfe die Verdrahtung. Vergleiche sie mit der Bestückungskarte. Sieh genau nach,

dass Du nicht irgendeine Verbindung oder irgendein Einzelteil vergessen hast. Achte darauf, dass die Drähte auch guten Kontakt in den Drahtklemmen haben und dass sie sich nirgendwo berühren.

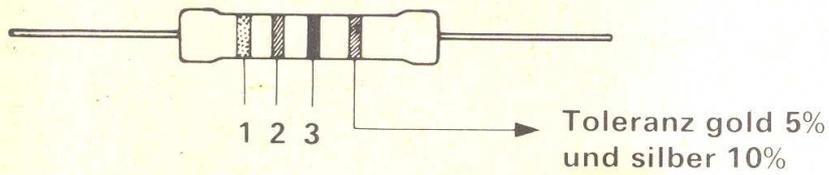
2. Achte darauf, dass Du nicht die positiven und negativen Pole des Batteriehalters verwechselt hast.
3. Sieh nach, ob die Transistoren richtig angeschlossen sind (Kollektor, Basis, Emitter und Abschirmung).
4. Prüfe, ob die Diode richtig herum angeschlossen worden ist.
5. Sieh nach, ob die Elektrolyt-Kondensatoren in der vorgeschriebenen Richtung angeschlossen sind, d.h. mit der Rille an der Seite, wie auf der Bestückungskarte angegeben.
6. Sind die richtigen Widerstände entsprechend dem Farbschlüssel auf dem Schaltbild eingebaut?
7. Schraube die Lampe heraus und prüfe sie direkt an dem Batteriehalter, ob sie noch brennt.
8. Prüfe nach, ob die Batterien leer sind.

## WARNUNG

Spiele niemals mit dem Wechselstrom aus den Steckdosen an der Wand denn diese Spannung kann tödliche Unfälle verursachen.

NOTIZEN

# FARBCODE FÜR WIDERSTÄNDE UND KONDENSATOREN



Farbe	1. Farbring	2. Farbring	3. Farbring
schwarz	0	0	x 1
braun	1	1	x 10
rot	2	2	x 100
orange	3	3	x 1000
gelb	4	4	x 10.000
grün	5	5	x 100.000
blau	6	6	x 1.000.000
lila	7	7	
grau	8	8	
weiß	9	9	

## Widerstände

10 ohm	braun schwarz schwarz <i>1x</i>
47 ohm	gelb lila schwarz <i>1x</i>
100 ohm	braun schwarz braun <i>1x</i>
220 ohm	rot rot braun <i>2x</i>
470 ohm	gelb lila braun <i>1x</i>
1000 ohm	braun schwarz rot <i>1x</i>
1500 ohm	braun grün rot <i>1x</i>
2200 ohm	rot rot rot <i>1x</i>
3300 ohm	orange orange rot <i>1x</i>
4700 ohm	gelb lila rot <i>2x</i>
10.000 ohm	braun schwarz orange <i>2x</i>
15.000 ohm	braun grün orange <i>1x</i>
22.000 ohm	rot rot orange <i>2x</i>

47.000 ohm	gelb lila orange <i>2x</i>
100.000 ohm	braun schwarz gelb <i>1x</i>
220.000 ohm	rot rot gelb <i>1x</i>
470.000 ohm	gelb lila gelb <i>1x</i>

## Kondensatoren

10 pF	braun schwarz schwarz
22 pF	rot rot schwarz
47 pF	gelb lila schwarz
1000 pF	braun schwarz rot
10.000 pF	braun schwarz orange



## TECHNISCHE ERLÄUTERUNGEN

Ingenieure und Techniker der grossen PHILIPS-Laboratorien haben die Einzelteile dieses Baukastens erdacht. Sie haben Schaltungen ausgearbeitet mit demselben Wissen und der gleichen Begeisterung, mit der sie am Radio oder Radar, an elektronischen Steuerungsgeräten oder am Fernsehen arbeiten.

Die Anwendungsgebiete der Elektronik nehmen ständig zu. Aus diesem Grunde wird die Nachfrage an geschickten und begeisterten Technikern ebenfalls immer grösser. Dieser Baukasten wird Dir viel Freude bereiten. Vielleicht wird er Dich anregen, die Technik zu Deiner Lebens-

aufgabe zu machen. Während des Studiums und bei Deiner späteren Arbeit wird es Dir klar werden, wie viele nützliche Dinge Du gelernt hast, als Du damals in Deinem Zimmer experimentierstest. Vorläufig wünschen wir Dir aber viele schöne Stunden beim Bau der vielen Geräte, beim Experimentieren und beim Gebrauch aller dieser interessanten Dinge, an denen Du jetzt zu basteln anfangen kannst.

Viel Spass dabei!

## ATOME

Alles in der Natur ist aus Atomen zusammengesetzt. Diese Atome bestehen aus einem Kern mit einer Anzahl Elektronen

rundherum. Man kann das Atom mit einem Sonnensystem vergleichen. In unserem Sonnensystem ist die Sonne der Kern und alle Planeten umkreisen sie.

Das kleinste Stück Materie, das man noch sehen kann, besteht schon aus Millionen von Atomen. In der Natur unterscheiden sich alle Stoffe voneinander durch die Zusammensetzung des Kerns und die Anzahl der Elektronen, die ihn umkreisen.

tronen haben eine negative elektrische Ladung. Die Fortbewegung der freien Elektronen nennt man einen elektrischen Strom. Elektronen können sich leicht durch Kupferdraht bewegen, weil Kupfer ein guter elektrischer Leiter ist.

## STARKER UND SCHWACHER STROM

Wenn Du den Wasserhahn aufdrehst,



ANDRE MARIE AMPERE (1776 - 1836)

ALESSANDRO VOLTA (1745 - 1827)

Wasserstoff ist der Stoff mit dem einfachsten Atom, denn nur 1 Elektron kreist um den Kern des Wasserstoffatoms. Das Heliumatom hat 2 Elektronen. Das Kupferatom dagegen hat 29 kreisende Elektronen, die sich nicht alle im gleichen Abstand vom Kern befinden. Das letzte der 29 Elektronen ist ziemlich weit vom Kern entfernt und fast frei von den anderen. Die Kraft, die es ansein „Sonnensystem“ hält, ist nicht so groß wie bei den anderen 28 Elektronen. Es ist in der Lage, von einem Kupferatom zum anderen zu springen. Man nennt es ein freies Elektron. Da ein kleines Stück Kupfer Milliarden von Atomen enthält, hat es auch Milliarden von freien Elektronen. Alle Elek-

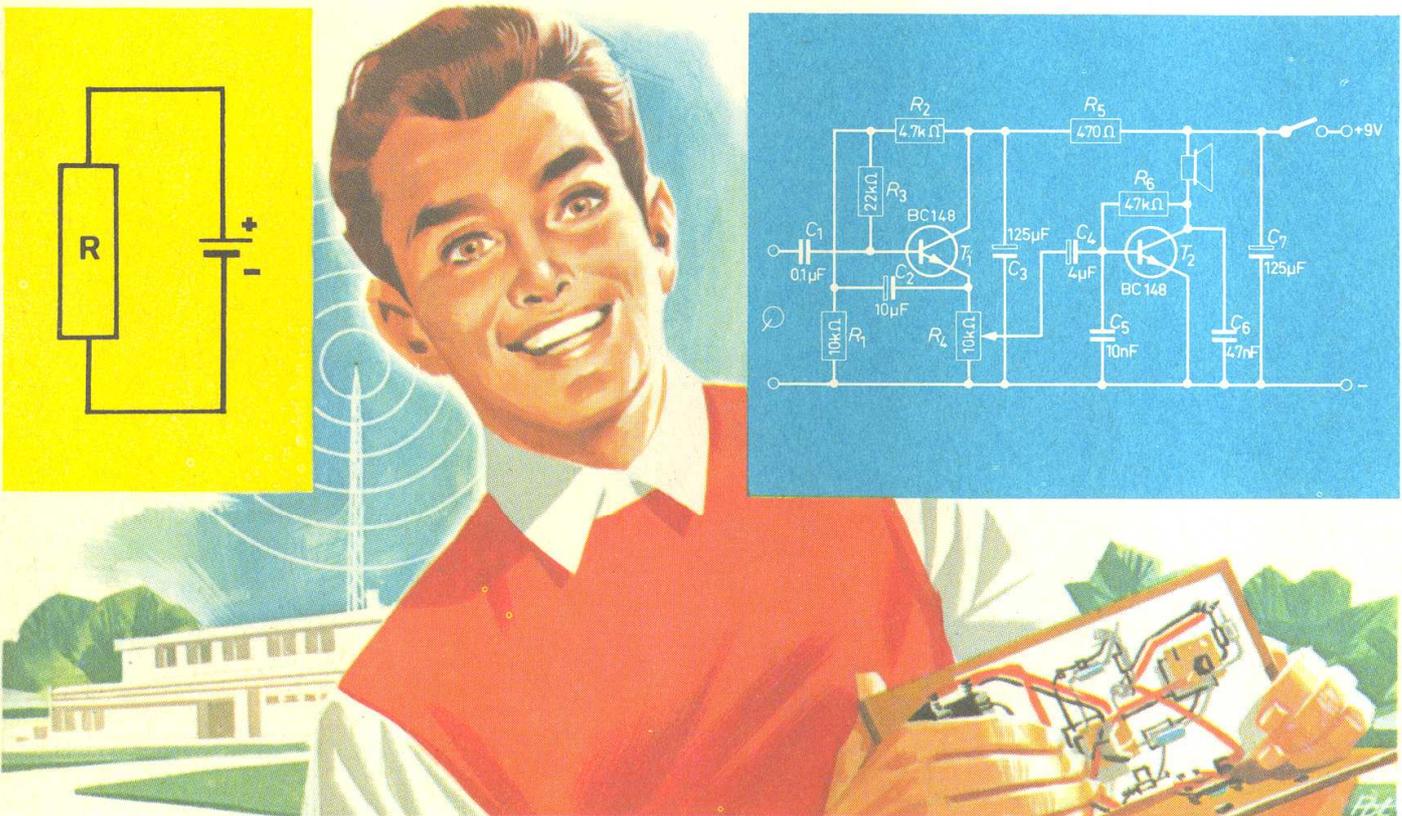
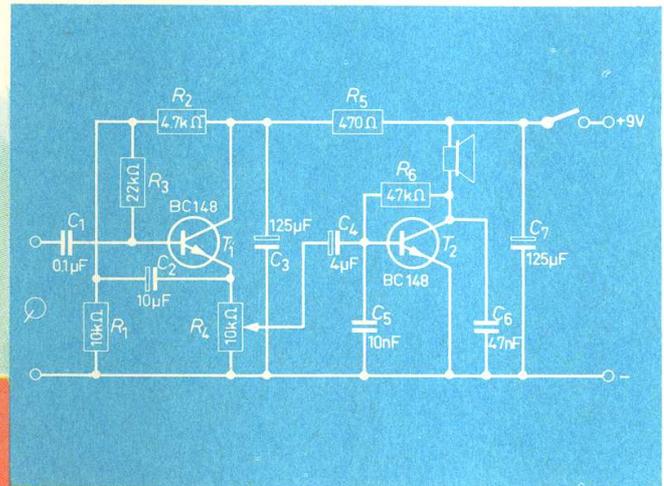
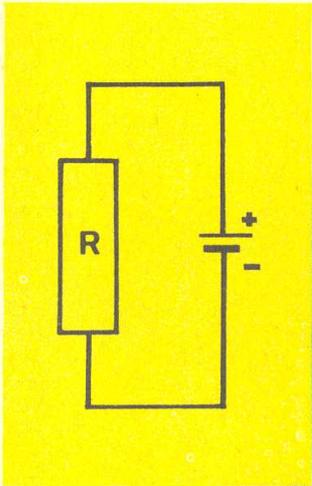
fliesst Wasser heraus. Das Wasser fliesst durch die Wasserleitung. Elektrizität fliesst auch durch eine Leitung; diese ist aber nicht ein hohles Rohr, sondern ein Draht, der im allgemeinen aus Kupfer besteht.

Der Wasserstrahl besteht aus Tropfen, aus Tausenden, sogar Millionen von Tropfen. Der elektrische Strom besteht ebenfalls aus etwas, das wir kleine Elektrizitätstropfen nennen könnten. Diese Tropfen nennt man „Elektronen“. Wenn Du das elektrische Licht einschaltest, strömen die Elektronen in grosser Anzahl durch den Draht. Jawohl, wirklich enorm grosse Mengen. Wenn eine grosse Lampe brennt, fließen 6,3 Millionen mal eine

Million mal eine Million Elektronen in jeder Sekunde durch die Lampe. Es ist sehr schwierig, mit derartigen Zahlen zu arbeiten. Deshalb nennt man einen Strom von 6,3 Millionen mal eine Million mal eine Million Elektronen per Sekunde einfach einen Strom von einem Ampere. Dies kann man sogar noch kürzer schreiben, nämlich 1 A. In der Elektronik sind wir im allgemeinen mit Elektronen

selbst durch die Wasserleitungen läuft. Es muß hindurchgepumpt werden, weil ihm in den Rohren ein Widerstand entgegenwirkt. Auch die elektrischen Ströme haben einen Widerstand zu überwinden, wenn sie durch die Kupferdrähte einer Schaltung fließen.

In beiden Fällen – bei Wasser und Strom – ergeben lange Leitungsnetze einen grösseren Widerstand als kurze. Eine dünne



sparsamer als im Stromnetz. Hier benutzen wir nämlich Strom von viel weniger als 1 Ampere (1A), tausendmal oder millionenmal weniger. Um einfacher über diese schwachen Ströme zu sprechen, nennt man den tausendsten Teil eines Amperes ein „Milli-Ampere“, abgekürzt  $1/1000 \text{ A} = 0,001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$ .

Der millionste Teil eines Amperes heisst ein Mikro-Ampere, abgekürzt  $1/1000 \text{ mA} = 0,001 \text{ mA} = 1 \mu\text{A}$ . ( $\mu$  ist der griechische Buchstabe mü). Die Lampe in Deinem Baukasten benötigt z.B. einen Strom von 50 mA, um hell brennen zu können.

## WIDERSTAND

Du weißt sicher, daß Wasser nicht von

Leitung hat mehr Widerstand als eine dicke. Wenn die elektrischen Drähte nicht aus Kupfer sind, kann der Strom nicht so leicht hindurchfließen. Z.B. hat Eisen grösseren elektrischen Widerstand als Kupfer. Die Masseinheit des elektrischen Widerstands ist das Ohm, das folgendes Zeichen hat:  $\Omega$ .

Einen 1.000  $\Omega$  Widerstand nennt man 1 Kilo-Ohm, abgekürzt 1 k $\Omega$ . Ein 1 Million Ohm Widerstand heisst 1 Mega-Ohm, abgekürzt 1 M $\Omega$ .

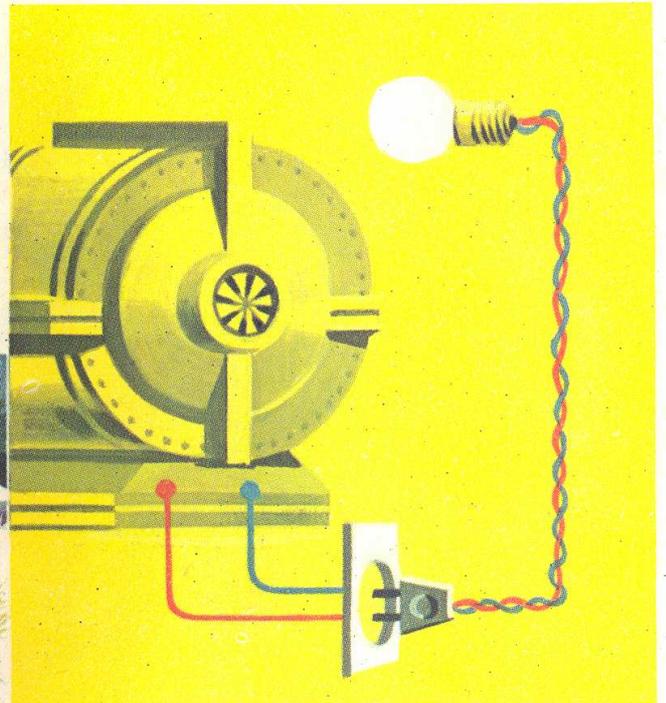
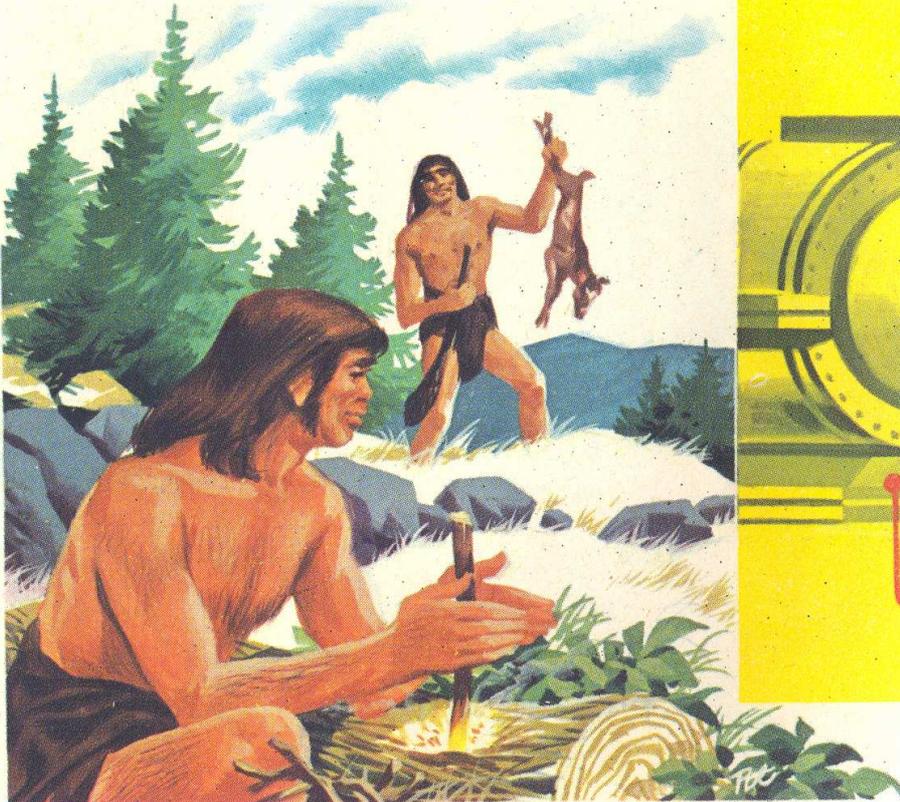
Ein Widerstand von 500.000 Ohm schreibt man also entweder 500.000  $\Omega$  oder 500 k $\Omega$  oder 0,5 M $\Omega$ , je nachdem, wie es am zweckmässigsten ist.

