

Anleitungsbuch



PHILIPS

ALL TRANSISTOR

Elektronik
Experimente

mit dem Elektronik-Ingenieur



Mit einem  8 Baukasten kannst Du diese elektronischen Geräte bauen:

- | | |
|--|-----------------------------|
| A1 Einfacher Verstärker für Plattenspieler | D1 Lichtkontrollanlage |
| B1 Morsegerät zum Üben | D2 Blinklicht |
| C1 Rundfunkempfänger mit einem Transistor | E1 Automatisches Nachtlicht |
| C2 Zwei-Transistor-Rundfunkempfänger | E2 Feuchtigkeitsanzeiger |

Mit einem  20 Baukasten, oder dem  8 zusammen mit dem  8/20 Ergänzungskasten, kannst Du diese zweiundzwanzig interessanten Geräte bauen:

- | | |
|---|--|
| A Elektro-Akustik | D Elektronische Signalanlagen |
| A1 Einfacher Verstärker für Plattenspieler | D1 Lichtkontrollanlage |
| A2 Tonverstärker | D2 Blinklicht |
| A3 Gegentaktverstärker | D3 Akustisches Relais |
| A4 Verstärker für getrennte Wiedergabe von hohen und tiefen Tönen | D4 Einbrecher-Alarmanlage |
| A5 Elektronische Orgel | D4-1 Einbrecher-Alarmanlage mit stromsparender Schaltung |

aus Vorläufer Banknoten
(nur Serie 2000, —) v. W. Tröndler 1989

I Technische Erläuterungen

I. Elektronische Experimente

DIE ELEKTRONIK IST WELTWEIT VERBREITET

Die Elektronik ist eine junge Technik, die sich täglich ausweitert und Dinge möglich macht, die man früher als Märchen betrachtet hätte. Man findet Radio, Plattenspieler und Fernseher in jedem Heim. Radar und Funkbaken helfen den Schiffen und den Flugzeugen durch den dicksten Nebel und sind im täglichen Gebrauch. Wir sind gar nicht mehr überrascht, wenn Raketen in den Weltraum hinausgeschossen werden, die uns Informationen über geheimnisvolle Strahlungsgürtel und magnetische Felder liefern, die Tausende und sogar Millionen von Kilometern von der Erde entfernt sind.

Nachrichtenübermittlung, Signalgebung, Messen, Überwachen, Kalkulieren und vieles andere wird durch die Elektronik möglich. Vielen Leuten aber ist diese Technik ein Buch mit sieben Siegeln.

In diesem Baukasten findest Du die modernsten Einzelteile. Sie werden es Dir ermöglichen, dieses Buch zu öffnen und es zu verstehen. Du brauchst weder mathematische Kenntnisse, noch ist schwieriges Lernen nötig. Mach nur die Augen auf und denke logisch. Während Du Dich damit beschäftigst, lernst Du die Schaltzeichnungen lesen und weisst dann, was Einzelteile sind. Du erfährst auch, wie diese Einzelteile (z.B. Transistoren) in den Geräten arbeiten.

ZUSAMMENBAU UND EXPERIMENTIEREN

Mit diesem Baukasten kannst Du viele interessante Geräte basteln.

Sie werden Dir genausoviel Freude beim Zusammenbau wie beim Spielen machen. Du kannst viele interessante Experimente damit machen. Alle diese Dinge sind feuer- und kurzschluss sicher, weil diese Transistorgeräte mit Batterien arbeiten. Du brauchst nicht einmal einen Lötkolben. So kannst Du ohne grosse Mühe und mit viel Freude viel Wissen und Erfahrung über die Elektronik sammeln. Deine Freunde, Deine Eltern und sogar Fachleute werden über das, was Du auf diesem Gebiet weisst, erstaunt sein.

INTERESSANT UND EIN GUTER ZEITVERTREIB

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 werden immer grösser. Aus diesem Grunde wird die Nachfrage an geschickten und begeisterten Technikern ebenfalls immer grösser.

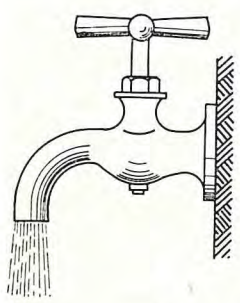
Dieser Baukasten wird Dir viel Freude bereiten. Vielleicht wird er Dich anregen, die Technik zu Deiner Lebensaufgabe zu machen. Während des Studiums und bei Deiner späteren Arbeit wird es Dir klar werden, wie viele nützliche Dinge Du gelernt hast, als Du damals in Deinem Zimmer experimentiert hast. Vorläufig 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!

II. Über Spannung und Strom

Starker und schwacher Strom

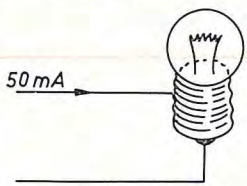
Wenn Du den Wasserhahn aufdrehst, fliesst Wasser heraus. Das Wasser fliesst durch die Wasserleitung. Elektrizität fliesst auch durch eine Leitung; diese ist aber nicht ein hohles Rohr, sondern ein Draht, der im allgemeinen aus Kupfer besteht.



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 lerartigen 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 Ampère. Dieses kann man sogar noch kürzer schreiben, nämlich 1 A. In der Elektronik sind wir im allgemeinen mit Elektronen parsamer als im Stromnetz. Hier benutzen wir nämlich Strom von viel weniger als 1 Ampère (1 A), tausendmal oder millionenmal weniger.

Um einfacher über diese schwachen Ströme zu sprechen, nennt man den tausendsten Teil eines Ampères ein „Milli-Ampère“, abgekürzt $1/1000 \text{ A} = 0,001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$.



Der millionste Teil eines Ampères heisst ein Mikro-Ampère, abgekürzt $1/1000 \text{ mA} = 0,001 \text{ mA} = 1 \mu\text{A}$. μ ist der griechische Buchstabe mü).

Die Lampe in Deinem Baukasten benötigt z.B. einen Strom von 5 mA, um hell brennen zu können.

Widerstand

Du weisst sicher, dass das Wasser nicht einfach durch die Leitungsrohre läuft. Es muss durchgepumpt werden, weil das Wasser auf seinem Wege durch das Leitungssystem Widerstand überwinden muss. Genauso ist es mit dem elektrischen Strom, der ebenfalls in der Stromleitung einem Widerstand begegnet. Den geringsten Widerstand bietet ein Kupferdraht. In beiden Fällen — bei Wasser und Strom — ergeben lange Leitungsnetze einen grösseren Widerstand als kurze. Eine dünne 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 Widerstandes ist das Ohm, das folgendes Zeichen hat: Ω . Widerstand von ca. 1 Ω .

Ein Widerstand von 1000 Ω nennt man 1 Kilo-Ohm, abgekürzt

k Ω , ein Widerstand von 1 Million Ohm heisst 1 Mega-Ohm, abgekürzt 1 M Ω .

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

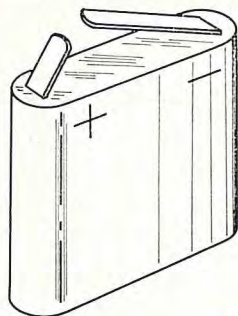
Spannung

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 Strom über den Kupferdraht leiten. Je grösser also die elektrische Spannung ist, um so stärker ist der elektrische Strom in dem Kupferdraht. Die Masseinheit der

Spannung nennt man Volt. Wenn Du einen Draht hast mit einem Widerstand von 1 Ω und Du verbindest ihn mit einer Batterie, die eine Spannung von 1 Volt hat, dann fliesst ein Strom von 1 Ampère durch den Draht.

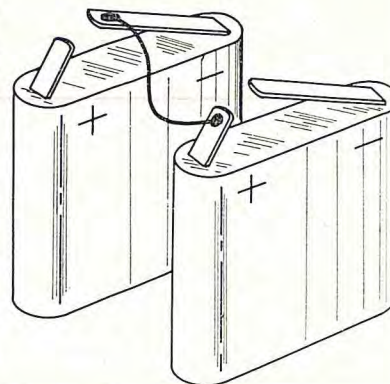
In der Elektronik gibt es Spannungen, die viel grösser sind als 1 Volt. Andere sind viel kleiner. Die Bildröhre eines Fernsehgerätes arbeitet z.B. mit 18.000 Volt, und in diesem

Falle können wir auch 18 Kilovolt (Kilo = 1000) sagen, abgekürzt 18 kV. Aber in einem Rundfunkempfänger begegnen wir auch kleinen Spannungen.



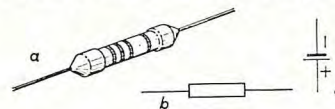
1/1000 Volt heisst 1 Millivolt, abgekürzt mV, 1/1.000.000 Volt ist 1 Mikrovolt, abgekürzt 1 μ V.

Die Batterien, die wir für unsere elektronischen Experimente verwenden, haben eine Spannung von 4,5 Volt. Wenn wir aber zwei davon „in Serie“ schalten, verdoppelt sich die Gesamt-Spannung und ergibt dann $4,5 + 4,5 = 9 \text{ V}$.



Die verschiedenen Arten von Schaltbildern

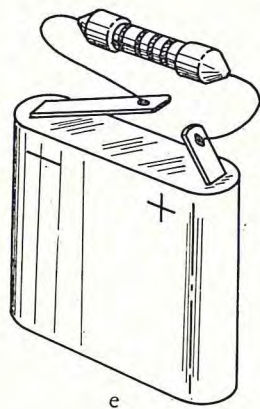
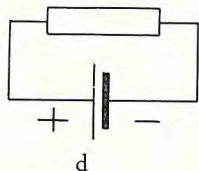
Bei elektronischen Geräten benutzen wir Einzelteile, die untereinander durch Kupferdrähte verbunden werden. Die *Schaltbilder* zeigen uns, wie diese Verbindungen verlaufen. In der



Schaltbildern werden die Einzelteile durch Schaltzeichen kenntlich gemacht. Das Schaltzeichen für einen Widerstand siehst Du in der Abbildung b. Daneben kannst Du sehen, wie ein Widerstand in Wirklichkeit aussieht (Abb. a). Abbildung c zeigt das Schaltzeichen für eine Batterie. Abbildung d ist ein

Schaltbild, und Du kannst es jetzt mit Abbildung e vergleichen, die man „Verdrahtungsanweisung“ nennt.

Dieses ist sozugen eine Skizze eines Gerätes, aus der die Arbeiter in der Fabrik ersehen können, wo die Einzelteile sich befinden sollen und wie die Drähte verlaufen müssen. Du wirst in diesem Buche weiterhin Schaltbilder finden. Die Verdrahtungsanweisungen findest Du auf den einzelnen Bestückungskarten.



Wie herum?

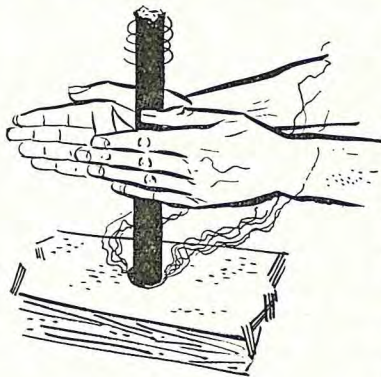
Auf dem Schaltzeichen für die Batterie wirst Du ein Plus- und ein Minuszeichen finden. Diese geben die Richtung an, in der der Strom fließt. Aber pass jetzt gut auf! Diese Richtung wurde festgelegt, bevor man von der Existenz der Elektronen wusste. Man nannte eben eine Seite der Batterie plus und sagte, 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. Die Batterie, die Du benutzt, ist aus chemischen Elementen zusammengesetzt. Der — Pol wird aus einer Zinkelektrode und der + Pol aus einer Kohlelektrode gebildet. Zwischen beiden befindet sich eine feste Masse, die Elektrolyt genannt wird. Gebrauchst Du Deine Batterie für Deine Experimente, so wird das Elektrolyt durch eine chemische Umsetzung verbraucht. Die Batterie verliert langsam ihre Kraft und wird leer. Verbrauchte Batterien kannst Du nicht wieder auffrischen. Sie werden feucht, und es ist besser, wenn Du sie wegwirfst.

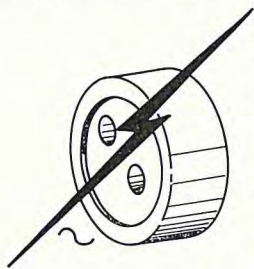
Wechselstrom

Bisher haben wir nur einen Strom betrachtet, 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 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 haben wir in der Steckdose an der Wand. Das sind 220 Volt. Genug, um tödliche Unfälle zu verursachen!

In unserem Baukasten verwenden wir Batterien. Sie reichen für die Geräte, die wir bauen wollen, aus. Sie haben so wenig Spannung, dass kein Schaden entstehen kann.

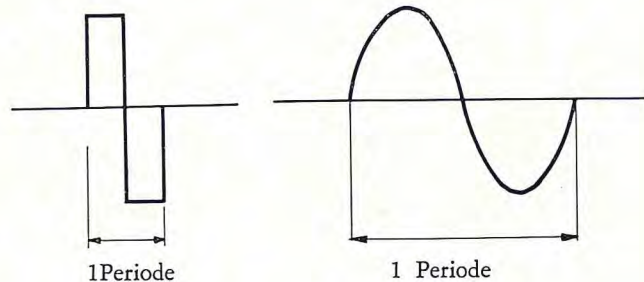
Frequenz

Wir müssen etwas mehr über den Wechselstrom wissen als nur die Voltzahl. Wir müssen nämlich wissen, mit welcher Geschwindigkeit sich der Strom hin und her bewegt. Stell Dir einmal vor, dass sich der Strom für eine halbe Sekunde von oben nach unten bewegt. Dann während der nächsten halben

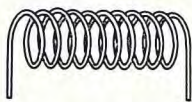


Sekunde von unten nach oben. Also während einer Sekunde einmal nach oben und dann wieder nach unten (Abb.). Dieses einmalige Auf und Nieder oder Hin und Her nennt man eine Periode des Wechselstroms (und der wechselnden Spannung). Die Anzahl der Perioden per Sekunde nennt man die „Frequenz“. In diesem Beispiel ist die Frequenz also eine Periode per Sekunde.

Die Spannung in unserer Haussteckdose hat eine Frequenz von 50 Perioden per Sekunde, und wir nennen diese 50 Hertz (Hz). In der Radiotechnik werden viel höhere Frequenzen benutzt. Sender arbeiten z.B. mit einer Frequenz von 1 Million Hertz. Der Einfachheit halber sagen



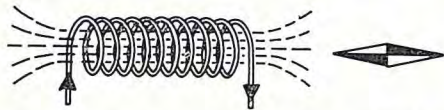
wir für $1.000 \text{ Hertz} = 1 \text{ Kilohertz (kHz)}$ und für $1.000.000 \text{ Hertz} = 1 \text{ Megahertz (MHz)}$. In der Praxis verhält sich der Wechselstrom im allgemeinen nicht so „zackig“ wie unten angegeben, sondern er fließt in einer weicheren Kurve (siehe Abb.). Die Bewegung fängt in einer Richtung langsam an, steigert sich dann und nimmt wieder ab, ändert die Richtung usw. Das Symbol für den Wechselstrom zeigt eine ähnliche Verlaufsform.



Spulen

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

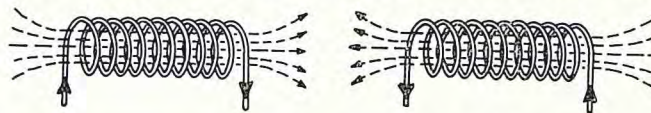
Wie kommt das? Wenn Strom durch eine Spule fließt, wird ein magnetisches Feld geschaffen, das dem eines Magnetstabes entspricht. Eine Spule wird deshalb Eisenspäne und eine Kompassnadel anziehen.



Wenn Wind gegen die Flügel einer Windmühle bläst, drehen sie sich. Wenn Du aber mit einem Motor die Flügel einer Windmühle drehen würdest, würden sie wie ein riesiger Ven-

tilator Wind erzeugen. Wenn Du nun mit der Spule ebenfalls den umgekehrten Versuch machst und diese neben einen Magnetstab legst, wird dann Strom in der Spule fließen? Nein, denn in einer Spule wird nur dann eine Spannung erzeugt, wenn die Spule in einem magnetischen Feld hin und her bewegt wird. Die Spannung entsteht auch dann in der Spule, wenn Du den Stabmagneten um die Spule herum bewegst.

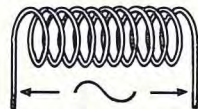
Du hast eben gelernt, wenn Du eine Spule an Deine Batterie anschliesst, wird ein magnetisches Feld erzeugt. Polst Du die Anschlussdrähte an der Batterie um, so fließt der Strom in der



Spule entgegengesetzt, und das magnetische Feld ändert ebenfalls seine Richtung (Abb.). Du hast vorher gelesen, dass ein sich änderndes Magnetfeld in der Spule eine Spannung erzeugt. Durch das Umklemmen der Anschlussdrähte an Deiner Batterie änderst Du also immer das magnetische Feld. Durch diesen Auf- und Abbau des Magnetfeldes entsteht in der Spule selbst eine Spannung, die nicht aus Deiner Batterie kommt.

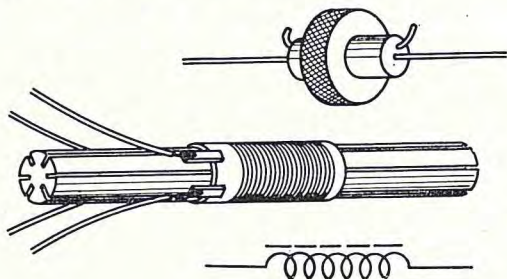
Was macht nun die in der Spule erzeugte Spannung? Die Spannung benimmt sich wie ein Esel, den man am Schwanz zieht. Der Esel versucht, vorwärts zu schreiten. Er stemmt sich

der Kraft entgegen, die ihn zurückziehen will. Die Spannung, die durch die Änderung des magnetischen Feldes in der Spule erzeugt wird, wirkt der Spannung Deiner Batterie entgegen



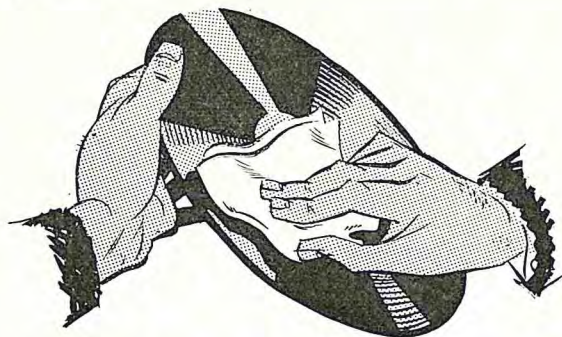
(Abb.). Das Ergebnis dieses Gegeneinander ist, dass der Strom schwächer wird. Das ist dasselbe, als wenn wir den Widerstand vergrössern würden. Je höher die Frequenz des Wechselstroms ist, desto schneller wechselt der Strom seine Richtung und um so grösser ist die Gegenspannung. Der Strom wird also immer schwächer und der scheinbare Widerstand der Spule immer grösser.