## SPANNUNG

Genauso, wie Du bei der Wasserleitung einen Druck benötigst, damit das Wasser aus dem Hahn fließen kann, braucht der elektrische Strom eine treibende Kraft, damit er durch die Leitung fließen kann. Diese Kraft nennt man Spannung. Je grösser also die elektrische Spannung ist, um so weiter kann man den elektrischen

1/1000 Volt heisst 1 Millivolt, abgekürzt mV, 1/1.000.000 Volt ist 1 Mikrovolt, abgekürzt  $1\mu\text{V}$ .

Die Batterien, die wir für unsere Elektronik-Experimente verwenden, haben eine Spannung von  $1\frac{1}{2}$  Volt. Wenn Du sie aber in den Batteriehalter steckst, sind sie „in Serie“ geschaltet. Dadurch ergibt sich in dem Batterie-Halter eine Spannung von 6 mal  $1\frac{1}{2}$  Volt, wodurch wir 9 Volt er-



Strom durch den Kupferdraht leiten und um so stärker ist der elektrische Strom in dem Kupferdraht. Die Masseinheit der Spannung nennt man Volt. Wenn Du einen Draht mit einem Widerstand von  $1\Omega$  hast und Du verbindest ihn mit einer Batterie, die eine Spannung von 1 Volt liefert, dann fliesst ein Strom von 1 Ampere durch den Draht.

In der Elektronik gibt es Spannungen, die viel grösser sind als 1 Volt. Andere sind viel kleiner. Die Bildröhre eines Fernsehgerätes arbeitet z.B. mit 18.000 Volt, und in diesem Falle können wir auch 18 Kilovolt (Kilo = 1000) sagen, abgekürzt 18 kV. Aber in einem Rundfunkempfänger begegnen wir auch kleinen Spannungen.

halten. Übrigens, die Bezeichnungen Ampere, Ohm und Volt sind Namen bedeutender Wissenschaftler.

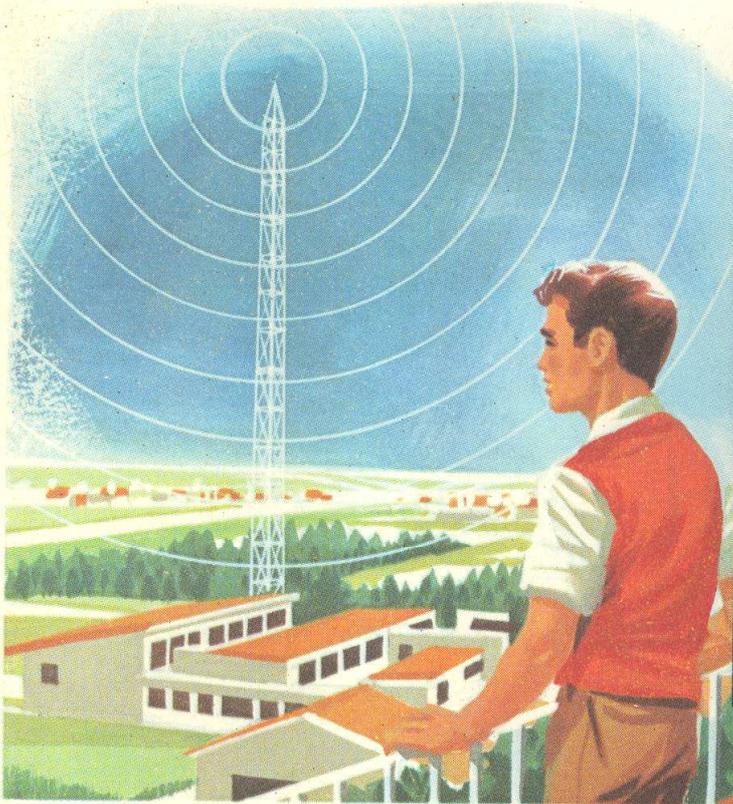
## DIE VERSCHIEDENEN ARTEN VON SCHALTBILDERN

Bei elektronischen Geräten benutzen wir Einzelteile, die untereinander durch Kupferdrähte verbunden werden.

Die Schaltbilder dieser Apparate zeigen aber Symbole. Welches Symbol für ein Teil benutzt wird, zeigen wir im 1. Teil des Buches. Im letzten Teil dieses Buches findest Du Schaltbilder von Geräten, die Du selbst bauen kannst.

## WIE HERUM?

Auf dem Schaltzeichen für die Batterie wirst Du ein Plus- und ein Minuszeichen finden. Diese geben die Richtung an, in der der Strom fließt. Aber pass jetzt gut auf! Diese Richtung wurde festgelegt, bevor man von der Existenz der Elektronen wusste. Man nannte eben eine Seite der Batterie plus und sagte, dass der Strom



von plus nach minus fliesse. Erst später entdeckte man, dass sich die Elektronen aber in der entgegengesetzten Richtung bewegen, d.h. von  $-$  nach  $+$ .

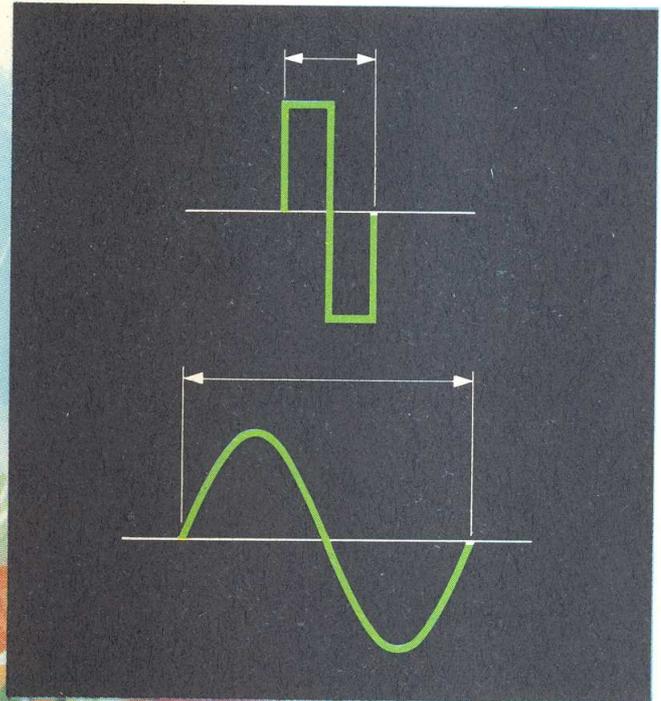
Wir sollten aber unsere Grosseltern und Urgrosseltern deshalb nicht auslachen. Man wusste es eben damals noch nicht genau.

Die Batterie ist sozusagen ein kleiner Kasten, in dem sich eine riesige Anzahl von Elektronen befindet. Die Elektronen fließen von der Minus-Seite über den Widerstand und den Verbindungsdraht zur Plus-Seite der Batterie. Wenn die Chemikalien in der Batterie, die die Spannung erzeugen, aufgebraucht sind, ist die Batterie entladen und muss durch

eine neue ersetzt werden. Die Anzahl der Stunden, während der Du eine Batterie benutzen kannst, hängt von der Grösse der Batterie, von der Stärke des Stroms, der ihr abverlangt wird und von der Zeit, die sie ununterbrochen in Betrieb ist, ab.

## WECHSELSTROM

Bisher haben wir nur einen Strom be-



schrieben, der immer nur in derselben Richtung fließt, wie es z.B. immer in der Wasserleitung der Fall ist. Bei der Elektrizität kann es aber anders sein. Dort können nämlich Elektronen für gewisse Zeit in der einen Richtung durch den Draht fließen und dann für eine gewisse Zeit in der anderen und so fort. Wenn dies beim Wasser der Fall wäre, würde recht wenig Wasser aus dem Hahn fließen. Um nützlich zu sein, braucht aber die Elektrizität nicht aus dem Draht herauszukommen. Um das besser erklären zu können, müssen wir bei Winnetou um Hilfe bitten. Er kann Feuer machen, in dem er einen Stock sehr schnell in einem Loch eines Holzblocks hin und her dreht.

Die Reibung erzeugt Wärme. Wenn diese gross genug ist, wird der Stock anfangen zu glimmen. Reibung bedeutet die Überwindung von Widerstand. Wenn Du Deine Hände hin und her reibst, werden sie auch warm. Die eine Hand, die über die andere Hand fährt, überwindet einen Widerstand. Wenn ein elektrischer Strom durch einen Draht fliesst, muss auch ein Widerstand überwunden werden. Dadurch wird der

Unfälle verursachen. Die Batterien, die wir verwenden, geben Gleichstrom ab, der stark genug ist, die Geräte, die wir bauen wollen, zu betreiben, aber viel zu schwach, um für uns gefährlich zu sein.

## FREQUENZ

Wir müssen etwas mehr über den Wechselstrom wissen als nur die Voltzahl.



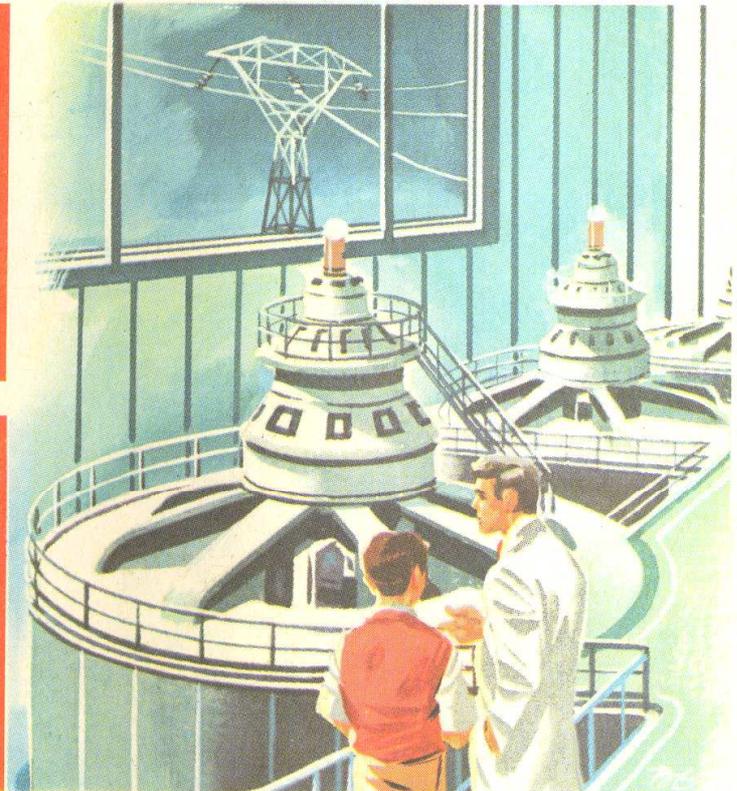
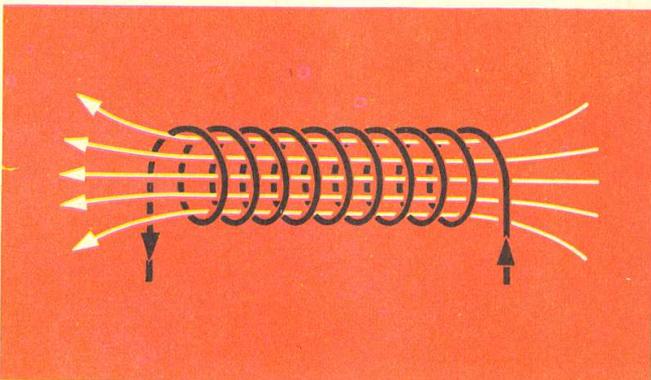
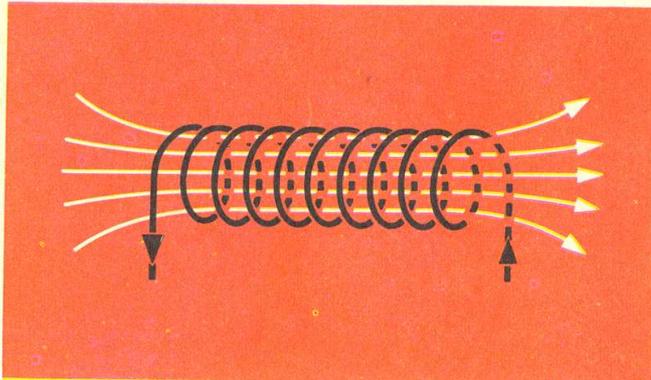
Draht warm. Ganz gleich, ob die Elektronen sich von links nach rechts, von rechts nach links oder hin und her bewegen. Die Stromstärke und die Grösse des Widerstandes bestimmen, wieviel Hitze entwickelt wird. Gleichgültig, ob es sich um „Gleichstrom“ oder um „Wechselstrom“ handelt. Beispiele von Hitzeentwicklung durch den elektrischen Strom sind Dir natürlich bekannt: im Heizlüfter oder in der Glühlampe. Wechselstrom hat gegenüber Gleichstrom einige Vorteile, die wir Dir gleich beschreiben wollen. Wechselstrom haben wir in unseren Steckdosen an der Wand. Spiele niemals daran, denn diese Spannungen können tödliche

Wir müssen nämlich wissen, mit welcher Geschwindigkeit sich der Strom hin und her bewegt. Stelle Dir einmal vor, dass sich der Strom für eine halbe Sekunde von oben nach unten bewegt. Dann während der nächsten halben Sekunde von unten nach oben. Also während einer Sekunde einmal nach oben und dann wieder nach unten. Dies einmalige Auf und Nieder oder Hin und Her nennt man eine Periode des Wechselstroms (und der wechselnden Spannung). Die Anzahl der Perioden pro Sekunde nennt man die „Frequenz“. In diesem Beispiel ist die Frequenz eine Periode pro Sekunde. Die Spannung in unserer Haussteckdose hat eine Frequenz

von 50 Perioden pro Sekunde, und wir nennen diese 50 Hertz (Hz). In der Radio-technik werden viel höhere Frequenzen benutzt. Sender arbeiten z.B. mit einer Frequenz von 1 Million Hertz. Der Einfachheit halber sagen wir für 1.000 Hertz = 1 Kilohertz (kHz) und für 1.000.000 Hertz = 1 Megahertz (MHz). In der Praxis verhält sich der Wechselstrom im allgemeinen nicht so „zackig“ wie an-

aber einen Draht zu einer Spule formen, merken wir einen Unterschied. Eine Spule setzt dem Wechselstrom einen grösseren Widerstand entgegen als dem Gleichstrom. Je höher die Frequenz, desto grösser ist die Anstrengung, die der Wechselstrom machen muss, um durch die Spule zu fließen.

Wie kommt das? Wenn Strom durch eine Spule fliesst, wird ein magnetisches Feld



gegeben, sondern er fliesst in einer weichen Kurve. Die Bewegung fängt in einer Richtung langsam an, steigert sich dann und nimmt wieder ab, ändert die Richtung usw. Das Symbol für den Wechselstrom zeigt eine ähnliche Verlaufsform. Die horizontale Linie bedeutet den Null-Wert. Daraus ersiehst Du, dass sich Strom oder Spannung in bezug auf Null in zwei Richtungen bewegen.

## SPULEN

Der Wechselstrom fliesst durch Drähte und Widerstände genau in derselben Stärke wie der Gleichstrom. Wenn wir

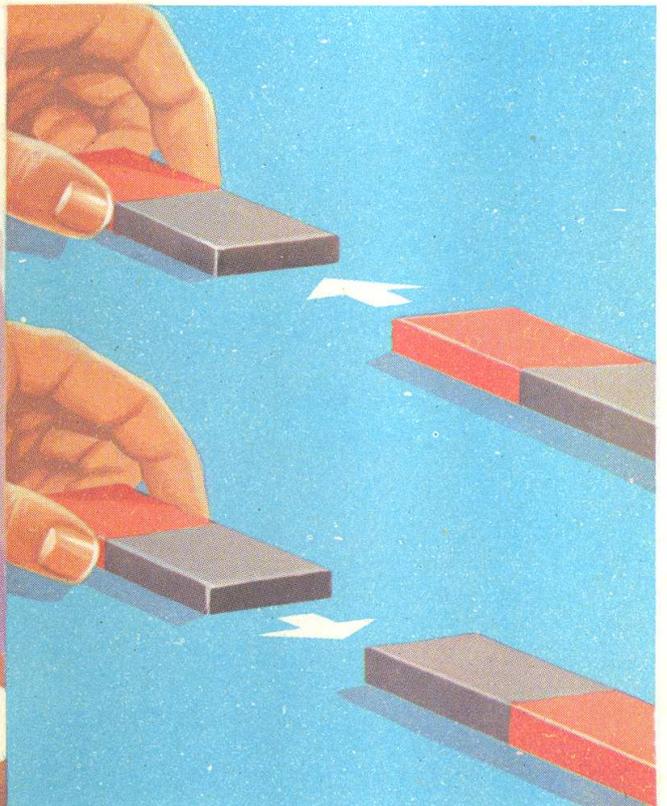
geschaffen, das dem eines Magnetstabes entspricht. Eine Spule wird deshalb Eisenspäne und eine Kompassnadel anziehen. Wenn ein Stabmagnet ruhig neben einer Spule liegt, wird keine Spannung in ihr erzeugt, wodurch ein Strom fließen könnte, ebensowenig, wie eine stillstehende Windmühle Wind erzeugt. Es ist aber doch möglich, in einer Spule eine Spannung zu erzeugen, sonst gäbe es kein Radio, Fernsehen, Radar usw. Wichtig ist, dass der Stabmagnet bewegt wird, dann erzeugt er eine Spannung in der Spule. Wenn eine Spule in einem magnetischen Feld bewegt wird, entsteht eine Spannung in ihr. Fliesst ein Strom durch die

Spule, baut sie ein magnetisches Feld auf. Ändert sich die Stromrichtung, so wechselt auch die Polarität des magnetischen Feldes. Das hat zur Folge, dass das magnetische Feld, das die Spule selbst aufbaut, in ihr eine Spannung erzeugt.

Stelle Dir einmal folgendes vor:  
An eine Spule wird Wechselspannung gelegt. Sie baut ein magnetisches Feld

gelegten Spannung ist. Mit zunehmender Änderung der Stromrichtung wird die induzierte Spannung immer grösser. Dadurch wird die Stromstärke schwächer und der scheinbare Widerstand der Spule nimmt zu.

Jetzt verstehst Du sicher auch, dass keine Induktionsspannung in der Spule entsteht, wenn wir Gleichspannung an sie führen, weil ja dann der für den Aufbau



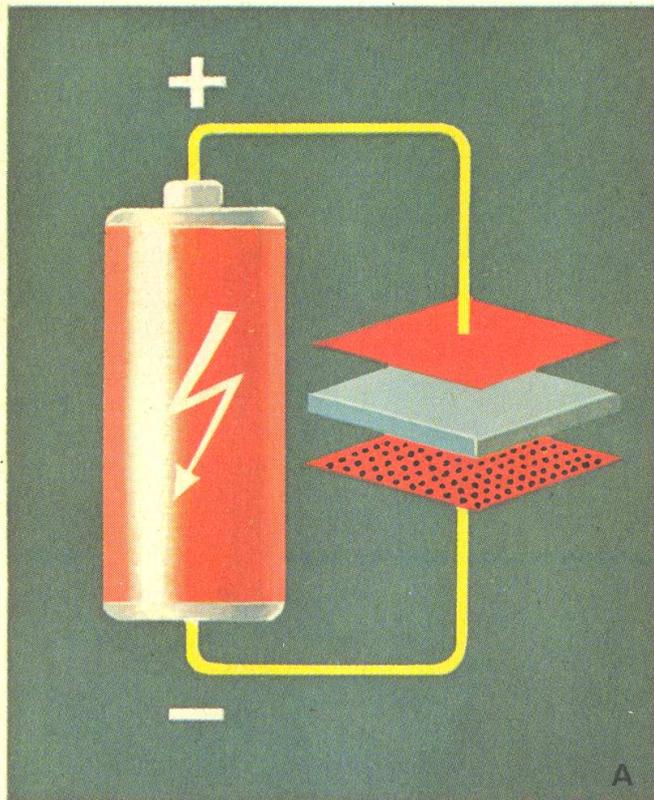
auf, das natürlich seine Polarität auch wechselt. Dadurch wird wiederum in der Spule eine Spannung erzeugt. Wird nun diese Spannung der ersten helfen, einen Strom durch die Spule fließen zu lassen, der immer grösser und grösser wird, weil sich die Spannungen addieren, oder wird sie der ersten Spannung entgegenwirken? Letzteres ist der Fall. Die sogenannte „induzierte“ Spannung arbeitet der angelegten Spannung entgegen, so dass der Strom, der durch die Spule fliesst, kleiner ist, als wenn es keine induzierte Spannung gäbe. Die induzierte Spannung wirkt also wie ein Widerstand. Die Wirkung ist um so grösser, je höher die Frequenz der an-

erforderliche Richtungswechsel fehlt. Wenn also kein magnetisches Feld auf- und abgebaut wird, entsteht auch keine Induktionsspannung. Der Gleichstrom, der durch die Spule fliesst, ist nur durch den Widerstand des Spulendrahtes begrenzt. Gleichstrom kann also leicht durch eine Spule fließen; Wechselstrom um so schwerer, je höher seine Frequenz ist. Der Widerstand, den eine Spule dem Fließen eines Wechselstroms von bestimmter Frequenz entgegengesetzt, hängt von ihrer Grösse und der Anzahl ihrer Windungen ab.

### ELEKTRISCHES FELD

Wir haben soeben über das magnetische

Feld gesprochen. Es gibt aber auch ein elektrisches Feld. Ein magnetisches Feld wird erzeugt, wenn ein Strom durch einen Draht fließt. Ein elektrisches Feld befindet sich um einen Gegenstand herum, an dem Spannung liegt. Du weißt, dass Staub und kleine Papierstücke von einem Glasstab oder einer Schallplatte angezogen werden, wenn Du sie mit einem Stück trockenem Woll- oder Seidenstoff

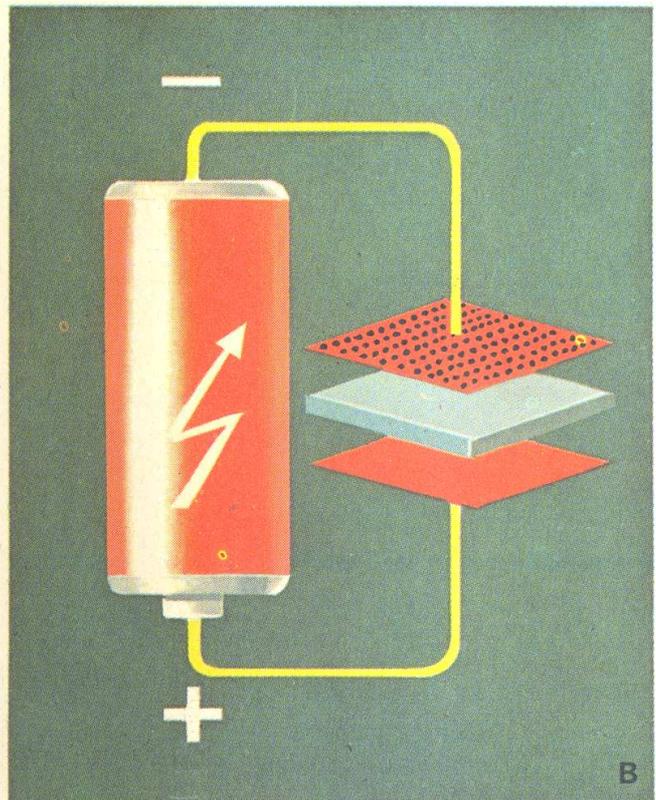


reibst. Durch Reibung wird ein solcher Gegenstand elektrisch aufgeladen und unter Spannung gesetzt. Die Elektronen kommen dann an die Oberfläche. Du kannst nicht sehen, dass im elektrischen Feld nicht nur Staubteile, sondern auch Elektronen angezogen oder abgestossen werden. Was das Abstoßen betrifft:

Stelle Dir nur vor, was passiert, wenn zwei Magneten eng zusammengebracht werden. Der Nordpol des einen zieht den Südpol des anderen an. Die zwei Nordpole aber stoßen einander ab. Elektronen sind alle negativ aufgeladen und stoßen einander ab, genauso wie gleiche Magnetpole einander abstoßen.

## KONDENSATOREN

Jetzt wollen wir einmal sehen, was passiert, wenn zwei Metallplatten mit einer Batterie verbunden werden. (Abb. A). Elektronen fließen vom negativen Pol zu der unteren Metallplatte. Sie müssen es tun, weil am negativen Pol der Batterie viele, viele Elektronen sind, die sich gegenseitig abstoßen.



Die Drahtverbindung und die Metallplatte geben ihnen die Möglichkeit, sich mit einigen tausend Millionen Elektronen vom negativen Pol der Batterie den Draht entlang in die Platte hineinzuschieben. Einmal dort angelangt, können sie nicht weiter, weil die Luft Elektronen nicht durchlässt.

Aber eine elektrische Aufladung erzeugt ein elektrisches Feld, das sehr wohl durch die Luft geht und auf die andere Metallplatte einwirkt. Auf dieser Platte befinden sich auch Elektronen.

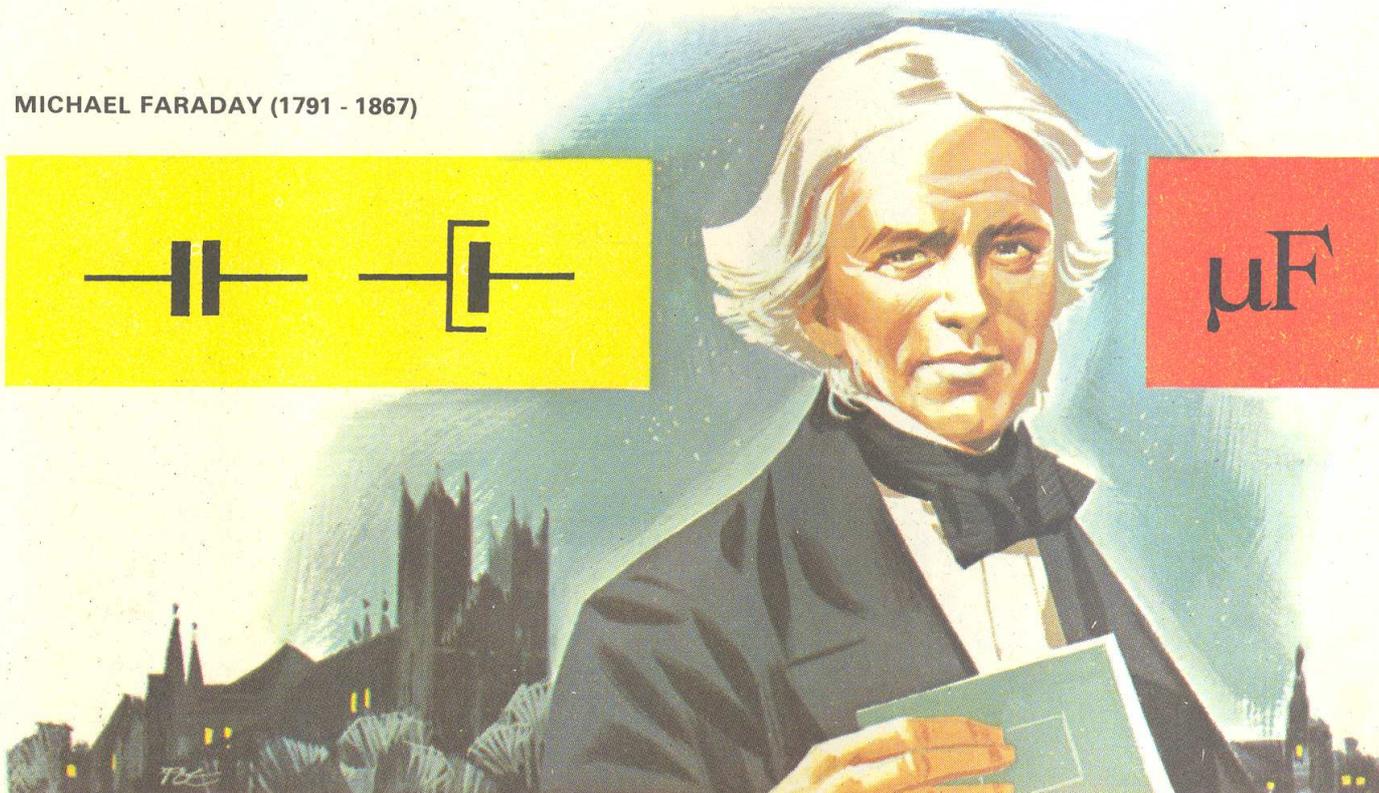
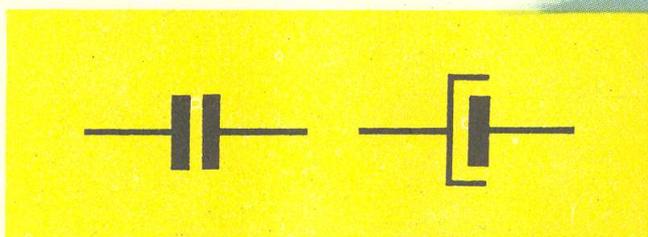
Es gibt in einem Leiter immer Elektronen, auch dann, wenn er nicht an eine Batterie angeschlossen ist. Die Elektronen sind eben in dem Metall vorhanden. Sie fließen

aber dort nicht hindurch, solange kein elektrisches Feld auf sie einwirkt. Im elektrischen Feld werden sie in Bewegung gesetzt.

Elektronen sind wie unhöfliche Leute, die in einen Zug einsteigen wollen. Sie drängeln und benutzen ihre Ellbogen. Elektronen sind noch viel schlimmer als diese Leute. Sie sind immer unhöflich zueinander und schieben sogar aus einer Entfernung, bei

und können nicht weiter: Sehr bald fließt kein Strom mehr. Jetzt verbinden wir schnell die Batterie anders herum mit den beiden Metallplatten. Das bedeutet, dass Plus jetzt unten und Minus jetzt oben ist (Abb. B). Der Minuspol der Batterie sieht wiederum die Möglichkeit, einige Elektronen loszuwerfen, diesmal an die obere Platte, die natürlich „leer“ ist. Wenn einmal die Elektronen die Metall-

MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)

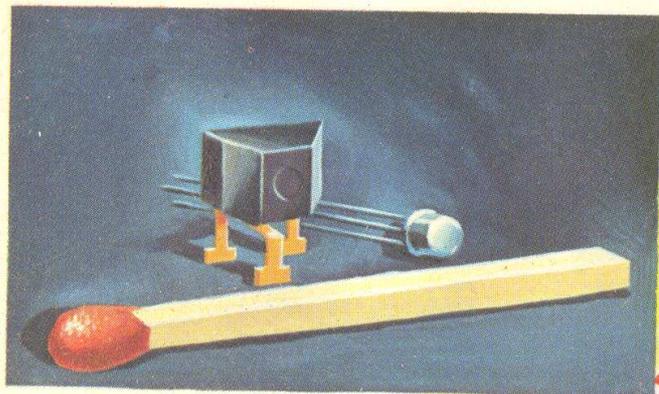


der sie sich mit ihren Ellbogen nicht einmal erreichen können. Das elektrische Feld, das von der unteren Metallplatte ausgeht, schiebt daher Elektronen von der oberen Metallplatte durch den Draht zum Pluspol der Batterie weg. Je höher die Spannung, desto mehr Elektronen können weggeschoben werden. Wir fassen noch einmal zusammen:

Was geschieht, wenn wir eine Batterie an zwei Metallplatten anschließen? Ein Elektronenstrom fließt von dem Minuspol der Batterie zu der angeschlossenen Platte hin und von der anderen Platte zum Pluspol der Batterie. Das ist aber alles, was passiert. Die Elektronen auf der ersten Metallplatte geraten an die Luft

platte erreicht haben, stoßen sie die Elektronen in der unteren Metallplatte mit solcher Kraft ab, dass diese bis in die Batterie geraten. Somit fließt wiederum ein Strom, bis die obere Metallplatte mit Elektronen aufgeladen ist. Vergleiche jetzt einmal die beiden Abbildungen. Zuerst strömten die Elektronen in dem unteren Draht von links nach rechts und dann im umgekehrten Sinne. Wenn wir dauernd die Pole der Batterie umkehren, wird ein Wechselstrom durch den Draht fließen. Du wirst verstehen: Je schneller die Polumkehrung erfolgt, desto öfter fließen die Elektronen hin und her. In der Praxis wird keine Umkehrung von Batteriepolen vorgenommen, sondern es

wird Wechselstrom verwendet. Zwei Metallplatten, die parallel zueinander liegen, sich aber nicht berühren, nennt man „Kondensator“. Wenn die Frequenz des Wechselstroms grösser wird, fliesst der Strom immer leichter durch einen solchen „Kondensator“. Ein Kondensator ist somit genau das Gegenteil einer Spule. Er lässt keinen Gleichstrom durch, aber Wechselstrom. Die Ausmaße des Kondensators,



## HALBLEITER

Ein Lautsprecher benötigt einen ziemlich starken Strom. Er ist mehrere tausendmal grösser als der, den die Radio-Wellen in der Antenne erzeugen. Deshalb brauchen wir Geräte, die die Antennenströme verstärken. Verstärken heisst: die Stärke von Wechselströmen und -spannungen durch Elektronen-Röhren oder Transis-



sators, d.h. die Plattengrösse und der Abstand dazwischen, bestimmen die „Kapazität“.