Bei unseren Geräten werden wir uns diese Eigenschaft der Spulen zunutze machen. Hier sind Skizzen von zwei Spulen, die Du in dem Baukasten findest. Unter der Skizze befindet sich das entsprechende Schaltzeichen.

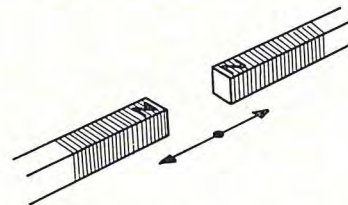


Nun haben wir gesehen, dass der Gleichstrom leicht durch eine Spule fliesst, und dass der Wechselstrom mehr Schwierigkeiten dabei hat. Je grösser die Frequenz des Wechselstroms ist, um so schwieriger ist es für diesen Strom, durch die Spule zu fließen. Man kann deshalb eine Spule als Hindernis verwenden, das Gleichstrom durchlässt, aber Wechselstrom fast völlig zurückhält.

Elektrisches Feld



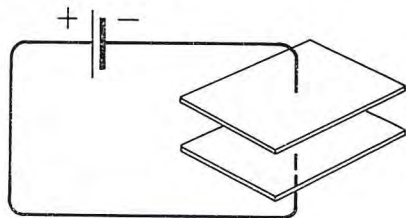
Wir haben soeben über das magnetische Feld gesprochen. Es gibt aber auch ein elektrisches Feld. Ein magnetisches Feld wird erzeugt, wenn ein Strom durch einen Draht fliesst. Ein elektrisches Feld befindet sich um einen Gegenstand herum,



an dem Spannung liegt. Du weisst, dass ein Glasstab oder eine Schallplatte Staub und kleine Papierstücke anzieht, 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. Ein Leiter kann auch aufgeladen werden und Staubteile an-

ziehen. Hierzu braucht man aber eine ziemlich hohe Spannung. Du kannst nicht sehen, dass im elektrischen Feld nicht nur Staubteile, sondern auch Elektronen angezogen und abgestossen werden. Was das Abstoßen anbetrifft: Stell 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 (Abbildung). 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. (Abbildung). Elektronen fließen vom

negativen Pol zu der oberen 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.

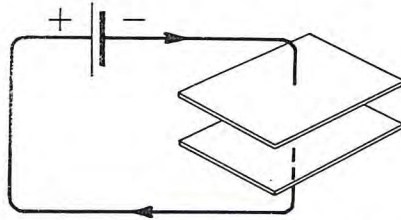
Elektronen sind wie unhöfliche Leute, die in einen Zug einsteigen wollen. Sie drängeln und benutzen ihre Ellbogen. Elektronen sind noch viel schlimmer als diese Leute.

Sie sind immer unhöflich zueinander und schieben sogar aus einer Entfernung, bei der sie sich mit ihren Ellbogen nicht einmal erreichen können. Das elektrische Feld, das von der oberen Metallplatte ausgeht, schiebt daher Elektronen von der



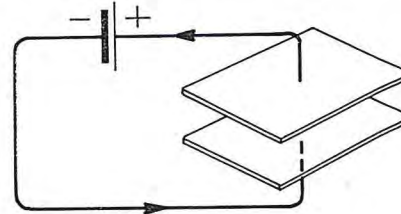
unteren Metallplatte durch den Draht zum Pluspol der Batterie weg. Je höher die Spannung, desto mehr Elektronen können weggeschoben werden. Wir fassen noch einmal zusammen:

Was erfolgt, 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 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 oben und Minus jetzt unten ist. Der Minuspol der Batterie sieht wiederum die Möglichkeit, einige Elektronen loszuwerden, diesmal an die untere Platte, die natürlich „leer“ ist. Wenn einmal die Elektronen die Metallplatte erreicht haben, stossen sie die Elektronen in der oberen Metallplatte mit solcher Kraft ab, dass diese bis in die Batterie geraten. Somit fliesst wiederum ein Strom bis die untere Metallplatte mit Elektronen aufgeladen ist. Vergleiche jetzt einmal die beiden Abbildungen. Zuerst strömten die Elektronen in dem oberen 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 schnell-

er 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“ (Schaltzeichen siehe Abb.) Wenn die Frequenz des Wechselstroms grösser wird, fliesst der Strom immer leichter durch einen solchen „Kondensator“. Ein Kondensator ist somit genau das Gegenteil von einer Spule. Er lässt keinen Gleichstrom durch, aber Wechselstrom. Die Ausmasse des Kondensators, d.h. die Platten-grösse 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 (μF), das eine Million mal kleiner ist und das Picofarad (pF), das noch eine Million mal kleiner ist. Manchmal wird auch das Nano-Farad (nF) verwendet, das gleich Eintausend pF ist. Also:



$$\begin{aligned} 1 \text{ F} &= 1.000.000 \mu\text{F} \\ &= 1.000.000.000 \text{ nF} \\ &= 1.000.000.000.000 \text{ pF} \end{aligned}$$

III. Halbleiter

Leiter und Nicht-Leiter (Isolatoren)

Die Elektronen können leicht durch Kupfer, Eisen, Silber und Aluminium fließen — diese Stoffe nennt man Leiter.

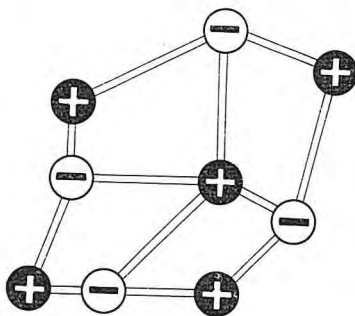
Elektronen können nicht durch die Luft — auch nicht durch einige feste Stoffe, wie Porzellan, Glimmer, Gummi usw. Der Widerstand dieser Stoffe, die man „Nicht-Leiter“ (Isolatoren) nennt, ist viele tausend millionenmal grösser als der eines Leiters. Die Halbleiter liegen hier irgendwo dazwischen, und man könnte sie ebenso gut Halb-Isolatoren nennen.

Nun haben die Halbleiter auch andere Eigenschaften, die es möglich machen, Dioden und Transistoren herzustellen. Die für uns wichtigsten Halbleiter sind Silizium und Germanium. Zur Herstellung von Dioden und Transistoren ist es wichtig, dass das Material von grösster Reinheit ist. Das Verhältnis der Verunreinigungen im Material darf nicht grösser als 1 : 10.000.000 sein. Das wäre dasselbe, als wenn in der Bundesrepublik nur 5 Schmutzfinken wären. Wenn man nun nach vielen Schwierigkeiten das Germanium so rein wie irgendmöglich gemacht hat, setzt man ihm einige „Unreinheiten“ wieder zu: Ein winziges bisschen von gewissen Stoffen, wie Arsen (ein sehr bekanntes Gift, Hauptbestandteil von Rattengift) und Indium, in einem Verhältnis wie etwa ein Teil zu 100 Millionen Teilen.

Elektronen und „Löcher“

Du kannst bei einem Stück Metall nicht sehen, was drinnen ist. Wir wissen aber bereits, dass in dem Metall viele Elektronen sind. Elektronen sind kleine Tropfen Elektrizität — elektrische Ladungen — aber im allgemeinen nimmt man dies nicht wahr. Das kommt daher, weil das Metall auch eine Gegenladung hat, die die Elektronenaufladung ausgleicht.

Stelle gleichartige Magnete aufeinander mit dem Nordpol des einen auf den Südpol des anderen. Du wirst dann sehen, dass andere Eisenteilchen gar nicht oder kaum angezogen werden. Die entgegengesetzten magnetischen Aufladungen heben sich gegenseitig auf. Es kommt auf das Gleichgewicht an. Wenn



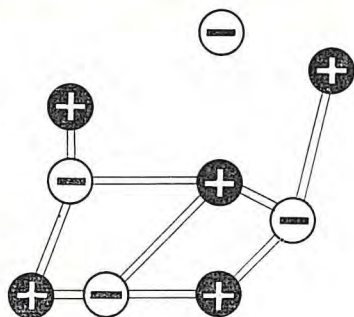
wir ein Elektron aus dem Metall herausnehmen könnten, würde ein „Loch“ übrigbleiben. Die Aufladungen der Elektronen und der Löcher sind dann nicht länger gleich gross, das Gleichgewicht ist zerstört.

Magnetische Nord- und Südpole ziehen einander an. Das tun auch die

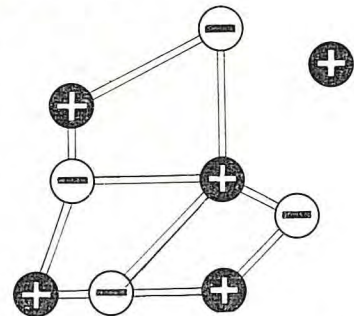
Elektronen (negative Aufladungen) und „Löcher“ (positive Aufladungen).

Wie sieht es nun bei reinem Germanium aus? Es ist voll von Elektronen und „Löchern“. Sowohl die Elektronen als auch die

„Löcher“ sind fest in dem Material verankert, und man kann sie nicht so einfach bewegen wie in einem Leiter. Deshalb ist Germanium ein schlechter Leiter. Wenn wir nun etwas Arsen dazubringen, wird eine Anzahl Elektronen ein bisschen beweglicher.



Wenn wir etwas Indium hinzufügen, bemerken wir, dass die „Löcher“ sich ein bisschen besser bewegen lassen. Nun wollen wir ein Beispiel verwenden, das zwar ein klein wenig hinkt, das Dir aber die Sache gut veranschaulichen wird. Falls Du anstelle von 10



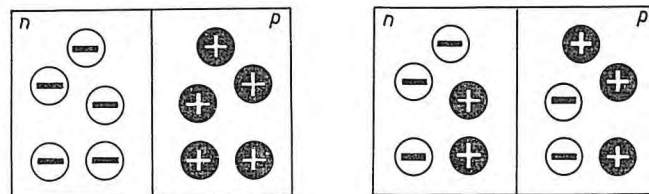
Zehnmarkscheinen einen Hundertmarkschein in Deinem Portemonnaie hättest, würdest Du nicht so leicht etwas ausgeben, als wenn Dein ganzes Geld aus Kleingeld bestünde. Genauso würdest Du nicht so gern eine Rechnung über DM 100,— bezahlen, als nur eine von 10 Rechnungen über je DM 10,—.

„Grenzverkehr“

Lass uns einmal zwei kleine Germaniumblöcke nehmen, wovon der eine mit Arsen verunreinigt ist, so dass die negativen Elektronen in ihm bewegt werden können. Der andere Block wird mit Indium verunreinigt, damit die positiven „Löcher“ beweglich werden. Man nennt diese beiden Germaniumtypen „n“ bzw. „p“. (Abb.)

Was passiert nun, wenn wir diese beiden kleinen Blöcke nebeneinanderstellen?

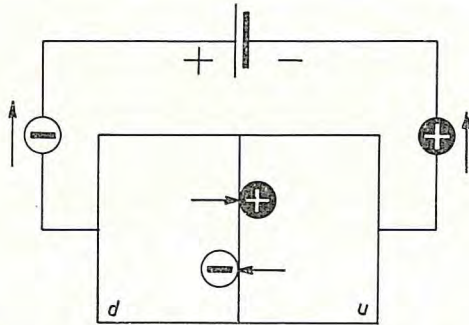
Die beweglichen Elektronen in dem n-Germanium (mit Arsen) entdecken die beweglichen Löcher in dem p-Germanium (mit Indium). Elektronen stoßen sich gegenseitig ab. „Löcher“ tun



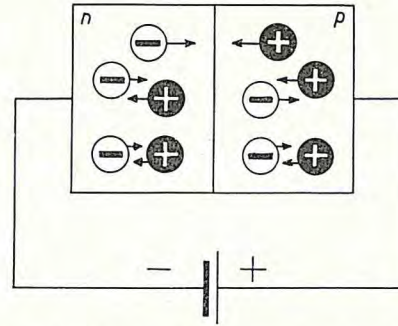
miteinander dasselbe, aber Elektronen und „Löcher“ ziehen einander an. Das Ergebnis dieser Anziehungskräfte ist, dass eine Anzahl von Elektronen einen kleinen Ausflug zum p-Germanium mit seinen anziehenden „Löchern“ macht. Andererseits bewegten sich gleichzeitig eine Anzahl von „Löchern“ hinüber zu dem n-Germanium (Abb.).

Nicht alle Elektronen und „Löcher“ machen diesen kleinen

Ausflug mit Elektronen, die in dem p-Germanium angekommen sind, ziehen die „Löcher“, die bei dem n-Germanium angekommen sind, wieder zurück und umgekehrt. Ein Stadium des Ausgleichs wird erreicht, bei dem eine Anzahl Elektronen eine Stellung an einer Seite der Grenzschicht und eine Anzahl von „Löchern“ dasselbe an der anderen Seite einnehmen.



Jetzt werden wir eine Batterie anschliessen, und zwar an ein ganz gewöhnliches Stück *reinen* Germaniums. Es passiert gar nichts, weil in diesem Zustand das Germanium ein Nicht-Leiter ist. Wenn wir aber den positiven Pol der Batterie mit einem p-Germanium und den negativen mit einem n-Germanium verbinden (Abb.), dann geschieht etwas. Der Pluspol der Batterie zieht die Elektronen an, die sich an der Grenzschicht des p-Germaniums befinden. Er stösst gleichzeitig die dort befindlichen „Löcher“ zu der Grenzschicht zwischen p- und n-Germanium hin ab. Aber im n-Germanium befinden sich immer



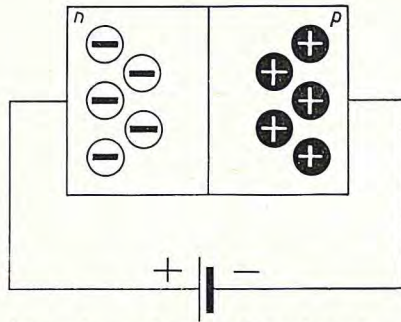
noch Elektronen und im p-Germanium immer noch „Löcher“. Da nun die Grenze frei geworden ist, wird eine Anzahl von Elektronen und „Löchern“ auf die andere Seite hinüberwandern.

In der Hauptsache sehen wir eine Bewegung von Elektronen von dem n- zum p-Germanium und bei den „Löchern“ eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung von p nach n. Diese Bewegungen werden solange andauern, wie die Batterie angeschlossen ist, d.h. solange ein elektrischer Strom fliesst. Somit benimmt sich die Kombination von n- und p-Germanium wie ein ziemlich guter Leiter.

„Einbahnstrasse“

Wenn wir nun die Batterie anders herum anschliessen, erleben wir eine Überraschung. Die Elektronen streiken, es fliesst kein Strom. Wie kommt das?

Der positive Pol der Batterie ist jetzt mit dem n-Germanium verbunden und zieht die dort befindlichen beweglichen Elektronen an. Die Anziehungskräfte, die Elektronen und „Löcher“ aufeinander ausüben, können sich nicht gegenüber der viel stärkeren Kraft der Batterie behaupten (Abb.).

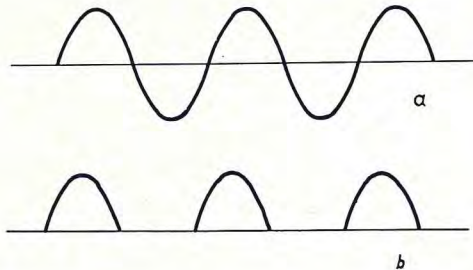


Jetzt sind an der Grenzschicht zwischen p- und n-germanium weder Elektronen noch „Löcher“ vorhanden. Ein Niemandland ist geschaffen worden, so dass ein Austausch von Elektronen und „Löchern“ nicht er-

folgen kann. Das Ergebnis: kein Strom!

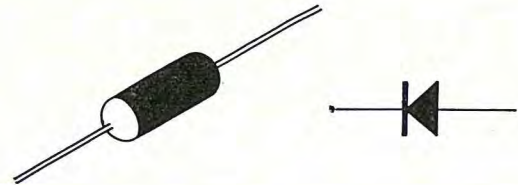
Die Diode

Was passiert, wenn Wechselstrom an eine solche „Germaniumdiode“ angeschlossen wird? Während der halben Periode, bei der die Spannung am p-Germanium positiv und am n-Germanium negativ ist, fließt ein Strom. Während der folgenden



halben Periode, wenn die Spannung umgekehrt ist, fließt kein Strom. Der Strom fließt aus diesem Grunde durch die Diode in einer Richtung und ist deshalb Gleichstrom, wenn er auch nur stossweise fließt (mit Unterbrechungen) (Abb.).

Sieh Dir das Schaltzeichen für die Diode sehr gut an; der Pfeil (Abb.) zeigt die Richtung an, in der die „Löcher“ durch die Diode fließen. Die Elektronen bewegen sich somit dem Pfeil entgegengesetzt. Das Zeichen auf der Diode ist an der negativen Seite, das ist die Seite, die mit dem n-Germanium verbunden ist.

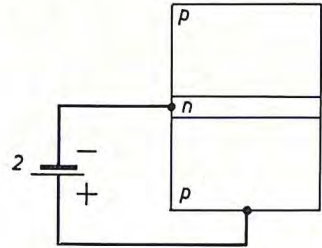
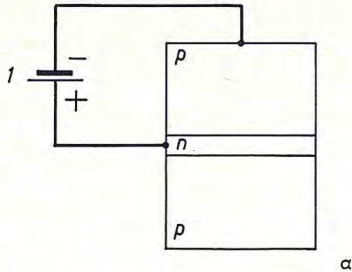


Der Transistor

Eine Diode, so hast Du eben gelernt, besteht aus einem p-Germanium und einem n-Germanium. Legt man eine kleine Platte von p-Germanium gegen die n-Germanium-Seite, so erhält man zwei Scheiben p-Germanium mit einer dünnen Scheibe n-Germanium dazwischen (Abb.). Die obere Scheibe des p-Germaniums nennen wir Kollektor, die untere heisst Emitter, und die n-Germanium-Scheibe, die Füllung, nennt man die Basis. Lass uns jetzt einige Versuche machen:

1. Versuch

Wenn man eine Batterie zwischen der Basis und dem Kollektor (in der Art wie in der Zeichnung a angegeben) verbindet (negativer Pol an den Kollektor, positiver Pol an die Basis), kann kein Strom fließen.



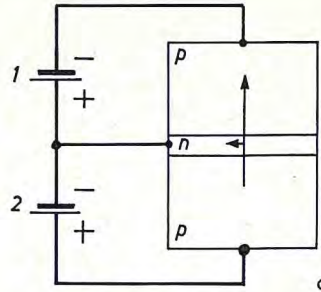
2. Versuch

Wir verbinden die Batterie mit dem positiven Pol an den Emitter und den negativen Pol an die Basis.

Strom wird fließen (Abb. b). „Löcher“ wandern von dem Emitter zur Basis.