Die Kapazität ist die Fähigkeit des Kondensators, sich aufzuladen. Je grösser die Kapazität, desto leichter kann der Wechselstrom hindurchfliessen. Die Kapazität misst man in Farad, abgekürzt F. Das Farad ist reichlich gross. Deshalb benutzt man meistens das Mikrofarad ( $\mu\text{F}$ ), das eine Million mal kleiner ist und das Pico-farad (pF), das noch eine Million mal kleiner ist. Manchmal wird auch das Nano-farad (nF) verwendet, das gleich Eintausend pF ist. Also:

$$1 \text{ F} = 1.000.000 \mu\text{F} \quad 1 \text{ F} = 1.000.000.000 \text{ nF}$$

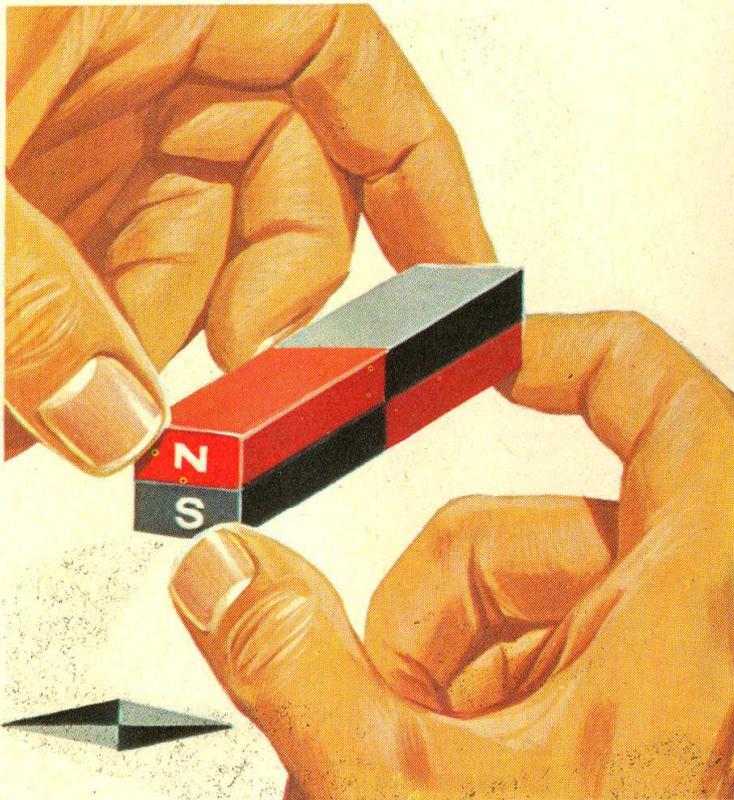
$$1 \text{ F} = 1.000.000.000.000 \text{ pF}$$

toren erhöhen. Bei unseren Philips-Baukästen verwenden wir die modernen Transistoren.

Die Wirkungsweise eines Transistors ist eine ziemlich komplizierte Angelegenheit. Nicht nur kompliziert, sondern ziemlich mysteriös. Ein Transistor sieht aus wie eine kleine Metall- oder Plastik-Röhre, aus der 3 oder 4 Drähte herausragen. Diese Röhre ist aber lediglich eine Schutzvorrichtung für den eigentlichen Transistor, der sich in der Röhre befindet und aus seltenem und deshalb teurem Material, wie Germanium oder Silizium, hergestellt wird. Dies sind wertvolle und nützliche Elemente, die man Metalloide nennt.

Die Metalloide Germanium und Silizium

haben ähnliche Eigenschaften wie die Metalle Kupfer, Eisen, Silber und Gold. Die meisten Metalle sind gute Leiter für die Elektrizität; Germanium und Silizium sind es aber nicht. Stoffe wie Papier, Gummi und Glimmer sind so schlechte Leiter für Elektrizität, dass man sie Nichtleiter oder Isolatoren nennt. Germanium und Silizium sind aber keine Isolatoren, weil sie doch zu einem gewissen Grade



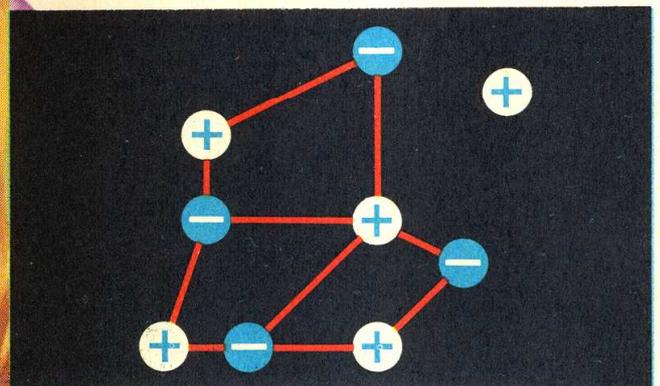
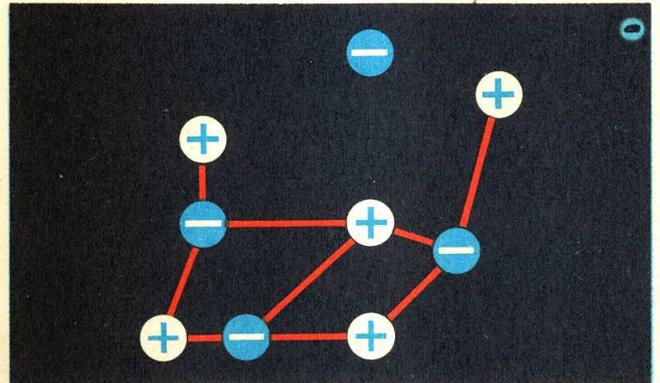
leiten. Deshalb nennt man sie Halbleiter. Wir könnten sie auch Halb-Isolatoren nennen. Germanium und Silizium können nur in ausserordentlich reiner Form für Transistoren verwendet werden. Wenn Du alle Zuckerkristalle in einer 4-Pfund-Tüte zählen würdest, kämst Du auf ungefähr 10 Millionen. Wenn sich nur ein Sandkörnchen in diesen 4 Pfund sonst ganz reinen Zuckers befinden würde, wäre der Zucker in demselben Ausmass „verschmutzt“, wie das für Transistoren verwendete Germanium oder Silizium. Dies Beispiel zeigt Dir, wie rein dieses Material sein muss.

Im nächsten Kapitel erklären wir die Wirkungsweise eines Silizium-Transi-

stors. Die eines Germanium-Transistors weicht im Prinzip nicht viel davon ab.

## ELEKTRONEN UND LÖCHER

Du weisst ja schon, dass selbst die kleinsten noch sichtbaren Metallstücke Millionen von Elektronen besitzen. Elektronen sind winzige „Tropfen Elektrizität“ – elektrische Ladungen. Man nimmt sie aber im allgemeinen nicht wahr,

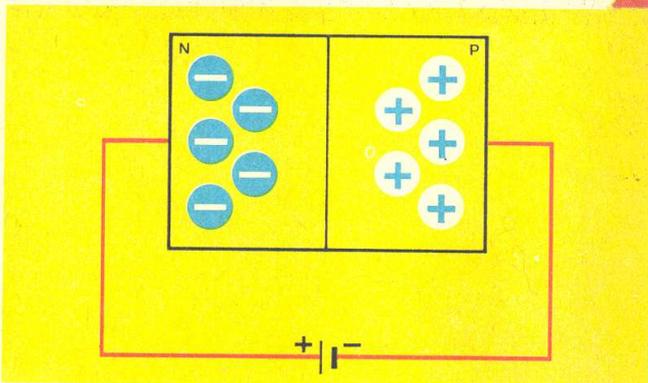
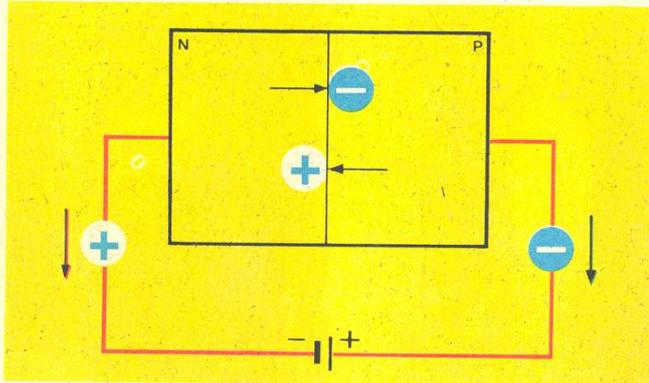


weil das Metall auch eine Gegenladung hat, die die Elektronenaufladung aufhebt. Dazu folgender Vergleich: Stelle gleichartige Magnete aufeinander, mit dem Nordpol des einen, auf den Südpol des anderen. Du wirst sehen, dass dann andere Eisenteilchen gar nicht oder kaum angezogen werden. Die entgegengesetzten magnetischen Aufladungen heben sich gegenseitig auf. So ist es auch bei elektrischen Ladungen. Sie sind entweder negativ oder positiv, wie magnetische Pole Nord- oder Südpole sind. Elektronen sind immer negativ geladen. Wenn wir ein Elektron (negative Ladung) aus dem Metall herausnehmen könnten, würde ein „Loch“ übrigbleiben. Die

elektrische Ladung dieses „Loches“ ist entgegengesetzt der des negativen Elektrons, also positiv. Die Aufladung des Metalls mit Elektronen und „Löchern“ ist nicht länger gleich gross, das Gleichgewicht ist gestört.

Wie sieht es nun bei reinem Silizium aus? Sowohl die Elektronen als auch die „Löcher“ sind fest in dem Metall verankert und lassen sich nicht leicht be-

aufeinander, wird nichts passieren, nicht einmal, wenn Du an beide eine Batterie anschließt. Wenn Du aber eine Scheibe n-Material und eine Scheibe p-Material zusammenbringst, wirst Du merken, dass Strom durch das Paar fließt, wenn Du eine Spannung so anlegst, dass das p-Material (Anode) mit dem Pluspol und das n-Material (Kathode) mit dem Minuspol verbunden ist. Der Strom, der durch diese



wegen. Deshalb ist Silizium auch so ein schlechter Leiter. Wenn man nun etwas Phosphor hinzugemischt, werden einige Elektronen ein bisschen beweglicher. Fügen wir etwas Bor hinzu, lassen sich einige „Löcher“ in dem Silizium etwas besser bewegen. Das Silizium, das mit Phosphor „verunreinigt“ ist, nennt man n-Silizium, weil sich die negativen Elektronen besser bewegen lassen. Silizium mit Bor vermischt, ergibt p-Silizium, weil sich hier die positiven Ladungsträger bewegen lassen.

## GRENZVERKEHR

Legst Du zwei Scheiben reinen Siliziums



Spannung erzeugt wird, muss sehr niedrig sein, sonst werden die kleinen Siliziumscheiben beschädigt.

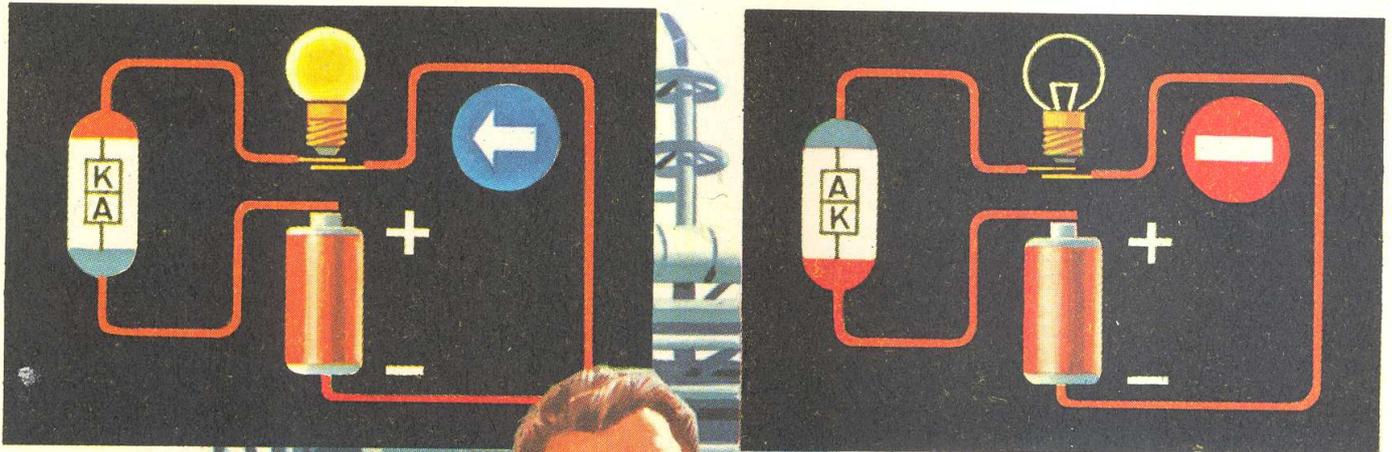
Der Stromfluss erklärt sich folgendermassen: Entgegengesetzte Ladungen, wie Elektronen und „Löcher“, ziehen sich an, ebenso wie sich entgegengesetzte Magnetpole anziehen. Die Elektronen in dem n-Silizium werden also von den „Löchern“ in dem p-Silizium angezogen. Da sich die Elektronen innerhalb der n-Siliziumscheibe frei bewegen können, wandern sie wegen der Anziehungskräfte zu der Berührungsstelle der beiden Siliziumscheiben. Einige überwinden sogar die Grenze zwischen n- und p-Silizium.

Ebenso ist es mit den „Löchern“, die im p-Silizium sind.

Die Batterie ist so angeschlossen worden, daß ihr negativer Pol die Elektronen in dem n-Silizium in Richtung auf das p-Silizium stößt, während der positive Pol dabei durch Anziehung der Elektronen Unterstützung leistet.

Unter dem Einfluß all dieser Kräfte werden einige Elektronen mehr die Be-

„Löchern“ und den Elektronen innerhalb des p- und n-Materials. So sind in der Nähe der Berührungsstelle weder Elektronen noch „Löcher“. Wenn der Pluspol der Batterie alle Elektronen aus der Nähe der Berührungsstelle weggezogen hat, sind keine Elektronen mehr da, die nachfolgen könnten. Es fließt also kein Elektronenstrom. Genauso verhält es sich mit den „Löchern“. Solche Anordnung einer n-



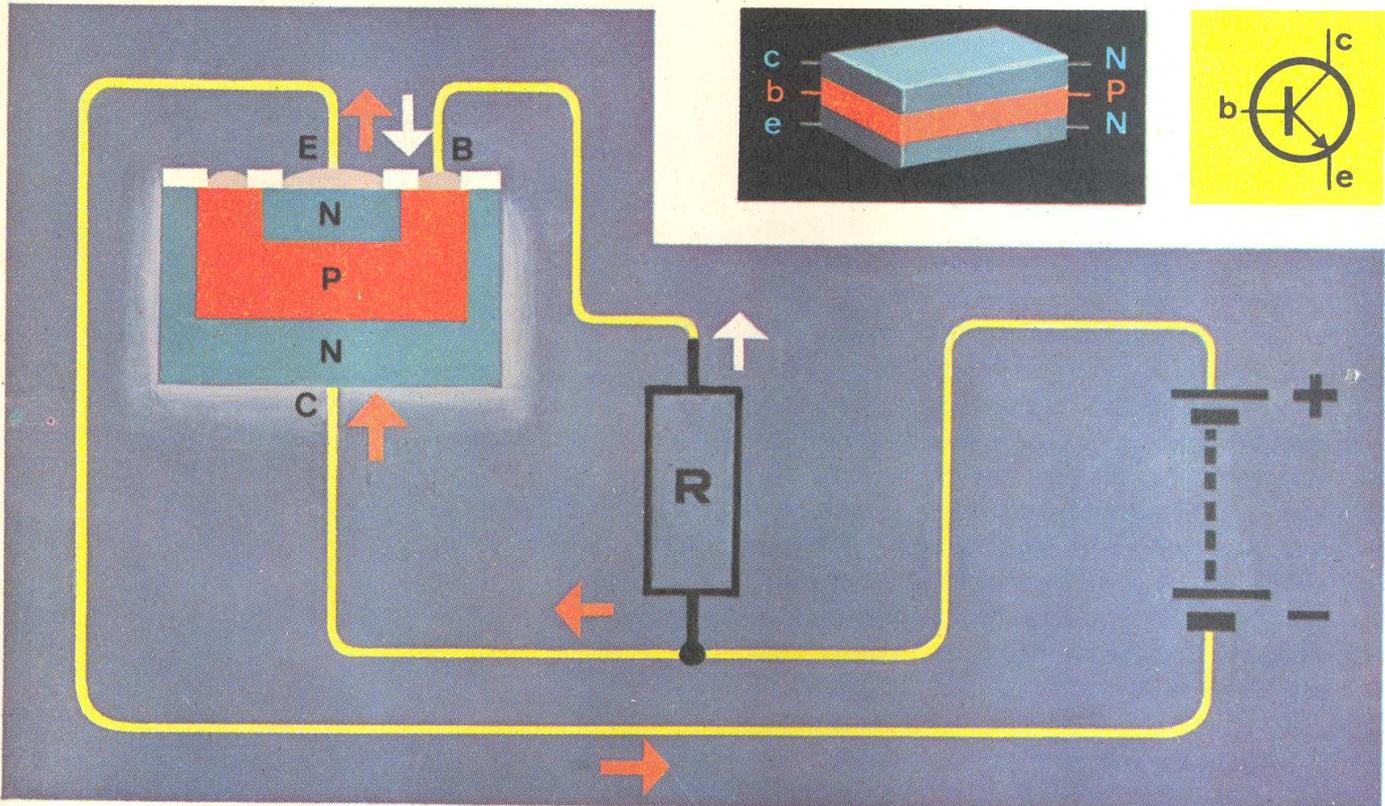
rührungsstelle überwinden und sogar durch das p-Silizium hindurchgehen. Um den Verlust auszugleichen, versorgt die Batterie das n-Silizium mit neuen Elektronen, die wiederum die Berührungsstelle überwinden usw. Mit den „Löchern“ geschieht das gleiche, aber diese bewegen sich natürlich in die entgegengesetzte Richtung. Dann schließen wir die Batterie andersherum an: Den Pluspol an das n-Material, den Minuspol an das p-Material. Der Pluspol zieht die Elektronen in dem n-Material von der Berührungsstelle weg. Der Minuspol tut dasselbe mit den „Löchern“ im p-Material. Diese Kräfte sind größer als die Anziehungskräfte zwischen den

Material- und einer p-Material-Scheibe nennt man eine Diode. Sie läßt den Strom nur in einer Richtung fließen. Die Diode wandelt Wechselstrom in Gleichstrom um. Was passiert, wenn ein Wechselstrom an eine Diode dieser Art angeschlossen wird? Während der halben Periode, in der die Spannung an dem p-Material positiv und an dem n-Material negativ ist, fließt Strom. Während der folgenden halben Periode fließt also (Spannung umgekehrt) kein Strom. Der Strom durch die Diode fließt immer nur in einer Richtung und ist darum Gleichstrom, obwohl er mit Unterbrechungen fließt! In unseren Baukästen wird die Diode in Radio-Empfängern benutzt, und ihre dortige Funk-

tion wird in dem betreffenden Kapitel erklärt. Diodengleichrichter werden z.B. auch in Akkumulatoren-Ladegeräten benutzt. Akkumulatoren müssen mit Gleichstrom geladen werden. Der Strom in unseren Leitungen ist aber Wechselstrom. Das Akkumulatoren-Ladegerät enthält deshalb einen Gleichrichter, der den Wechselstrom in Gleichstrom umwandelt. Die Diode, die in Deinem Baukasten liegt,

## TRANSISTOREN VERSTÄRKEN STROM UND SPANNUNG

Die in den Baukästen verwendeten Transistoren bestehen aus 3 Lagen Silizium, nämlich einer Schicht p-Silizium und einer Lage n-Silizium auf jeder Seite. Die mittlere Schicht, das p-Silizium, nennt man die Basis (B). Die eine der n-Schichten wird Emitter (E) und die andere



ist dazu nicht stark genug. Wenn man die Diode betrachtet, gibt es keine Möglichkeit zu sagen, welcher von ihren beiden Drähten mit dem n-Material und welcher mit dem p-Material verbunden ist. Die Diode ist deshalb immer auf der Kathodenseite gekennzeichnet. Dies ist die negative Seite, die mit dem n-Material verbunden ist. Der andere Draht sitzt an der Anodenseite. Darauf muß Du beim Aufbau immer achten.