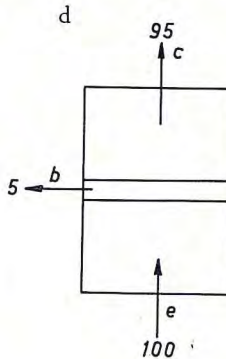
3. Versuch

Schliesse jetzt 2 Batterien so an wie in Abb. c angegeben, d.h. wie Versuch 1 und 2 zusammen. Jetzt würdest Du erwarten, dass sich in diesem Falle gegenüber dem 2. Versuch nichts verändern wird. So eigenartig wie dies sein mag, es scheint sich doch viel verändert zu haben. Als Ergebnis der Spannung von Batterie 2 bewegt sich eine Anzahl von „Löchern“ von dem Emitter (positive Ladung) nach der Basis. Wenn sie erst



einmal auf der Basis angekommen sind, haben die wandernden „Löcher“ zwei Möglichkeiten: Sie können als artige „Löcher“ direkt zum negativen Pol der Batterie 2. Aber es gibt noch einen weiteren negativen Pol, der sie anzieht, nämlich der von Batterie 1.

Der kürzeste Weg zu einem negativen Pol ist für „Löcher“, die von dem Emitter kommen, direkt durch die Basisplatte und nicht seitwärts zur Batterie 2. „Löcher“ sind sehr empfindsam und wählen den kürzesten Weg. Du kannst auch sagen, dass sie den Weg des geringsten Widerstandes wählen, und das ist nicht einmal so dumm.



Was sehen wir nun, wenn auch Batterie 1 angeschlossen ist? Dann gibt es einen plötzlichen Stromfluss durch die Kollektorleitung und fast gar keinen Strom durch die Basisleitung. Wenn Batterie 2 abgeschaltet wird, hört der Strom, der durch die Kollektorleitung wiesst, auf. Nicht der ganze Strom geht an den Kollektor, denn ein kleiner Teil des von dem Emitter kommenden Stromes (2-5 %) geht von der Basis direkt zurück an die Batterie; der

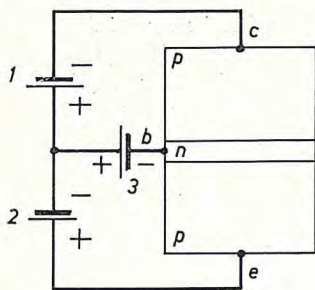
Rest (95-98 %) geht aber direkt zum Kollektor. (Abb. d).

Welche Funktion hat der Transistor?

Der Transistor verstärkt den elektrischen Strom.

Vergleiche diese Abbildung mit Abb. c auf Seite 15. Du wirst sehen, dass wir in der Basisverdrahtung eine dritte Batterie (3) mitangeschlossen haben. Was wird jetzt passieren? Die Spannung zwischen Emitter (e) und Kollektor (c) bleibt dieselbe. Die Spannung zwischen Emitter (e) und Basis (b) nimmt zu, weil die Batterien 2 und 3 in Serie geschaltet sind und zusammenarbeiten. Als Ergebnis

wird die Strom von dem Emitter zur Basis stärker; er wird sich zum Beispiel verdoppeln. Dann wird der Strom durch die Basis- und durch die Kollektorverdrahtungen ebenfalls zunehmen.



Beispiel:

ohne dritte Batterie:		mit dritter Batterie:
Emitter-Strom	20 mA = 100%	40 mA = 100%
Basisstrom	1 mA = 5%	2 mA = 5%
Kollektorstrom	19 mA = 95%	38 mA = 95%

Somit bleibt der Kollektorstrom 19-mal so gross wie der Basisstrom. Wenn wir uns jetzt die Ströme allein ansehen, erkennen wir folgendes: Wenn wir den (kleinen) Basisstrom

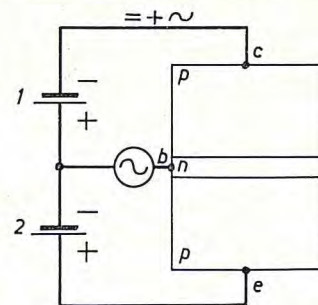
(Emitter-Basis) verdoppeln, verursacht dieses, dass der (grosse) Kollektorstrom (Emitter-Kollektor) sich auch verdoppelt.

Wenn in einem Gerät der Basisstrom eines Transistors verändert wird, verändert sich der Kollektorstrom entsprechend.

In unserem Beispiel:

Veränderung des Basisstroms	2 — 1 = 1 mA
Veränderung des Kollektorstroms	38 — 19 = 19 mA

Nur ein kleiner Strom geht von Batterie 3 aus; Batterie 3 ist somit kaum belastet. Trotzdem verursacht sie aber eine Veränderung des Basisstroms. Wir sehen, dass diese Basisstrom-Veränderungen in dem Kollektorstrom 19-fach verstärkt sind. Deshalb ist der Transistor ein Stromverstärker. Statt Batterie 3



können wir auch eine Wechselspannungsquelle anschliessen, wie z.B. ein Plattenspieler-Tonabnehmerkristall. Dieses wird schwachen Wechselstrom in der Basisleitung aber starken Wechselstrom in der Kollektorleitung hervorbringen. In unserem Beispiel war die Verstärkung 19-fach. In der Praxis kann diese erheblich höher sein, z.B. 100-

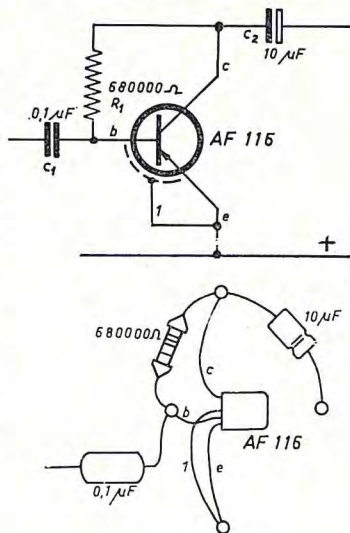
fach, so dass ein ausserordentlich schwacher Strom (von wenigen Mikro-Ampère) von einer Antenne oder einem Tonabnehmer durch ein paar Transistoren auf z.B. 0,1 Ampère verstärkt werden kann. Dies ist für einen Lautsprecher ausreichend.

IV. Allgemeine Bauanleitungen

Zeichnungen und Karten

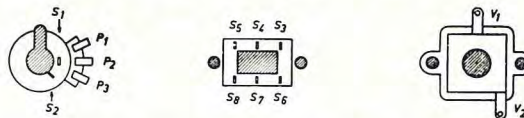
Du kannst eine Anzahl von verschiedenen Geräten bauen und auch viele Experimente mit dem Baukasten durchführen. Dies ist dank eines „Zusammenbausystems“ möglich. Die Grundlage für jedes Gerät ist das Versuchsbrett. Es ist mit Löchern versehen. Auf ihm können alle Einzelteile aufgebaut werden. Dieses Versuchsbrett hat einen mittleren Teil, auf dem die verschiedenen Bauteile zusammengesteckt werden können. Die „Aussenfläche“ wird für gewisse Bauteile, die dauernd montiert sind, verwendet.

In Laboratorien werden Schaltbilder verwendet, damit man sehen kann, welche Einzelteile in einem Gerät benutzt und wie diese miteinander verbunden werden. Die Einzelteile werden auf den Schaltbildern durch Symbole gekennzeichnet. In Fabriken werden Verdrahtungspläne benutzt, und diese nennt man manchmal auch Bestückungskarten.

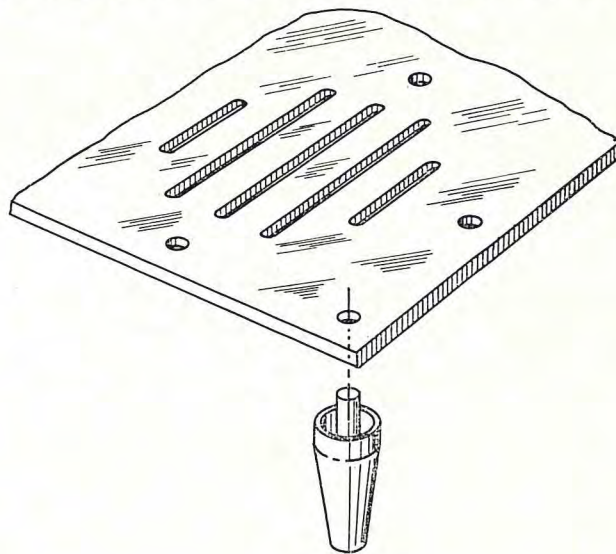


Befestigung der Teile

Bevor Du damit beginnst, eines der vielen Geräte aus Deinem Baukasten zusammenzubauen, musst Du die auf die „Aussenfläche“ gehörenden Teile befestigen.

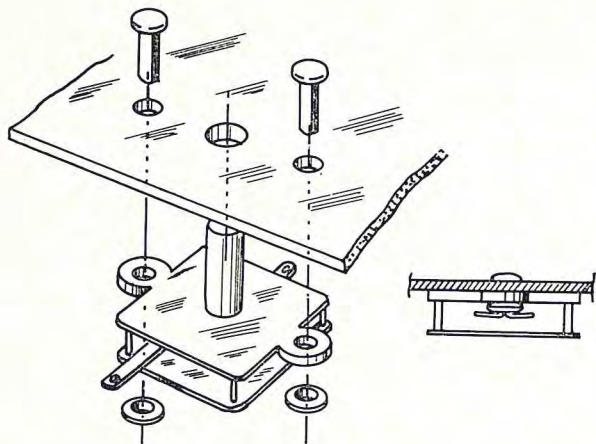


Zuerst befestigst Du die vier Füße unter dem Versuchsbrett

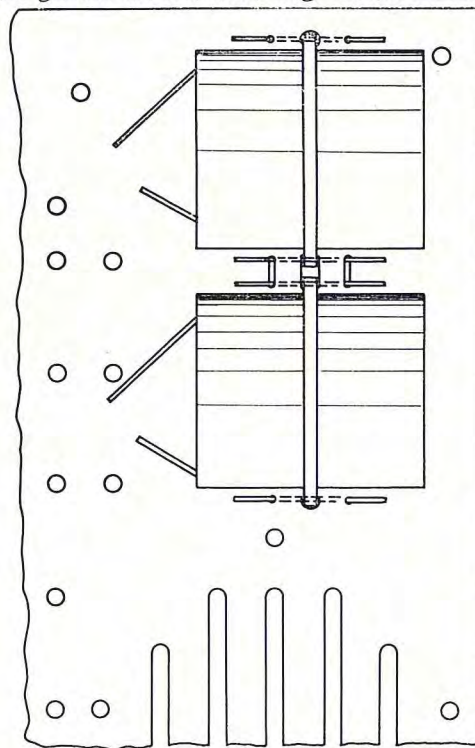


(Abbildung). Nun nimmst Du den schmalen Streifen, auf dem die Verbindungen des Potentiometers, des Schiebeschalters und des Abstimmkondensators eingezeichnet sind. Dieser Streifen muss *unter* dem Versuchsbrett angebracht werden. Die Löcher in diesem Streifen müssen mit den Löchern auf dem Versuchsbrett übereinstimmen. Die Markierung auf dem Streifen muss sichtbar sein. Jetzt kannst Du das Potentiometer anbringen.

Drücke die Achse dieses Potentiometers durch das „Schlüssel-
loch“, durch den Papierstreifen und das Versuchsbrett hin-
durch. Schiebe dann die Skala des Potentiometers von oben
über die Achse des Potentiometers, stecke die Unterlegscheibe
auf und schraube die Mutter auf dem Gewinde fest. Dann
kannst Du den Knopf auf der Achse des Potentiometers an-



bringen. Vergiss nicht, die Mutter — wie auch die kleine
Schraube in dem Knopf — recht fest anzuziehen. Achte darauf,
dass die Spitze des Knopfes auf der Null steht, wenn er ganz
nach links gedreht ist. Die Skala liegt diesem Buche bei.



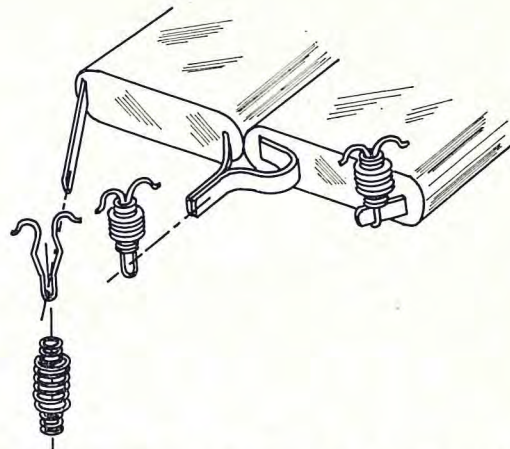
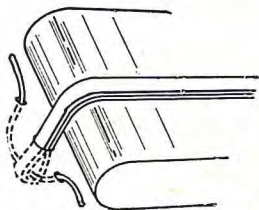
Einbau des Abstimmkondensators (Abbildung).

Das geschieht mit zwei Splinten und zwei kleinen Gummiringen. Die Splinte werden durch das Versuchsbrett von oben durchgesteckt und dann durch die Ösen des Drehkondensators. Dann werden die Gummiringe über die Splinte geschoben. Danach biegt man die beiden Splintenden auseinander. Pass auf, dass Du nicht aus Versehen die Splinte in den Kondensator hineindrückst.

Befestigung des Schiebeschalters. Dieser wird in der Mitte zwischen dem Potentiometer und dem Drehkondensator eingebaut. Der Schiebeschalter wird genauso wie der Drehkondensator mit zwei Splinten und zwei Gummiringen festgemacht.

Die beiden Batterien werden an der rechten Seite der Platte befestigt (Abbildung). Sie werden so angebracht, dass der lange Streifen (negativer Pol) der einen Batterie neben dem kurzen Streifen (positiver Pol) der anderen Batterie liegt.

Jede Batterie wird durch ein Gummiband gehalten. Dieses wird durch ein Loch zu beiden Seiten der Batterie durch das Versuchsbrett gesteckt und dann mit einem Streichholz oder Draht verankert (siehe Abbildung). Achte darauf, dass die Batterien richtig zusammenliegen. Jetzt verbinden wir die beiden Batteriestreifen, die nebeneinander sind. Um das zu erreichen, biegst Du den langen Streifen der einen Batterie und den kurzen Streifen der anderen Batterie so um, dass sie einander berühren (Abbildung). Dann schiebe eine „Haarnadel“ über die beiden



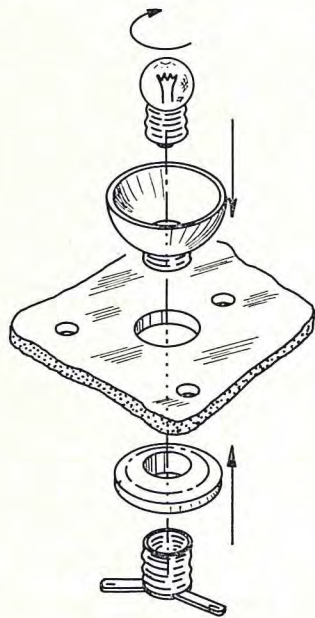
Streifen. Darüber steckst Du eine Feder. Verbinde niemals den langen und den kurzen Streifen *einer* Batterie miteinander. Das würde sehr schnell dazu führen, dass die Batterie leer wäre, und das ist ja nicht gerade das, was wir machen wollen.

Befestigung der Lampe

Unsere Vorbereitungen führen wir mit dem Anbringen der Lampe fort. Nimm erst einmal den Lampensockel (Abb.) und schiebe einen grossen Gummiring darüber. Schiebe den Lampensockel von unten durch das runde Loch in der Mitte des Versuchsbrettes; das ist genau gegenüber dem Schiebeschalter. Schraube den Reflektor auf den Lampensockel und dann die Lampe ein.

Einbau eines Lautsprechers

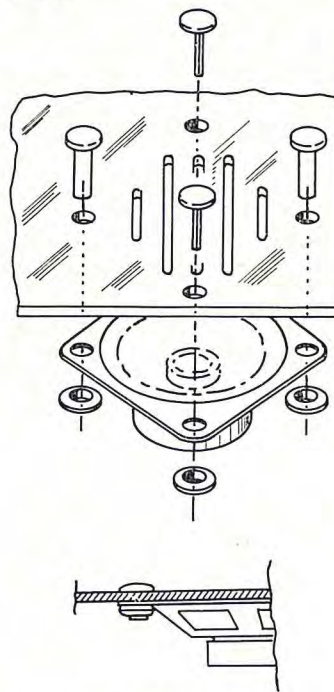
Als letztes bringen wir den Lautsprecher an (Abb.). Dieser wird an der rechten Seite des Versuchsbrettes angebracht. Die Schlitzlöcher sind eingeschnitten, damit der Ton gut aus dem Lautsprecher heraus kann. Wir schieben einen Splint durch jedes der vier Löcher und gleichzeitig durch die vier Löcher des Lautsprechergehäuses. Danach schieben wir einen Gummiring über jeden Splint.



Dann werden die Splintenden auseinandergedrückt, wie Du aus der Abbildung ersehen kannst.

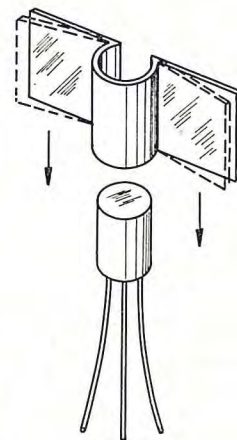
Wir empfehlen Dir, vorsichtig mit dem Lautsprecher umzugehen. Pass gut auf, dass Du nicht mit einem Werkzeug oder dem Finger ein Loch in das schwarze Papier (Membrane) reißt. Dann würde der Lautsprecher nicht mehr viel taugen, und ein Ersatzstück würde viel von Deinem Taschengeld verschlingen. Die Einzelteile, die wir jetzt angebracht haben, werden bei den meisten Geräten benötigt. Auch dann, wenn wir ein Einzelteil nicht gebrauchen, kann es ruhig an seiner Stelle bleiben, wenn

nicht anders vorgesehen. Nur die Batterien musst Du von Zeit zu Zeit ersetzen, obwohl Batterien guter Qualität ziemlich lange halten.



Wenn Du bei dem Transistor AC 126 die Kühleisenschale anbringst, muss

Vergiss nie, die Kühleisenschale über den Transistor oder über die Transistoren zu schieben, wenn die Bauanleitung es verlangt und man es auf der Bestückungskarte sehen kann. Sonst werden sie zu warm, und dann kann es passieren, dass sie verderben.



diese leicht auseinandergebogen werden (wird in Abbildung gezeigt). Der untere Rand des Transistors (die Seite, an der die Drähte herauskommen) muss mit dem Rand der Kühlschelle abschliessen. Wenn der Transistor an der richtigen Stelle angebracht ist, drücke die Schelle fest.