In dem Zeichen für die Diode zeigt der Pfeil die Richtungen an, in der die „Löcher“ durch die Diode hindurchgehen. Die Elektronen bewegen sich also gegen den Pfeil.

Kollektor (C) genannt.

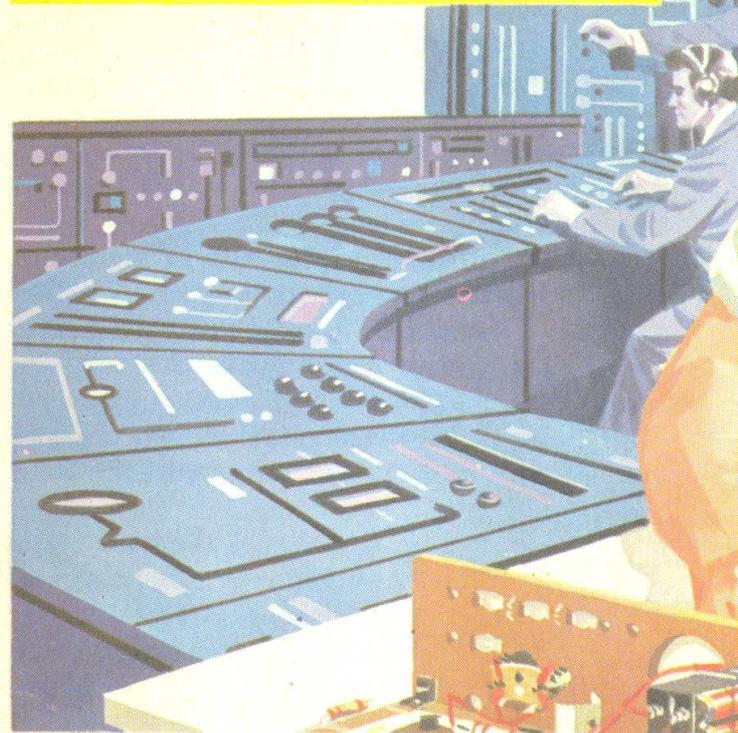
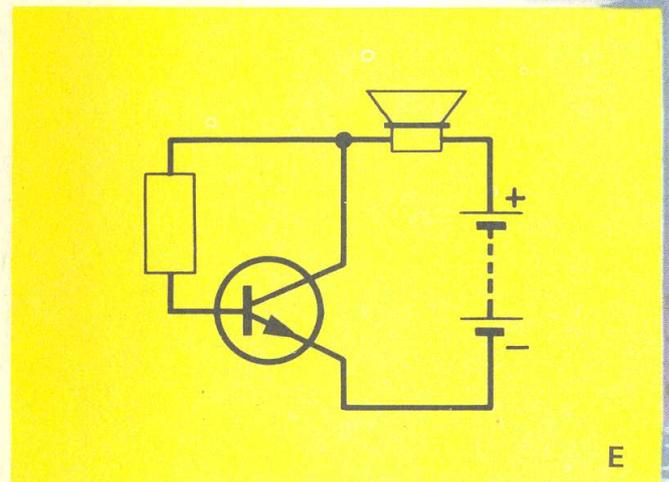
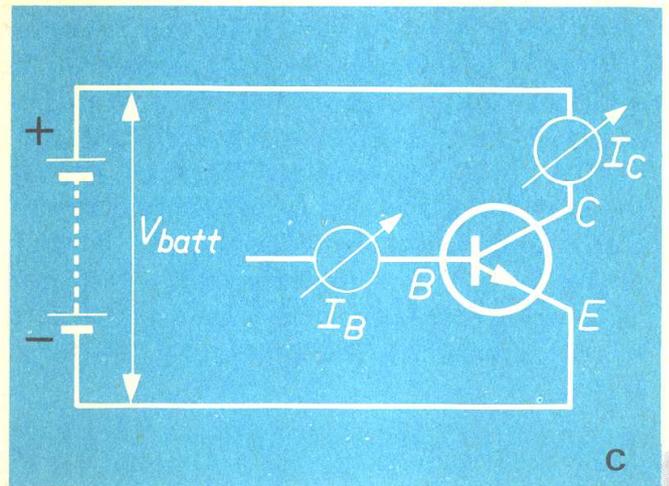
Stelle Dir vor, wir legen eine Spannung am Kollektor und Emitter des Transistors an (Abb. C). Es wird praktisch kein Strom fließen. Dann verbinden wir auch die Basis des Transistors über R mit der Batterie (Abb. D). Beim Messen stellen wir fest, dass jetzt über die Basis und über den Kollektor ein Strom fließt. Der Kollektorstrom  $I_C$  ist dabei bedeutend grösser, als der Basisstrom  $I_B$ . Nun stelle Dir vor, wir erhöhen die Spannung  $V_{\text{batt}}$  etwas. Dann wird der Basisstrom ebenfalls etwas grösser. Der Kollektorstrom verändert sich auch. Aber er verändert sich bedeutend mehr als der Basisstrom, zum Beispiel:

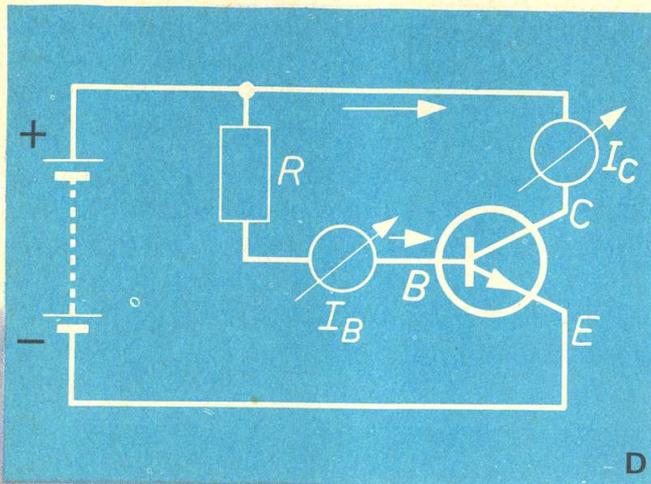
$V_{\text{batt}} = 4,5 \text{ V}$ Widerstand R	$V_{\text{batt}} = 9 \text{ V}$ Widerstand R	$V_{\text{batt}} = 4,5 \text{ V}$ Widerstand $\frac{1}{2} R$
$I_B = 1 \text{ mA}$	$I_B = 2 \text{ mA}$	$I_B = 2 \text{ mA}$
$I_E = 100 \text{ mA}$	$I_E = 200 \text{ mA}$	$I_E = 200 \text{ mA}$
$I_C = 99 \text{ mA}$	$I_C = 198 \text{ mA}$	$I_C = 198 \text{ mA}$

Änderung des Basisstroms  $2 - 1 = 1 \text{ mA}$   
 Änderung des Kollektorstroms  
 $198 - 99 = 99 \text{ mA}$ .

Diese Rechnung ergibt, dass der Kollektorstrom stets 99 mal so gross wie der Basisstrom ist, ganz gleich, wie hoch die Spannung über R auch sein mag. Wenn wir uns nun nur die Ströme ansehen, merken wir: Wird der geringe Basisstrom verdoppelt, verdoppelt sich ebenfalls der höhere Kollektorstrom. Wenn in einem Stromkreis der Basisstrom des Transistors geändert wird, ändert sich der Kollektorstrom proportional dazu. Wir können auch eine Wechselstromquelle, z.B. ein Mikrophon, in Serie mit R schalten. Es wird dann nicht nur Gleichstrom, sondern auch Wechselstrom durch die Basis unseres Transistors fließen. So eine Verbindung von Gleich- und Wechselstrom kann als Gleichstrom angesehen werden, der in regelmäßigen Abständen stärker und schwächer wird. Der Stromfluß durch den Kollektor des Transistors wird dann ebenfalls in regelmäßigen Abständen stärker und schwächer. Diese Veränderungen in dem Kollektorstrom können auch als Wechselstrom angesehen werden, der dem normalen Gleichstrom, der durch den Kollektor fließt, hinzugefügt ist.

Wie wir gerade gelernt haben, wird dieser Wechselstrom größer sein als der, der durch die Basis fließt. In unserem Beispiel wird er 99 mal so groß sein. Mit anderen Worten, der Transistor hat den Wechselstrom um das 99 fache verstärkt. Praktisch kann die Verstärkung erheblich größer sein, z.B. einige hundert Male. Transistoren werden benutzt, um die geringen Spannungen und Ströme, die von einem Tonkopf, einem Mikrophon oder einer Antenne kommen, soweit zu verstärken, daß man sie in einem Kopfhörer oder Laut-



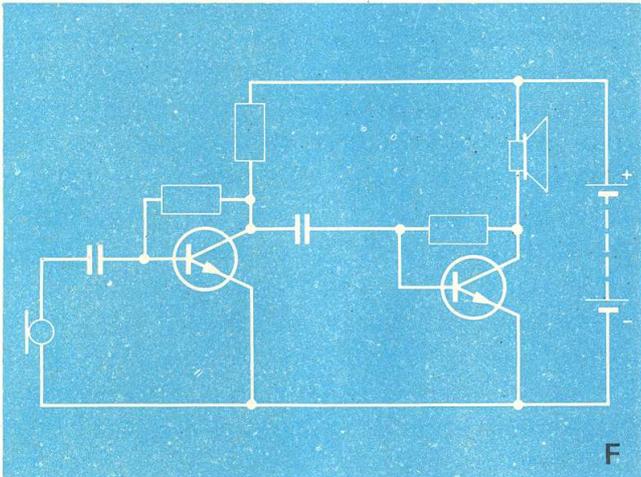


sprecher hören kann. Wenn ein Transistor keine genügende Verstärkung besitzt, kann man 2 oder 3 benutzen, einen nach dem andern (in „Kaskade“).

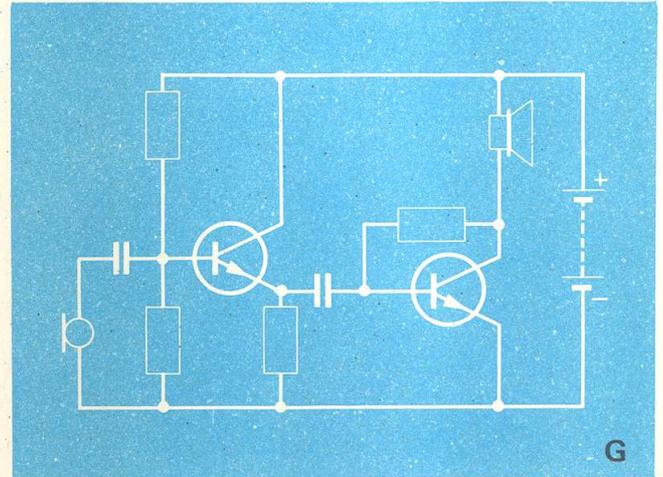
Wenn wir für den Widerstand den erforderlichen Wert wählen, erhält der Basisstrom immer die richtige Grösse. Ein Transistor benötigt also zwei verschiedene Stromarten: Gleichstrom, damit er überhaupt arbeiten kann, und Wechselstrom, den er verstärkt. Es ist natürlich sinnlos, den Kollektorstrom, der ja der verstärkte Basisstrom ist, nur durch die Batterie fließen zu lassen, denn mit diesem Strom wollen wir z.B. einen Lautsprecher betreiben. Deshalb wird dieser Lautsprecher in Serie mit dem Kollektor geschaltet (Abb. E).

Wenn nach einem Transistor ein weiterer Transistor folgt, weil eine grössere Verstärkung gewünscht wird, schaltet man einen Widerstand in Serie mit dem Kollektor. Soll der Transistor keine Tonwellen verstärken, sondern Trägerwellen (in Radio-Empfängern), wird anstelle des Widerstandes eine Spule oder ein abgestimmter Kreis verwendet. Ausserdem schaltet man zwischen zwei Transistoren einen Kondensator, der, wie bereits erwähnt, Wechselstrom, aber keinen Gleichstrom durchlässt. So kann der Wechselstrom, nicht aber der Gleichstrom, vom ersten Transistor zum zweiten fließen und weiter verstärkt werden. Würden wir die „Kopplungskondensatoren“ nicht einbauen, bräuchte der Gleichstrom, der dann auch zum zweiten Transistor gelangen könnte, die Funktion dieses Transistors durcheinander. Wir nennen diese Schaltung einen Kaskaden-Verstärker; der zweite Transistor wird von dem ersten angetrieben (Abb. F). Der Widerstand, der einen schwachen Gleichstrom an die Basis liefert, wird bei dieser Schaltungsart an den Kollektor und nicht an die Batterie angeschlossen. Dies ergibt einen Gleichstrom am Kollektor, der gegen Temperaturänderungen stabilisiert ist.

Da der Kollektor- und der Emitterstrom praktisch gleich sind, können wir auch einen Widerstand mit dem Emitter statt mit dem Kollektor verbinden (Abb. G). In



F



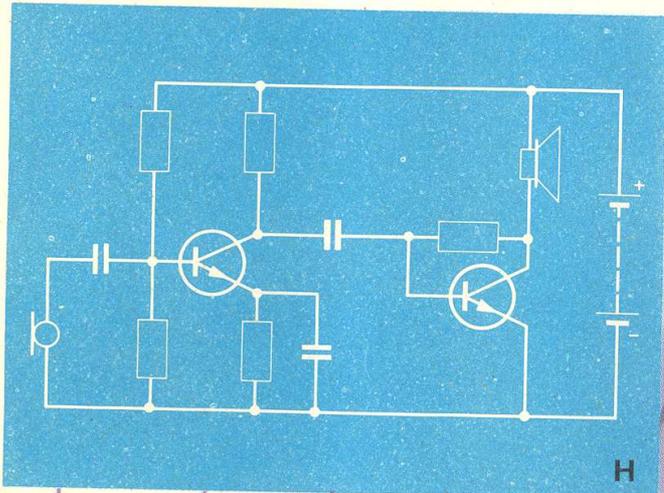
G

diesem Falle wird die Basis mit je einem Widerstand an den Plus- und den Minuspol der Batterie angeschlossen. Diese Schaltung hat andere Verstärkungseigenschaften als die Schaltung in Abbildung F. Deshalb findest Du sie auch als Experiment in diesem Baukasten.

Man kann auch eine Schaltung mit einem Emitter- und zwei Basis-Widerständen aufbauen, wenn man den Kollektor über einen Widerstand mit der Batterie verbindet (Abb. H). Dann ist es aber besser, parallel zum Emitter-Widerstand einen Kondensator zu schalten. Haben die Widerstände den richtigen Wert, ist die Stabilisierung des Kollektorstromes noch besser als bei der Schaltung mit nur

einem Widerstand zwischen Basis und Kollektor (Abb. G).

Transistoren kann man auch als „SCHALTER“ einsetzen. In diesen Schaltungen werden die Basis- und Kollektor-Ströme nicht durch einen Wechselstrom verändert, sondern sind entweder gleich Null oder sie haben einen bestimmten Wert. Dies nennt man einen Schaltkreis, wobei der Transistor als Schalter oder besser als Relais arbeitet. Indem man der Basis einen schwachen Kontrollstrom zuführt, kann man einen starken Strom in dem Kollektorkreis einschalten. Die Anwendung dieses Prinzips findest Du bei einigen Geräten in diesem Baukasten.