Gerätebau

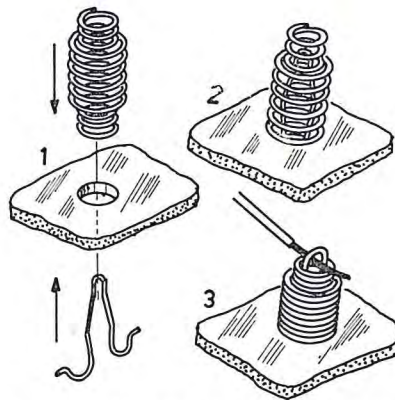
Wahl einer Schaltung

Jetzt wollen wir anfangen, eines der vielen Geräte, die Du mit Deinem Baukasten herstellen kannst, zusammenzubauen. Du kannst wählen, welches Du zuerst bauen willst. Die verschiedenen Geräte sind in fünf Gruppen eingeteilt: Elektro-Akustik, Nachrichtenübermittlung, Rundfunk, elektronische Signalgebung und elektronische Überwachungs- und Messapparate. Genau dieselbe Einteilung wählt man für die Abteilungen bei grossen Industriegesellschaften. Wir raten Dir, mit dem ersten Gerät in der Gruppe anzufangen, die Dich augenblicklich am meisten interessiert, d.h. mit A1, B1 oder C1 usw. Wir haben die Zeichnungen in jeder Gruppe in der Reihenfolge der Schwierigkeit angeordnet, und die Anordnung der Gruppen ist nicht einmal zufällig. Sie ist so, dass die Erklärungen über die Arbeitsweise der verschiedenen Geräte nacheinander in logischer Reihenfolge vorgenommen werden. Wenn Du alles verstehen willst, fängst Du am besten mit Elektro-Akustik an und fährst mit Nachrichtenübermittlung und Radio fort. Du kannst allerdings auch direkt mit einem Radiogerät anfangen und den theoretischen Teil der vorhergehenden Kapitel durchlesen.

Nun hast Du Deine Wahl getroffen und weisst, womit Du anfangen möchtest. Nimm zuerst die entsprechende *Bestück-*

kungskarte und lege sie so auf das Versuchsbrett, dass die gedruckten Nummern von der Seite mit den Einstellknöpfen aus lesbar sind. Diese Karte muss so auf dem Versuchsbrett liegen, dass die Löcher in der Karte genau über den Löchern in dem Versuchsbrett zu liegen kommen. In diese Löcher musst Du die *Drahtklemmen* einsetzen, die gebraucht werden, um die verschiedenen Einzelteile mit Drahtverbindungen zu versehen.

Diese Drahtklemmen bestehen aus zwei Teilen; den einen nennen wir „Haarnadel“ und der andere ist eine besondere Druckfeder (siehe Abbildung). Die Drahtklemmen werden in alle Löcher eingesetzt, ausser in die, die zur Durchführung von Drähten dienen. Entweder ist neben diesen Löchern ein



Buchstabe und eine Nummer (z.B. P 2), oder diese Löcher werden in der Bauanleitung erwähnt. Ausserdem kannst Du

sie daran erkennen, dass der Draht, der durch das Versuchsbrett weiterläuft, als gestrichelte Linie eingezeichnet ist. Ein Loch, bei dem eine dicke als eine gestrichelte Linie weitergeführt ist, dient immer zur Durchführung eines Drahtes. Deshalb darfst Du dort keine Drahtklemme einbauen.

Schiebe die „Haarnadel“ von unten durch das Versuchsbrett und stecke dann eine Druckfeder von oben darüber. Dieses machst Du mit allen Löchern, ausser bei den oben erwähnten „Durchfädellöchern“. Wenn Du nun einen Draht festmachen willst, schiebst Du die Spiralfeder nach unten, steckst den Draht durch die Schlinge der „Haarnadel“ und lässt die Feder wieder los.

Du wirst bemerkt haben, dass auf der Bestückungskarte alle Einzelteile eingezeichnet sind. Man kann sie an ihren Umrissen erkennen. Die Werte oder die Typennummern sind danebengedruckt. Wenn Du neben einem Viereck „10 μF “ findest, dann ist das natürlich ein Elektrolyt-Kondensator, und wenn Du „100.000 Ohm“ liest, dann ist es ein Kohlewiderstand. Die gedruckten Werte und die Form der Zeichnungen genügen, um Irrtümer zu vermeiden. Es ist am besten, wenn Du mit den *blanken Drähten* zuerst beginnst. Blanke Drähte werden durch einfache Linien dargestellt. Wenn Du damit fertig bist, baust Du die *Widerstände und Kondensatoren* ein. In der Anleitung für jedes Gerät sagt man Dir, welche Widerstände in den Schaltbildern vorkommen.

Der Farbschlüssel wird auch angegeben zusammen mit dem Widerstandswert, z.B. 100.000 Ohm: braun, schwarz, gelb. Lies bitte von links nach rechts. Die Farben bezeichnen die drei farbigen Ringe auf dem Widerstand, und rechts davon siehst

Du wiederum einen silbernen oder einen goldenen Ring. Wenn Du einen *Elektrolyt-Kondensator* einbaust, musst Du aufpassen, dass Du nicht Plus mit Minus verwechselst. In der Metallhülle dieser Kondensatoren ist eine Rille an der Seite, an der sich der positive Draht befindet. Diese Rille ist auf der Bestückungskarte angedeutet, und der Kondensator muss genauso liegen wie dort angegeben. Wenn Du nun die Widerstände und die Kondensatoren an der richtigen Stelle eingebaut hast, folgen die *Dioden und die Transistoren*.

Achte auf den Strich auf der Diode. Dieses ist das positive Ende der Diode. Die Diode darf auf keinen Fall falsch angeschlossen werden.

Auf der Bestückungskarte ist der Strich ebenfalls angegeben: Bitte baue die Diode genau in dieser angegebenen Lage ein. Zuletzt kommen die *Transistoren*. Auf der Bestückungskarte findest Du die Buchstaben c, b und e, und das bedeutet Kollektor, Basis und Emitter. Auf dem Transistor AC 126 findest Du einen Punkt. Der Draht, der diesem Punkt am nächsten ist, führt zu dem Kollektor. Wenn Du genau aufpasst, machst Du bestimmt keinen Fehler. Wenn Du aber einen machst, wird das Gerät nicht funktionieren, und evtl. ist der Transistor hinüber!

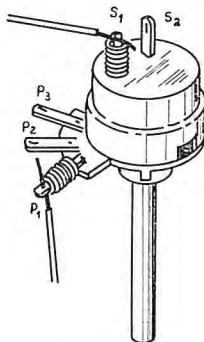
Beim Transistor AF 116 steht der Kollektordraht etwas für sich; dann kommt der Draht zum Abschirmen, der in der Zeichnung mit 1 bezeichnet ist, dann kommen der Basis- und der Emitterdraht. Sei vorsichtig mit den dünnen Transistordrähten und biege sie nicht mehr als notwendig. Ziehe nicht daran und pass auf, dass sie keineswegs einander berühren, wenn sie eingebaut worden sind.

Lies die Anweisungen zum Zusammenbau der Geräte sehr genau durch und pass auf, ob nicht besondere Bemerkungen dabei sind, wie z.B. der Anschluss eines zusätzlichen Lautsprechers, einer Morsetaste usw.

Wenn Du diese Einzelteile eingebaut hast, prüfe nach, ob Du auch keine Drahtverbindung vergessen hast, die als schwarze Linie auf der Bestückungskarte verzeichnet ist. Wenn Du das alles überprüft hast, wollen wir den „Innenbereich“ mit dem „Aussenbereich“ verbinden, d.h. wir werden die Schaltung mit den Batterien, dem Potentiometer, dem Lautsprecher usw. verbinden. Zuerst musst Du genau darauf achten, dass der Schalter des Potentiometers ausgeschaltet ist (so weit wie möglich nach links gedreht). Potentiometer usw. werden im allgemeinen mit isoliertem Draht angeschlossen. Solche Verbindungen werden auf der Bestückungskarte als Doppellinien angegeben. Wo Verbindungen unterhalb des Versuchs Brettes laufen, werden sie als gestrichelte Linie gezeichnet. Wo die isolierten Drähte an eine Drahtklemme oder an die Anschlusslasche eines Einzelteils angeschlossen werden, muss ungefähr 1 cm der Isolierung entfernt werden. Das kannst Du mit Deinem Taschenmesser machen, wobei Du aufpassen musst, dass Du nur die Isolierschicht und nicht den Draht anschnidest.

Wenn der Draht durch ein Loch führt, wirst Du daneben einen Buchstaben und eine Nummer sehen. Diese muss mit der Anschlusslasche (-öse), woran der Draht befestigt werden muss, übereinstimmen. Diese Buchstaben/Nummernkombination findest Du auf dem Papierstreifen, den Du unter dem Versuchsbrett angebracht hast. Wir glauben, dass das alles für Dich verständlich ist.

Manchmal sieht man zwei Buchstaben bei einem Loch, z.B. S1 + P1. Dies bedeutet, dass dieser Draht dann zu einem Kontakt des Schalters des Potentiometers und zu einer Verbindungs-lasche des Potentiometers weitergeführt wird. In diesem Falle musst Du nicht einen Zentimeter, sondern zwei am Drahtende von der Isolierung freimachen. Wenn Du ein Drahtende mit einer Drahtklemme verbinden willst, wirst Du dies ganz einfach finden.



Um Drähte an das Potentiometer oder an den darauf befindlichen Schalter anzuschliessen, musst Du erst eine Spiralfeder über die Anschlusslasche schieben (Abb.). Drücke diese Feder hinunter, schiebe das blanke Ende des Drahts durch das Loch der Lasche. Dann lasse die Feder wieder so zurückschnellen, dass der Draht fest gegen die Lasche gedrückt wird. Die Verbindungen zu dem Drehkondensator, zum Schiebeschalter und zur Lampe werden in derselben Weise durchgeführt.