## ELEKTRO-AKUSTIK

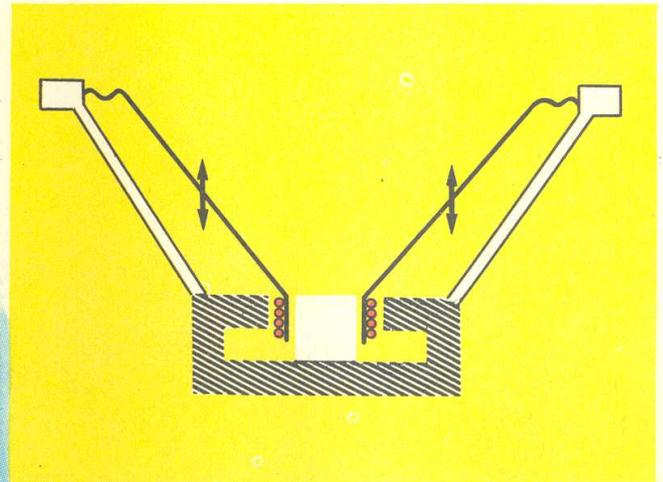
Elektroakustik ist das „Zauberwort“ für alles, was mit der Aufnahme, Verstärkung und Wiedergabe von Tönen zusammenhängt. Was ist ein Ton? Unter einem Ton versteht man alle hörbaren Schwingungen. Wenn Du einen Stein ins Wasser wirfst, siehst Du an der Oberfläche die Wellenbewegung. Es breiten sich kreisförmige Wellen von dem Punkt aus, an dem der Stein ins Wasser fällt. Wenn Du in die Hände klatschst, werden ebenfalls Wellen in der Luft erzeugt. Du kannst sie hören, weil unsere Ohren so eingerichtet sind, dass sie solche Luftwellen wahrnehmen. Die Wellen des Wassers gehen

auf und nieder. Du kannst das ganz klar erkennen: Wenn dort, wo Du den Stein ins Wasser geworfen hast, ein kleines Stück Holz schwimmt, wird es durch die Wellen bewegt.

In der Luft breiten sich die Wellen in derselben Weise aus. Stelle Dir einen Metallstreifen vor, der in einem Schraubstock festgeklemmt ist. Wenn Du das freie Ende des Metallstreifens zur Seite biegest und es dann losläßt, wird es über seine Anfangsposition hinaus schnellen, dann wieder zurückkommen und sich immer wieder hin und her bewegen und jedesmal seine ursprüngliche Ruhestellung passieren. Der Streifen schwingt! Eine solche Schwingung bringt die umgebende Luft

dazu, ebenfalls zu schwingen. Die Luftwellen bewegen sich von dem schwingenden Stab nach allen Richtungen hin, genau wie in unserem Beispiel mit dem Stein, den wir ins Wasser warfen. Wenn nun eine solche Welle an Dein Ohr dringt, hörst Du einen Ton. Je mehr Schwingungen pro Sekunde der Stab macht, desto höher ist der Ton. Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde nennt man die

runde Scheibe in der Sekunde ein paar hundert- oder tausendmal hin und her. Die schwingende Scheibe wird die Luft ebenfalls zum Schwingen bringen. Dies erzeugt Töne. Die Frage ist nun, wie wir diese Scheibe zum Schwingen bringen können. Wir befestigen eine Spule an der Scheibe und stellen die Spule in der Nähe eines Magneten auf, z.B. eines Hufeisenmagneten, den Du ja kennst. Dann



Frequenz des Tones. Eine Schwingung pro Sekunde heißt 1 Hertz (Hz). Unser Ohr kann Töne von ungefähr 16 Hz bis 20.000 Hz hören. Ein Hund kann höhere Töne wahrnehmen; denke an die lautlose Hundepfeife.

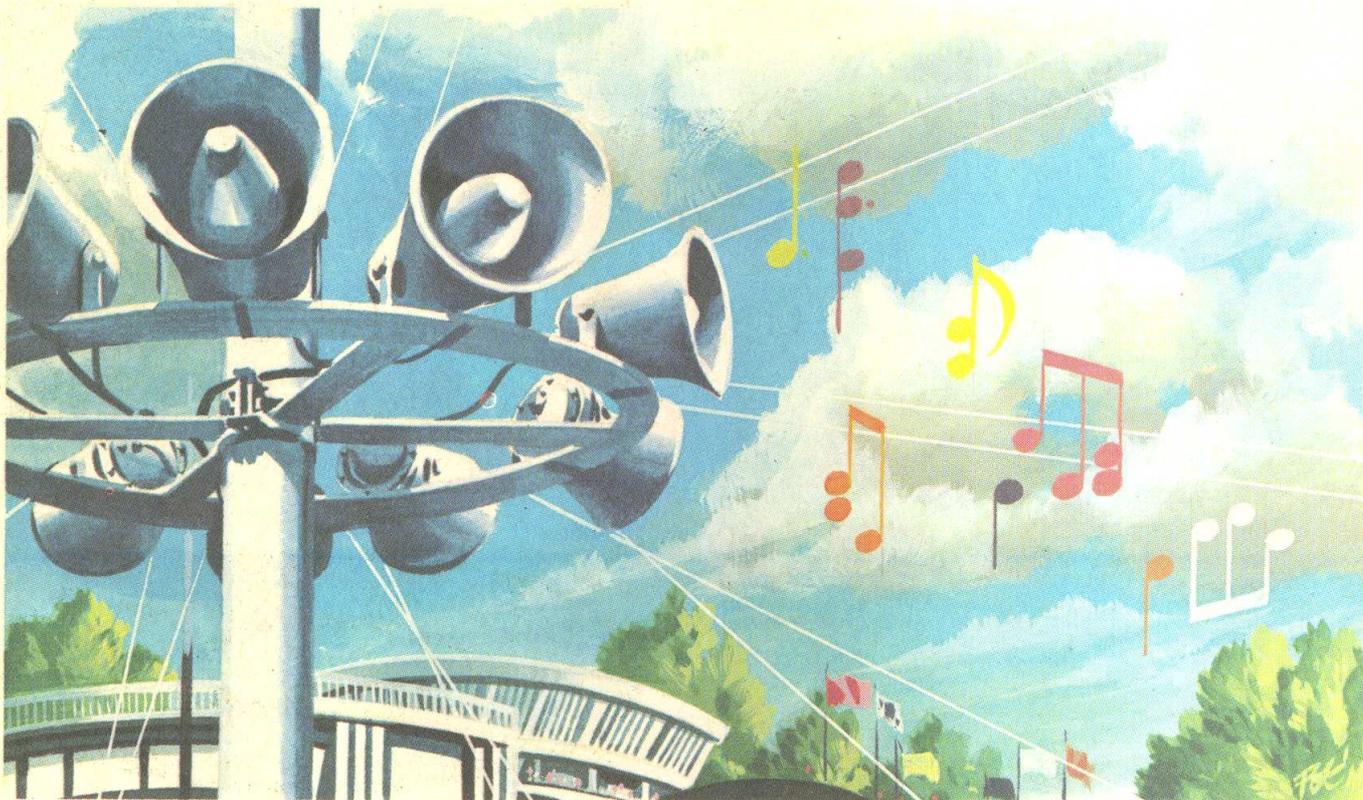
### DER LAUTSPRECHER

Alle Musikinstrumente sind so eingerichtet, dass die Luft schnell zum Schwingen gebracht wird. Auch wenn wir sprechen oder singen, schwingt die Luft. Durch den Lautsprecher, den wir in unserem Rundfunkgerät benutzen, wird die Luft zum Schwingen gebracht. Stelle Dir einmal vor, Du bewegst eine

schicken wir einen Gleichstrom durch die Spule. Was geschieht jetzt? Die Spule verhält sich wie ein Magnet mit einem Nord- und einem Südpol. Wenn die Richtung des Stroms in der Spule so verläuft, dass ein Nordpol links von der Spule entsteht, dann wird dieser Nordpol vom Magneten abgestossen, und die Scheibe bewegt sich vorwärts. Wenn wir nun den Strom anders herum durch die Spule leiten, wechseln die magnetischen Pole der Spule. Dadurch entsteht jetzt links von der Spule ein Südpol, der vom Nordpol des Magneten angezogen wird. Die Scheibe wird sich daraufhin rückwärts bewegen. Was geschieht nun, wenn wir einen Wechselstrom durch die Spule schicken?

Das ist ein Strom, der unaufhörlich seine Richtung ändert, z.B. tausendmal in der Sekunde (dann sprechen wir von einem Wechselstrom mit einer Frequenz von 1000 Hz). Die Spule wird tausendmal in der Sekunde durch den Magneten zurückgestossen und tausendmal in der Sekunde von dem Magneten wieder angezogen. Die Spule und die Scheibe, die an ihr befestigt ist, werden tausendmal in der Sekunde

gibt und dass dieser Ton gegen die Scheibe des Lautsprechers dringt (die Scheibe nennt man Lautsprechermembrane). Diese Membrane beginnt heftig zu schwingen – so wie Fensterscheiben erzittern, wenn ein schwerer Lastwagen vorbeifährt. Wenn die Membrane zu schwingen beginnt, tut die Spule das auch. Wenn eine Spule in einem magnetischen Feld schwingt, wird in der Spule eine Spannung erzeugt. Das



hin- und herschwingen. Wir werden einen Ton hören. Das ist das Prinzip des Lautsprechers.

### **DYNAMISCHE MIKROPHONE**

Wir wissen nun, wie wir einen elektrischen Strom in eine Tonschwingung umwandeln können. Aber wie können wir das jetzt umgekehrt erreichen? Wie können wir eine Tonschwingung in einen elektrischen Strom umwandeln? Wir machen das mit Mikrofonen. Es gibt davon verschiedene Arten. Eine – die am häufigsten benutzte Art – arbeitet wie ein Lautsprecher, nur umgekehrt. Stelle Dir einmal vor, dass es irgendwo einen Ton

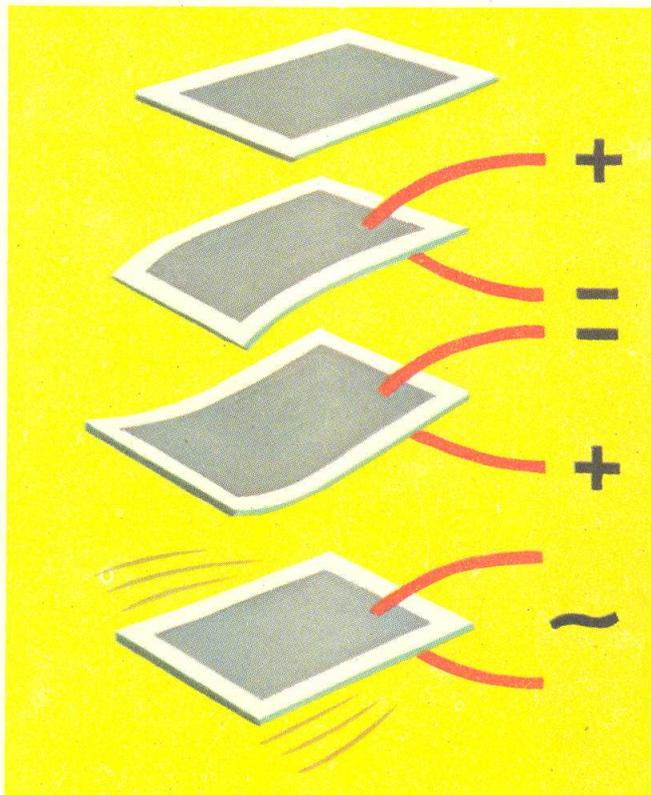
hast Du bereits gelernt.

In der schwingenden Spule des Lautsprechers, der in unserem Falle als Mikrofon benutzt wird, werden kleine elektrische Spannungen erzeugt, genauso wie in einem richtigen Mikrofon. Diese kleinen Spannungen können verstärkt werden. Wie, werden wir Dir später erklären. Diese verstärkten Spannungen werden dann einem Lautsprecher zugeleitet, der die elektrischen Schwingungen wieder hörbar macht.

### **KRISTALL-MIKROPHONE**

Nun gibt es noch eine andere Methode zur Tonerzeugung oder -aufnahme. Es gibt be-

stimmte Materialien, die eine sehr eigentümliche Eigenschaft besitzen. Ein solches Material ist das Kristall aus Rochelle-Salz. Wenn Du ein kleines Plättchen davon nimmst und an jeder Seite eine leitende Schicht anbringst, passiert gar nichts. Wenn Du aber eine Batterie an den beiden Leitschichten anschließt, dann geschieht etwas: Das Plättchen biegt sich nach der einen Seite. Wenn Du



dann die Batterie umgekehrt anschließt, biegt sich das Plättchen nach der anderen Seite. Du verstehst das doch? Wenn Du einen Wechselstrom an ein solches kleines Kristall-Plättchen anschließt, biegt es sich im Rhythmus des Wechselstroms hin und her. Wenn Du eine Membrane an diesem Kristall-Plättchen befestigst, beginnt die Membrane zu schwingen. Du hörst einen Ton. Das Gegenteil ist auch möglich. Wenn ein Ton die Membrane in Schwingungen versetzt, wird die Kristallplatte hin- und hergebogen. Dadurch wird zwischen den beiden Leitschichten auf dem Plättchen eine elektrische Spannung erzeugt. Dies ist das Prinzip eines Kristall-Mikrophons.

## KRISTALL-TONABNEHMER

In den meisten Tonabnehmersystemen werden Kristalleinheiten verwendet. Die Tonschwingungen kommen von den Rillen in der Schallplatte. Wenn Du eine solche Rille unter einer Lupe anschaust, wirst Du erkennen, dass diese hin- und herläuft. Das Hin und Her einer Rille entspricht den Schwingungen des Original-



tons. Der Saphir, der in der Rille läuft, wird durch die Rille hin- und herbewegt. Dieser Saphir ist an einem Kristall-Plättchen befestigt, das dadurch hin- und herbewegt wird. Wieder wird als Ergebnis des Hin- und Herbewegens eine Wechselspannung durch das Kristall erzeugt. Die Aufnahme erfolgt sozusagen über ein Mikrophon mit einem Saphir daran. Dabei hat der Saphir die Aufgabe der Membrane übernommen.

## DAS TONBANDGERÄT

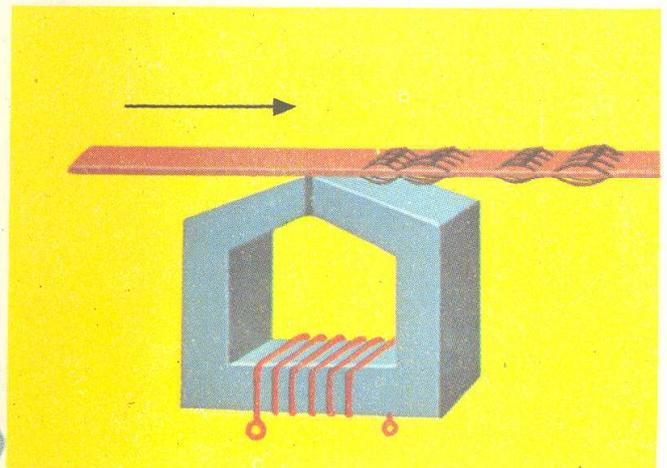
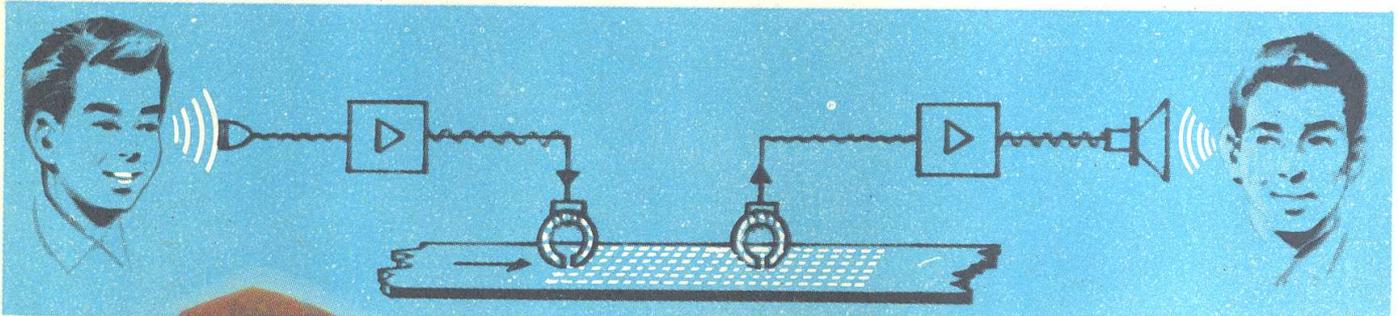
Neben dem Plattenspieler gibt es noch das Tonbandgerät zur Wiedergabe von Tönen. Mit einem Tonbandgerät kannst

Du selbst aber auch Töne aufnehmen. Diese vom Mikrophon aufgefangenen Schwingungen werden dann elektronisch verstärkt und an einem Elektromagneten, den „Tonkopf“, als Stromänderungen weitergegeben. Ein Tonband, das unzählige kleine Teilchen von magnetisierbarem Eisenoxyd enthält, wird jetzt mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit am Aufnahmekopf vorbeigezogen. Vom

siert wird. Der Löschkopf ist auch ein Elektromagnet, dem in diesem Falle ein starker Wechselstrom von sehr hoher Frequenz zugeführt wird.

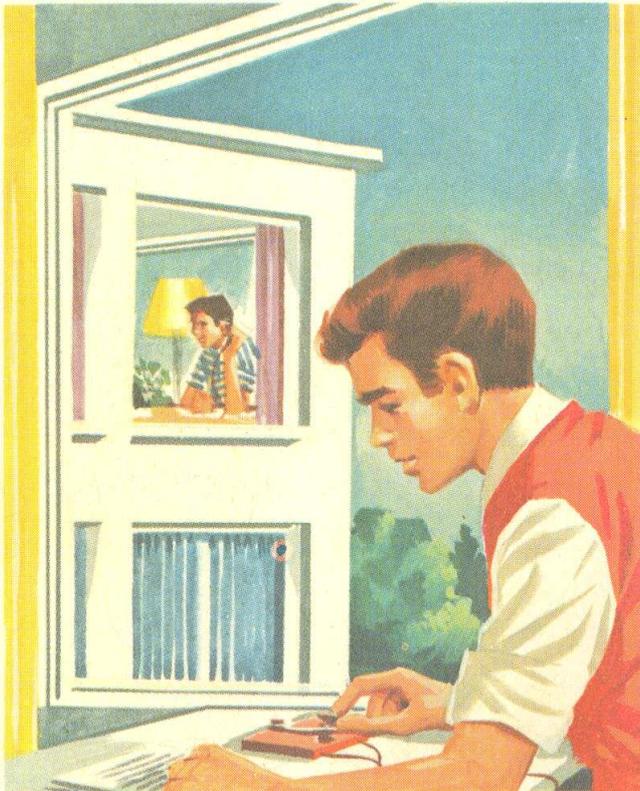
## FERNMELDEWESEN

Das Fernmeldewesen bedeutet so etwas wie Verkehr auf Entfernung. Unter Verkehr musst Du Dir jedoch nicht Autos,



Elektromagneten (Aufnahmekopf) werden die Stromschwankungen in magnetische Schwingungen umgewandelt. Das Tonband besitzt die Eigenschaft, diese magnetischen Schwingungen aufzeichnen zu können. So wird der Ton als magnetisches Muster auf dem Tonband festgehalten. Während der Tonwiedergabe tastet der Wiedergabekopf die magnetische Spur ab und wandelt die magnetischen Schwingungen in Stromschwankungen zurück. Diese werden verstärkt und an den Lautsprecher geleitet, der sie als Töne wiedergibt. Das Tonband speichert das magnetische Muster solange, bis es mit einem besonderen Löschkopf wieder magnetisch neutrali-

siert wird. Züge und Flugzeuge vorstellen, sondern die Übermittlung von Nachrichten. Das kann Telegraphie, Fernsprecherkehr, Bildfunkübertragung, Rundfunk und Fernsehen sein. Das Wichtige hierbei ist, dass immer eine Entfernung überbrückt wird. Ein Haustelefon ist ebenso ein Fernmeldegerät wie die Anlage, mit der man einmal Botschaften an die ersten Menschen auf dem Mond schicken wird. Wenn Du Deinem Freund, der auf der anderen Strassen-seite wohnt, etwas aus dem Fenster zuzurufen willst, so kann man das kaum Nachrichtenübermittlung oder Fernmeldewesen nennen. Wir sprechen von Nachrichtenübermittlung oder Fernmeldewesen, wenn man eine Nachricht über



praktisch jede gewünschte Entfernung übertragen kann. Das kann man weder durch Sprechen noch durch Rufen. Wenn Dein Freund einen Kilometer entfernt wohnt, kannst Du so laut schreien, wie Du willst, er wird Dich nicht hören.

Nur auf elektronischem Wege kannst Du jede beliebige Entfernung überbrücken. Das Fernmeldewesen ist daher die elektronische Übermittlung von Nachrichten. Eines der ältesten, aber immer noch eines der wichtigsten Verfahren im Fernmeldewesen, ist die Telegraphie. Die Telegraphie eignet sich aussergewöhnlich gut zur Übermittlung von Nachrichten über grosse Entfernungen.

Eines der Geräte dieses Baukastens ist ein

Telegraphie-Apparat, mit dem Du Morsezeichen aussenden kannst. Du sendest das Morsealphabet mit Deiner Morsetaste über beliebig lange Drähte, die zu einem Kopfhörer oder einem Lautsprecher führen. Der Draht in Deinem Kasten ist aber keinen Kilometer lang. Ausserdem darfst Du auch gar nicht Drähte über die Strasse verlegen, wie Du es gern möchtest. Dazu brauchst Du die Genehmigung der städtischen – oder der Fernmeldebehörden, die man Dir wohl kaum geben wird. Trotzdem kannst Du das Gerät dazu benutzen, das Morsealphabet zu üben und Nachrichten zu senden und zu empfangen.

### MORSETELEGRAPHIE

Es besteht ein internationales Abkommen darüber, dass ein Strich dreimal solange dauern soll wie ein Punkt. Der Zwischenraum zwischen den Zeichen eines Buchstabens oder einer Zahl dauert solange wie ein Punkt. Der Zwischenraum zwischen zwei Wörtern muss solange wie 5 Punkte dauern. Zwischen zwei Buchstaben des gleichen Wortes liegt ein Zwischenraum, der 3 Punkten entspricht. Du kannst die richtige Geschwindigkeit am leichtesten erreichen, wenn Du für den Punkt kurz dü sagst und wenn Du für den Strich daa sagst, was Du ein bisschen länger ausdehnt. Der Buchstabe a klingt dann wie dü daa.

### RADIO

Du weisst sicherlich, was ein Radio ist. Aber wahrscheinlich weisst Du nicht, wie



es funktioniert. Ein Rundfunkempfänger ähnelt zur Hälfte einem Plattenspieler-verstärker, aber an der Stelle des Tonabnehmers besitzt er ein anderes Teil, das Dir noch nicht bekannt ist. Erinnerst Du Dich noch daran, wie der Kondensator arbeitet? Ein Wechselstrom kann durch zwei sich parallel gegenüberliegende Metallplatten fließen, selbst dann, wenn sie sich gar nicht berühren. Eine dieser beiden Platten ersetzen wir jetzt durch die Erde. Die ist natürlich nicht aus Metall, kann aber trotzdem gut Strom leiten. Die andere Platte ersetzen wir durch einen langen Metalldraht, der über der Erde verläuft. So entsteht wieder ein Kondensator. Verbinden wir jetzt einen

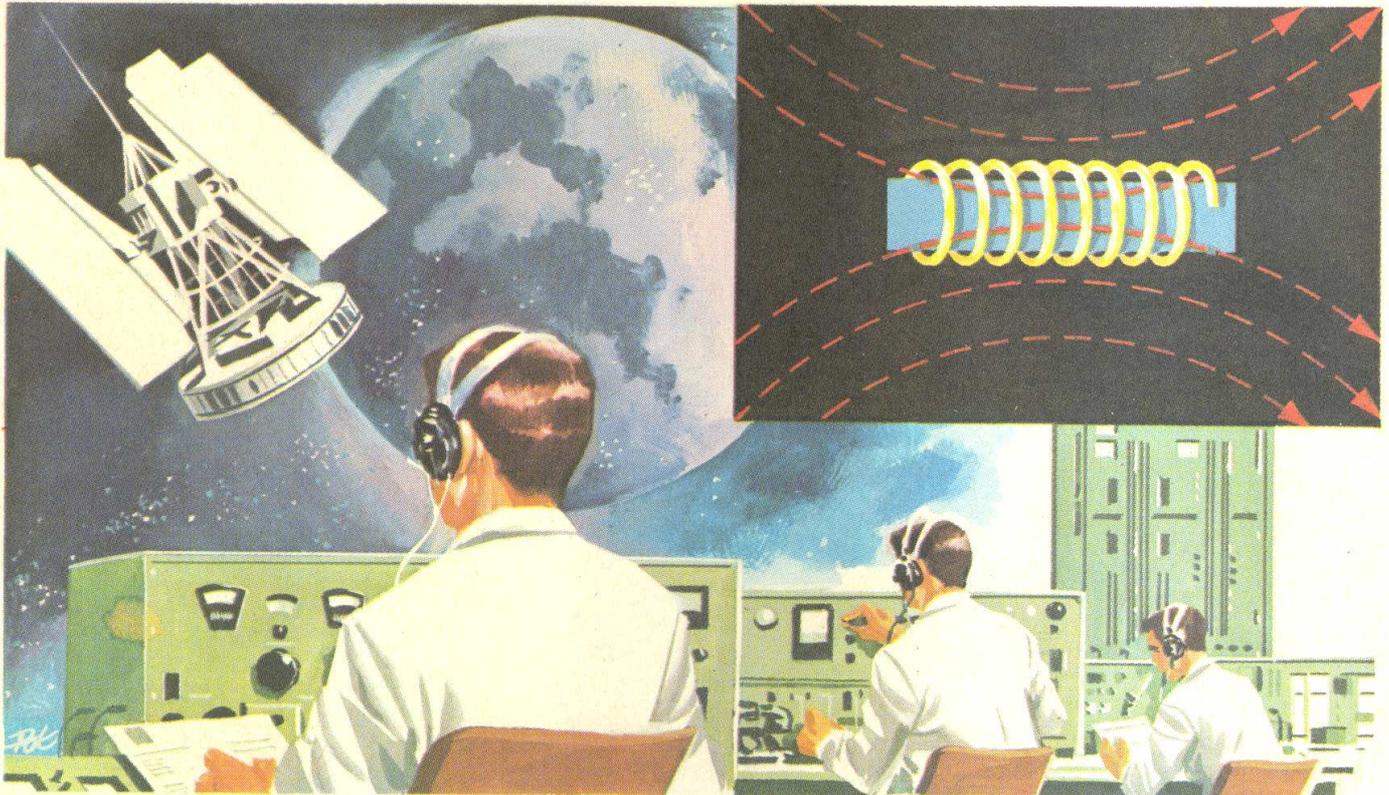
A --	P ----
B ----	Q ----
C ----	R ---
D ---	S ---
E -	T -
F ----	U ---
G ---	V ----
H ----	W ---
I --	X ----
J ----	Y ----
K ---	Z ----
L ----	Ä ----
M --	CH ----
N --	Ö ----
O ---	Ü ----
1 ----	6 ----
2 ----	7 ----
3 ----	8 ----
4 ----	9 ----
5 ----	0 ----
Anruf ----	



Wechselstrom mit dem Metalldraht – nämlich der Antenne – und der Erde, dann kann ein Wechselstrom auch durch diesen von uns geschaffenen „Kondensator“ fließen. Je höher die Frequenz des Wechselstroms, desto grösser der Strom, der durch ihn hindurchfließen kann. Wir haben bereits gesagt, dass ein elektrisches Feld zwischen den beiden Platten eines Kondensators erzeugt wird. Das geschieht auch hier. Zwischen dem Antennendraht und der Erde wird ein elektrisches Feld erzeugt. Aber das ist noch nicht alles. Du weisst, dass ein Magnetfeld von einer Spule ausgestrahlt wird, wenn sie von einem Strom durchflossen wird. Das ist bei jedem Draht der Fall, so dass ein

Magnetfeld auch um den Antennendraht und den Zuführungsdraht herum entsteht. Was bedeutet das nun? Haben wir einen Wechselstrom zwischen Antenne und Erde, entsteht gleichzeitig ein elektrisches und ein magnetisches Feld. Ein kombiniertes Feld dieser Art wird elektromagnetisches Feld genannt. (Abb.) Was geschieht nun? Ein elektromagnetisches Feld wie dieses breitet sich sehr weit aus.

nicht besonders gross ist, ist die Kapazität des Kondensators verhältnismässig klein. Deshalb kann nur Wechselstrom mit sehr hohen Frequenzen durch eine solche Antenne fließen; Frequenzen von 100.000 Hertz (100 kHz) oder noch mehr, z.B. 1.000.000 Hertz (1 MHz). Was passiert nun, wenn das elektromagnetische Feld einer Sendeantenne auf eine Empfangsantenne trifft? Es erzeugt eine



Es breitet sich selbst durch den Raum aus und zwar ungefähr auf die gleiche Art, wie das Licht. Licht ist nämlich auch ein elektromagnetisches Feld. Die elektromagnetischen Felder des Radios, mit denen wir uns befassen, verhalten sich jedoch etwas anders.

Wie Du weisst, dringt Licht nicht über den Horizont hinaus. Aber Radiowellen – Sonderfälle ausgenommen – tun es doch. Nur wenn die Radiowellen eine sehr hohe Frequenz haben (UKW), verhalten sie sich genauso wie Licht und gehen nicht über den Horizont hinaus.

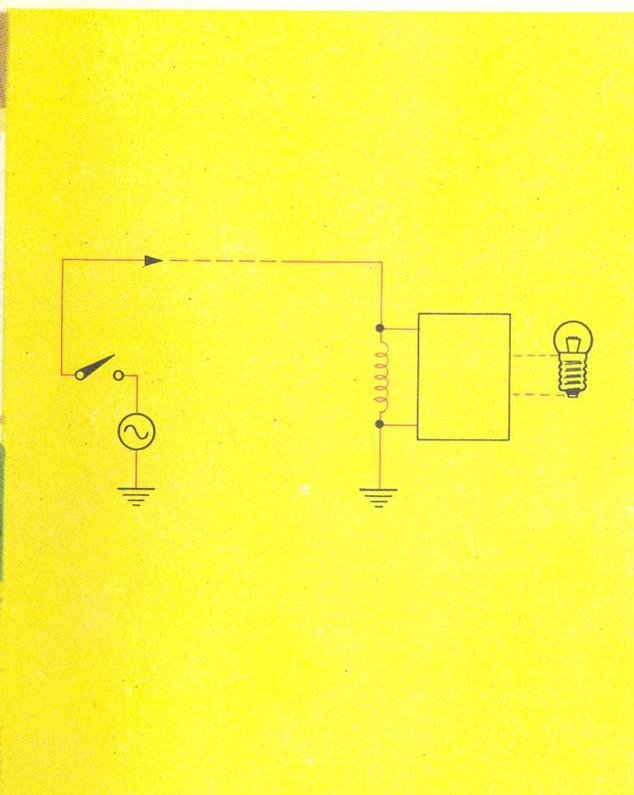
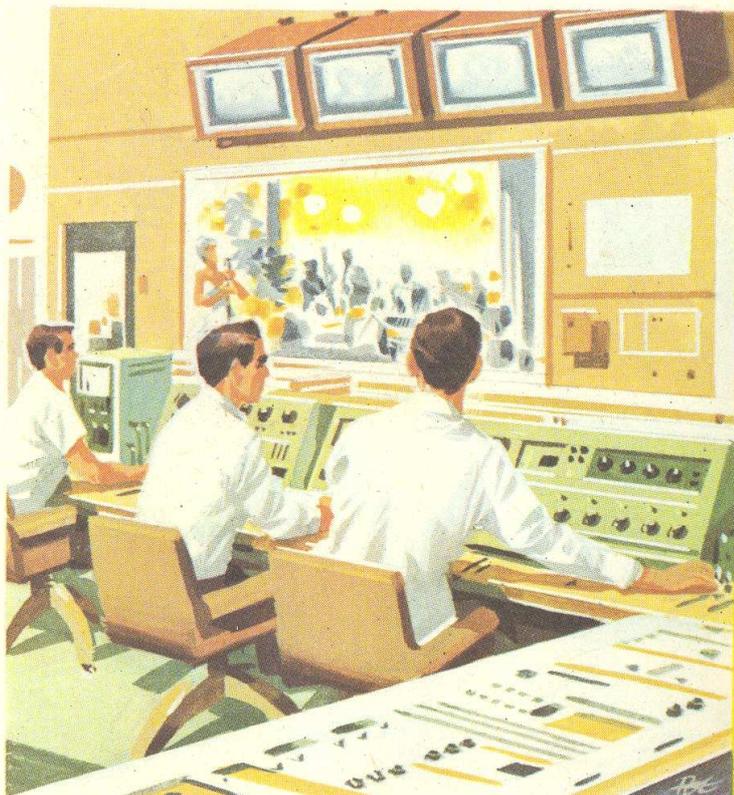
Wir haben bereits gesagt, dass man eine Antenne mit einem Kondensator vergleichen muss. Solange die Antenne

Spannung zwischen dem Draht der Empfangsantenne und der Erde. Schalten wir zwischen Antenne und Erde eine Spule, wird ein Strom durch die Spule fließen. Gewiss, es ist nur ein sehr schwacher Strom, aber mit Transistoren können wir ihn verstärken. Das elektromagnetische Feld wirkt auch direkt auf die sogenannte Antennenspule.

Dieser magnetische Teil erzeugt selbst eine Spannung in einer Spule, woran Du Dich sicher erinnerst. Deshalb können wir den Antennendraht fortlassen und eine Spule als Empfangsantenne benutzen. Es ist Dir sicher klar, dass eine gewöhnliche Spule niemals soviel von dem Magnetfeld wie eine Antenne aufnehmen kann, die

sich zehn oder zwanzig Meter über dem Boden befindet und zehn bis zwanzig Meter lang ist. Eine gute Aussenantenne hat eine weitaus grössere Empfangskapazität als irgendeine kleine Spule. Was geschieht nun aber, wenn wir einen Eisenkern in eine solche Spule tun? Eisen hat die Eigenschaft, magnetische Felder anzuziehen und zu verstärken. Wenn ein Magnetfeld eine sehr hohe

eine Wechselspannung der gleichen Frequenz in der Empfangsantenne. Eine Schwingung mit einer sehr hohen Frequenz kann das Ohr nicht mehr wahrnehmen. Wir können also auch Radiowellen nicht unmittelbar hören. Wir können sie aber als Träger für Musik oder Sprache oder Funksignale benutzen. Zunächst möchten wir Dir ein Beispiel für die Funkzeichen geben. Stelle Dir vor,



Frequenz hat, kann sich normales weiches Eisen aufgrund seiner Trägheit nicht so schnell umstellen. Man benutzt deshalb für diese Zwecke ein spezielles „Eisen“, das Ferroxcube. Ein Ferroxcubekern in einer Spule nimmt soviel vom magnetischen Feld auf, dass sich die Spule wie eine viel grössere Spule verhält. Ohne den Ferroxcubekern müsste die Antennenspule in Deinem Radioempfänger einen Querschnitt von fast einem Meter haben, anstatt einem Zentimeter, um die gleichen Ergebnisse zu erzielen.

dass Du den Strom, der durch Deine Antennenspule fliesst, genügend verstärken kannst, um eine kleine Lampe aufleuchten zu lassen. Wenn der Sender eine ganz kurze Zeit lang sendet, leuchtet die Lampe für eine kurze Zeit auf. Wenn der Sender eine längere Zeit hindurch sendet, z.B. eine halbe Sekunde lang, dann brennt die Lampe auch eine halbe Sekunde lang. Jetzt stelle Dir vor, dass Du eine Sendetaste hast, die mit der Sendeantenne verbunden ist. Der Antennenstrom fliesst nur, wenn die Sendetaste hinuntergedrückt wird. Wenn der Funker dies tut, dann werden Punkte und Striche gesendet, die zusammengesetzt Buchstaben, Wörter und Sätze bilden. Ein zweiter

Senden wir nun einen Wechselstrom mit einer Frequenz von einem Megahertz durch eine Sendeantenne, dann entsteht

Funker kann an der Lampe im Empfänger, auch Hunderte von Kilometern entfernt, die Punkte und Striche ablesen und weiss, was gesendet wird.

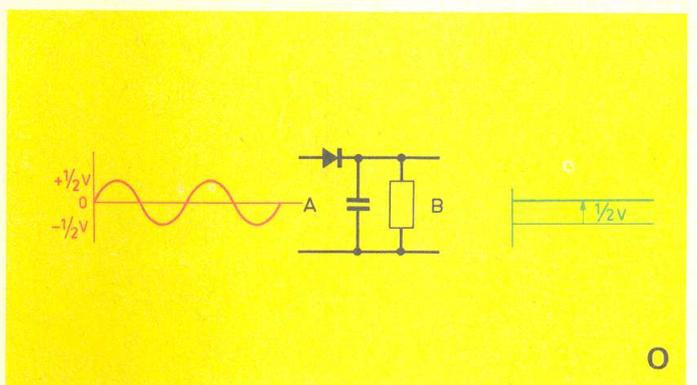
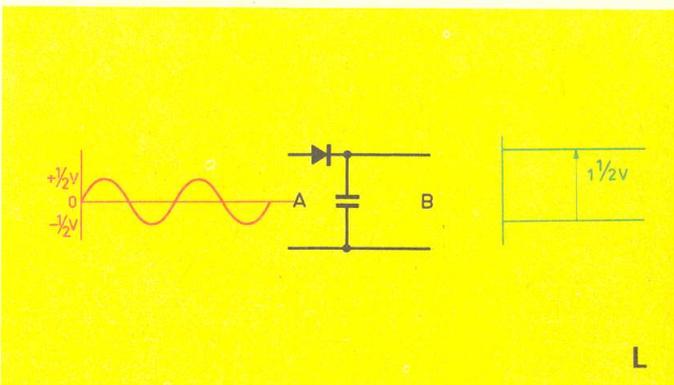
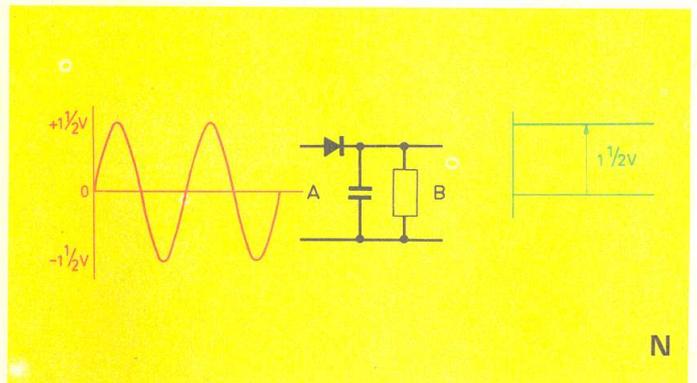
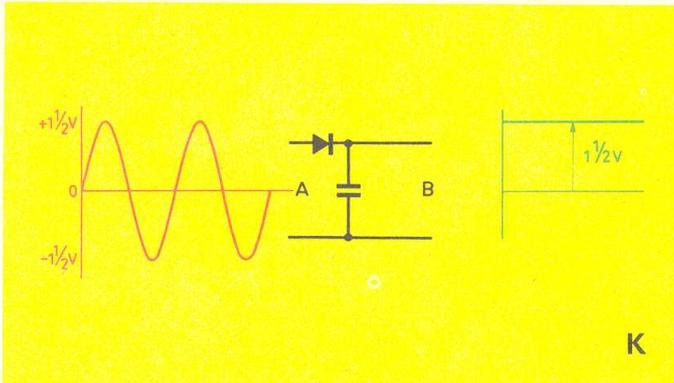
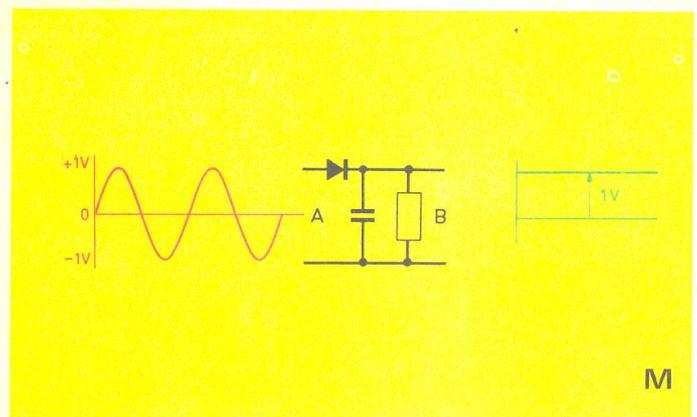
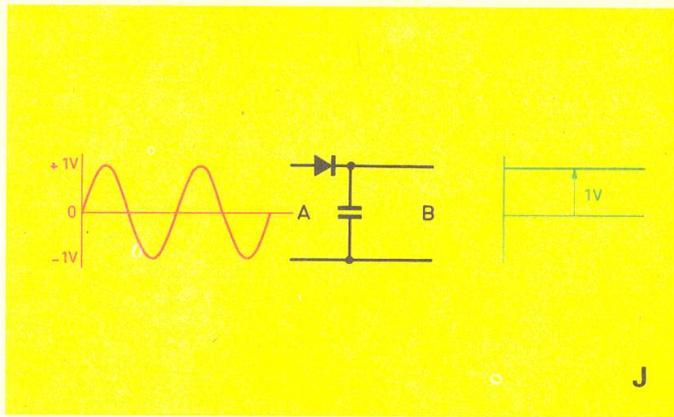
Nimm einmal an, Du ersetzt die Morsetaste durch einen veränderlichen Widerstand. Wenn der Widerstand klein ist, geht viel Strom durch die Sendeantenne. Wenn der Widerstand gross ist, fliesst nur ein geringer Strom durch die Sende-

Die Welle des Senders (Trägerwelle) hat eine Frequenz von z.B. 1 MHz (1.000.000 Hz). Durch die Modulation wird die Trägerwelle in der Sekunde 1000 mal stärker und schwächer (Abb.). Empfangen wir nun diese Trägerwelle, die eine Million mal in der Sekunde ihre Richtung ändert, so kann unsere angeschlossene Lampe dem schnellen An- und Abschwellen nicht mehr folgen. Ersetzen wir die



antenne. Wenn jemand in der Sendestation den Knopf am Widerstand hin- und herdreht, brennt die Lampe im Empfänger etwas stärker oder etwas schwächer. Nun dürfen wir aber bei unseren Beispielen die Trägerwelle des Senders nicht vergessen, die eine so hohe Frequenz hat, dass wir sie nicht unmittelbar hören können. Diese Trägerfrequenz wird den Signalen, die man übertragen will, beigegeben. Man nennt das Modulation. Nun nehmen wir einmal an, dass jemand in der Sendestation den Knopf des Potentiometers 1000 mal in der Sekunde hin- und herdreht. Wie sieht dann die modulierte Trägerwelle des Senders aus?

Lampe durch einen Lautsprecher, hören wir ... nichts. Die Membrane des Lautsprechers müsste sich 1.000.000 mal in der Sekunde vor und zurück bewegen. Das kann sie aber nicht, weil sie zu träge ist. Wenn wir die 1000 Hz hören wollen, müssen wir die Trägerwelle gleichrichten. Das geht so: Legen wir eine Wechselspannung von 1 V an die Anschlüsse A, werden wir an den Anschlüssen B eine Gleichspannung von 1 V messen (Abb.J). Nur die positiven Halbwellen der Spannung können durch die Diode fließen und den Kondensator auf 1 V aufladen. Erhöhen wir die Wechselspannung auf  $1\frac{1}{2}$  V, steigt die Gleichspannung ebenfalls auf  $1\frac{1}{2}$  V (Abb. K). Senken wir nun die Wech-



selspannung auf  $\frac{1}{2} V$ , wird die Gleichspannung immer noch  $1\frac{1}{2} V$  betragen, weil sich der Kondensator nicht entladen kann (Abb. L). Schalten wir aber einen Widerstand parallel zum Kondensator, kann er sich über diesen Widerstand entladen, und die Gleichspannung wird der Wechselspannung im Wert folgen. (Abb. M, N, O). Wenn wir jetzt die modulierte Trägerwelle, die ja eine veränderliche Wechselspannung ist, an die Anschlüsse A legen (Abb. P), erhalten wir an den Anschlüssen B nur die Gleichspannungsschwankungen. In der Praxis ersetzen wir den Widerstand durch den Lautsprecher, der dann die 1000 Hz Gleichstromschwankungen hörbar macht. Damit wir Sprache und

Musik übertragen können, benutzen wir als „Modulator“ kein Potentiometer, sondern ein Mikrofon. Die Trägerwelle wird dabei so moduliert, dass sie mit den Schallschwingungen, die auf das Mikrofon treffen, übereinstimmt. Singt jemand einen hohen Ton vor dem Mikrofon, dann wird die Trägerwelle dem hohen Ton entsprechend moduliert. Singt jemand einen tiefen Ton, dann wird die Trägerwelle entsprechend dem tiefen Ton moduliert. Der Empfänger gibt den Ton genau wieder.

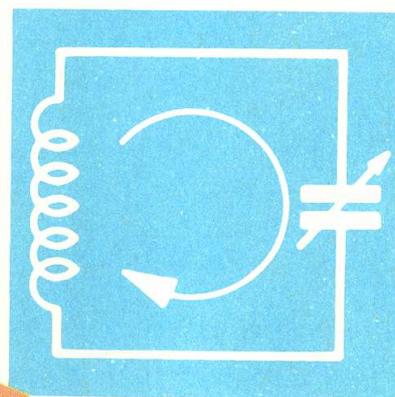
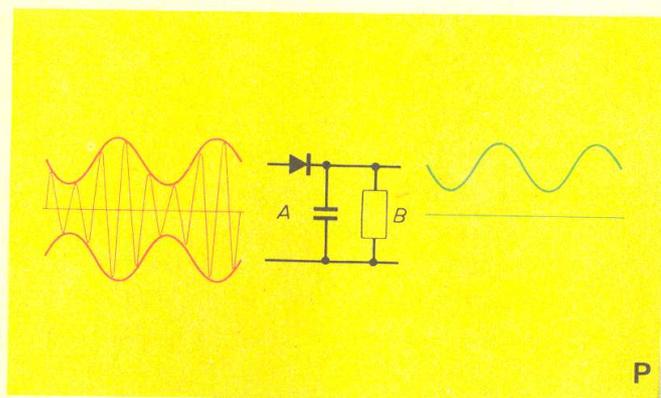
### ABSTIMMEN

Natürlich weißt Du schon längst, wie

man ein Rundfunkgerät einstellt. Aber weisst Du auch, was dabei geschieht? Wir haben Dir schon erklärt, dass der Wechselstrom-Widerstand eines Kondensators schwächer wird, wenn die Frequenz ansteigt. Andererseits wächst der Wechselstrom-Widerstand einer Spule in dem Masse, wie die Frequenz zunimmt. Was geschieht nun, wenn wir eine Spule an einen Kondensator anschliessen? Bei

gleich ist, wird der Strom sehr stark. Diese Erscheinung nennt man Resonanz. Bei allen anderen Frequenzen ist dieser Strom viel schwächer.

Wenn man nun einen veränderlichen Kondensator einbaut, z.B. einen Drehkondensator, dessen Kapazität (also sein Wert als Kondensator) veränderlich ist, was geschieht dann? Dann kann man durch



einer bestimmten Frequenz entspricht der Wechselstrom-Widerstand der Spule genau dem Wechselstrom-Widerstand des Kondensators. Es hängt von den Werten der Spule und des Kondensators ab, bei welcher Frequenz dies eintritt. Der Strom, der die Spule und den Kondensator durchfließt, ist gleich, denn Du weisst ja, dass die gleiche Spannung und der gleiche Widerstand den gleichen Strom ergeben. Der gesamte Strom scheint dann in einem Kreis durch Spule und Kondensator zu fließen und wiederholt das immer wieder, als ob er aus diesem Kreis nie mehr heraus wollte. Weil der Wechselstrom-Widerstand von Kondensator und Spule bei dieser bestimmten Frequenz

Drehen am Abstimmknopf verschiedene Kapazitäten einstellen. Dadurch können verschiedene Frequenzen, nämlich jeweils die, die zu der Drehkondensator-Einstellung passen, einen besonders starken Strom erzeugen. Wenn man einen Kondensator und eine Spule wie abgebildet zusammenschliesst, nennt man das einen Schwingkreis. Alle Sender übertragen eine Trägerfrequenz, und die Frequenz dieses Trägers ist für jeden Sender eine andere. Bei einer bestimmten Stellung des Drehkondensators wird nur ein Sender einen starken Kreisstrom erzeugen. Für alle anderen Sender ist der Kreisstrom deshalb wesentlich schwächer. In den meisten Fällen ist er so schwach,

dass sie überhaupt nicht mehr zu hören sind.

## **ELEKTRONISCHE MESSEINRICHTUNGEN UND SIGNALANLAGEN**

In der Technik und im täglichen Leben muss vieles geregelt und gemessen werden. Schon in der Grundschule und später in den höheren Schulen – von den Ingenieurschulen gar nicht zu reden – müssen Schüler immer wieder Ausrechnungen aufgrund von Messungen ausführen. So und so viel Liter Wasser in so und so viel Liter Wein, oder der Behälter, aus dem Wasser fließt und was passiert, wenn usw. usw.

Mit Hilfe der Elektronik kann man heute ohne umständliche Hilfsrechnungen messen, wieviel Benzin noch im Tank ist, welche Temperatur ein Ofen hat und ob der Fussboden nicht zu feucht ist usw. Wenn man zwei Materialien in einer Maschine mischt, kann man nicht nur nachmessen, ob die Mischung richtig er-

folgt ist, sondern man kann direkt die Zuflusshähne so regulieren, dass automatisch das richtige Verhältnis beibehalten wird. Man verwendet Regler, um die Temperatur in einem Raum konstant zu halten, ganz gleich, ob es draussen heiss oder kalt ist, wie z.B. im Kühlschrank. Weiter ist es z.B. möglich, eine Lampe nach einer im voraus festgelegten Zeit einzuschalten oder eine bestimmte Zeit brennen zu lassen, z.B. die Zeit, in der Du eine fotografische Vergrößerung machst. Elektronische Signaleinrichtungen können in Form von Blinklicht anzeigen, dass Gefahr droht. Rauchdetektoren werden in Gebäuden und Lagerräumen installiert und lösen bei Feuer sofort Alarm aus.

Diese wenigen Beispiele zeigen Dir schon, wie ausserordentlich nützlich heute elektronische Signalanlagen eingesetzt werden. Auch Du kannst Dir vorstellen, wo Du die verschiedenen Geräte, die Du mit Deinem Experimentier-Baukasten bauen kannst, verwenden könntest.

## Hinweise für die Benutzung des Grundkastens EE 2003

Im Anleitungsbuch wird davon ausgegangen, daß der Grundkasten EE 1003 verwendet wird. Es ergeben sich daher bei der Kombination EE 2003/ 2007/8 folgende Änderungen.

### Transistoren und Dioden

Für den Transistor BC 238 kann auch BC 148 weiterverwendet werden. Dasselbe gilt für die Dioden OA 95 und OA 85.

### 1.4.1. Batteriehalter

Montage der Batteriehalter wie unter 1.4.1. beschrieben. Die Befestigung erfolgt jedoch, indem die Füße einfach von innen in die rechteckigen Schlitze an der Unterseite des Schaltpultes eingeschoben werden. Die andere Seite der Batteriehalter wird mit Klemm- und Haarnadelfedern in den Löchern L1/L3 und L22/L23 befestigt. Diese beiden Batteriehalter müssen untereinander verbunden werden (Abb.3) und ergeben den 12 V-Anschluß.

Der Batteriehalter mit Anschlußkabel 349.1202 wird mit Klemm- und Haarnadelfedern unter der Grundplatte in den Löchern M4/04 und M22/022 befestigt.

### 1.4.10. Abstandshalter

Die Befestigungslöcher für die Abstandshalter sind in den Verdrahtungsplänen des EE 2003/7 mit einem A gekennzeichnet.

Wenn bei den Geräten Abb. 22, 47 und 50 der Oszillator nicht anschwingt, muß der Widerstand R3 (180 kOhm) vergrößert werden (220 kOhm bis auf 470 kOhm) .

A c h t u n g

Dieses Anleitungsbuch enthält die Verdrahtungspläne  
für

EE 1007/ 1008                      und

EE 2007/ 2008

In Verbindung mit dem Grundkasten EE 1003 müssen die  
Pläne des EE 1007/8 benutzt werden, die nicht  
besonders gekennzeichnet sind, z.B. Abb. 113.

In Verbindung mit dem Grundkasten EE 2003 müssen die  
Pläne des EE 2007/8 benutzt werden, die wie folgt  
gekennzeichnet sind: z.B. Abb. 113 (2007) .