Die Batterien werden mit Drahtklemmen verbunden. Stecke das blanke Ende des Verbindungsdrahtes in die „Haarnadel“. Dann schiebe eine Feder darüber. Siehe Abb. Seite 21. Wenn Du die Batterien anschliesst, pass gut auf, dass Du nicht positiv mit negativ verwechselst. Wenn Du es nicht richtig machst, wird das Gerät nicht arbeiten, und ausserdem besteht die Gefahr, dass Einzelteile, (z.B. Transistoren) verdorben werden. Für die Verbindungen zum *Lautsprecher* benutze Splinte

(Abbildung). Auf dem Lautsprecher befinden sich zwei Verbindungs- laschen über einem run- den Stück Isoliermaterial. Schiebe einen Splint durch jede dieser Laschen und dann den Draht in



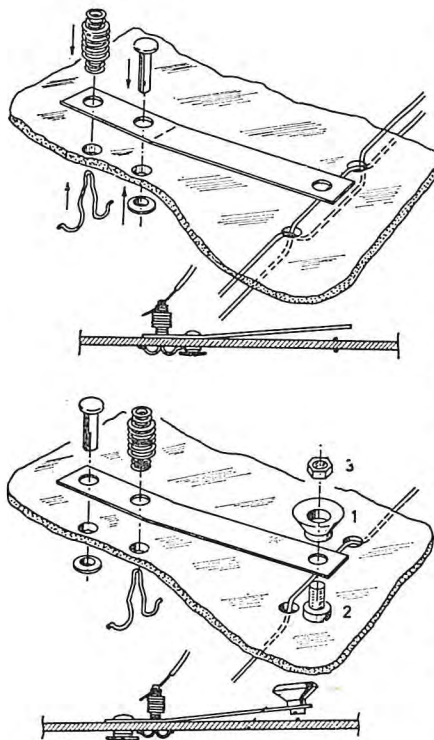
den Splint. Dann schiebst Du eine Spiralfeder über den Splint und biegst seine Enden so nach aussen, dass die Feder gut hinuntergedrückt wird. Es kann Dir passieren, dass Dir eine Feder, eine Drahtklemme oder ein Splint aus der Hand springt. Bevor Du anfängst, auf dem Fussboden zu suchen, sieh erst nach, ob dieses Teil vielleicht am Magneten des Lautsprechers klebt.

In bestimmten Geräten, wie der Elektronischen Orgel werden *Tasten* verwendet.

Jede Taste besteht, wie abgebildet, aus einer flachen Feder, die durch eine Feder, eine „Haarnadel“, einen Splint und einen Gummiring auf ihrem Platz befestigt wird.

Die Spiralfeder und die „Haarnadel“ werden auch benutzt, um einen Draht anzuschliessen. Die Zeichnungen zeigen deutlich, wie die Tasten aufgebaut werden. Die beste Methode hierfür ist, zuerst einmal die flache Feder an die richtige Stelle zu legen, dann die „Haarnadel“ durch das richtige Loch in dem Versuchsbrett und durch das letzte Loch in der Taste zu stecken. Dann kommt die Spiralfeder über die „Haarnadel“. Stecke zum Schluss den Splint von oben durch die Taste und das Brett, schiebe von unten einen Gummiring darüber und biege dann die Splintenden nach aussen.

Bei der Morsetaste werden zusätzlich ein Knopf (1), eine Schraube (2) und eine Mutter (3) angebracht. Siehe Abb.



Letzte Prüfung

Wenn Du alles durchgeführt hast, wie es in den allge- meinen Anweisun- gen und in den Bau- anleitungen für die Geräte steht, ist das Werk vollbracht. Prüfe aber erst noch einmal nach, ob Du auch nicht aus Ver- sehen 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-Konden- satoren richtig ein- gebaut und dass ihre positiven Sei-

ten (Rille in dem Mantel) auch so angeschlossen sind, wie ein- gezeichnet, ob Du nicht irgendeinen Transistordraht falsch angeschlossen hast.

V. Beschreibung der Schaltungen

A. 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 auf 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. Auch die Luftschwingungen gehen hin und her. Stelle Dir einen Luftballon vor. Wenn Du ihn aufbläst, verdrängt der Ballon die um ihn herum befindliche Luft.

Nun lass einmal von der Luft ein bisschen heraus. Die Luft um den Ballon herum drückt ihn ein wenig zusammen. Du bläst jetzt Deinen Ballon wieder auf, und die Luft um den Ballon herum wird noch einmal verdrängt. Wenn Du nun nochmals etwas Luft herauslässt, drückt die Luft den Ballon wieder zusammen.



Wenn Du hundertmal in der Sekunde Deinen Luftballon aufblasen und die Luft wieder herauslassen würdest, würde die

Luft um den Ballon herum hundertmal in der Sekunde hin- und herbewegt. Die Luft würde vibrieren.

Dadurch würdest Du einen tiefen Ton erzeugen. Wenn Du das tausendmal in einer Sekunde tun würdest, so würdest Du einen höheren Ton hören, zehntausendmal in der Sekunde einen noch höheren Ton. Wenn Du das zwanzigtausendmal tun könntest, würdest Du nichts mehr hören, da wir solche äusserst schnellen Luftschwingungen nicht hören können.

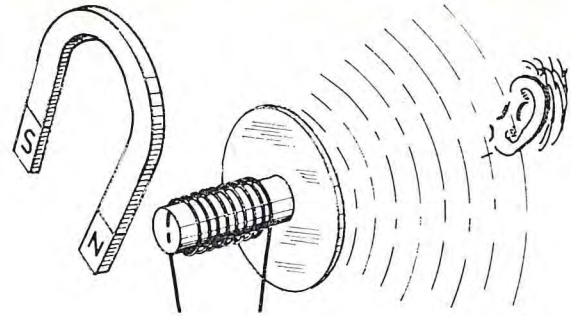
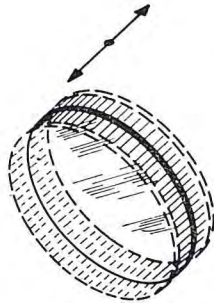
Der Lautsprecher

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 runde Scheibe in der Sekunde ein paar hundert- oder tausendmal hin und her. (Abb.)

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 schicken wir einen Gleichstrom durch die Spule.



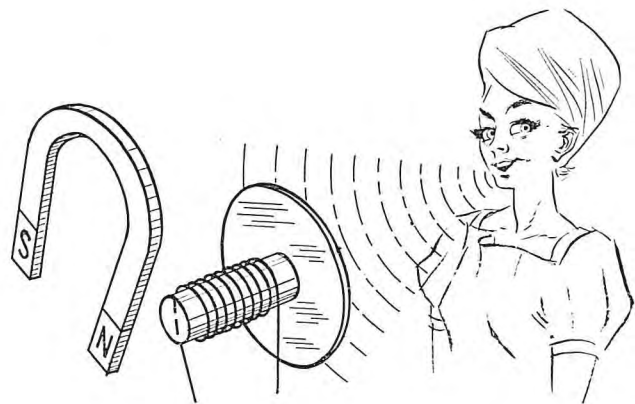
Was geschieht jetzt? Die Spule verhält sich wie ein Magnet mit einem Nord- und einem Südpol. Wenn die Richtung des Stroms in der Spule so verläuft, dass ein Nordpol links von der Spule entsteht, dann wird dieser Nordpol von dem Nordpol des Magneten abgestossen, und die Scheibe bewegt sich vorwärts. Wenn 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 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 durch Mikrophone. 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 gibt und dass dieser Ton gegen die Scheibe des Lautsprechers dringt (die Scheibe nennt man Lautsprecher-



membrane). Diese Membrane beginnt heftig zu schwingen — so wie Fensterscheiben erzittern, wenn ein schwerer Lastwagen vorüberfährt. 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 hast Du bereits gelernt.

In der schwingenden Spule des Lautsprechers, der in unserem Falle als Mikrophon benutzt wird, werden kleine elektrische Spannungen erzeugt, genauso wie in einem richtigen Mikrophon. Diese kleinen Spannungen können verstärkt werden. Wie, werden wir Dir später erklären.

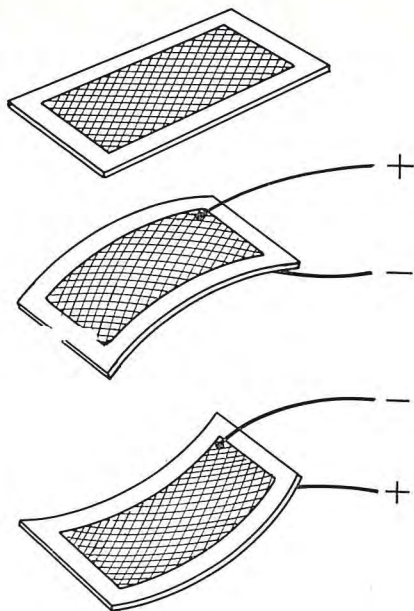
Diese verstärkten Spannungen werden dann einem Lautsprecher zugeleitet, der die elektrischen Schwingungen wieder hörbar macht.

Kristall-Mikrophone

Nun gibt es noch eine andere Methode zur Tonerzeugung oder -Aufnahme. Es gibt bestimmte 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 befestigt, beginnt die Membrane zu schwingen. Du hörst einen

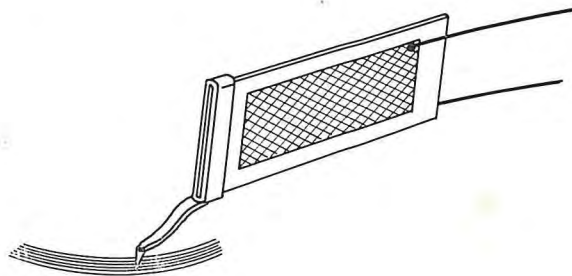
Ton. Das Gegenteil ist auch möglich. Wenn der Ton die Membrane in Schwingungen versetzt, wird die Kristall-Platte hin- und hergebogen. Dadurch wird zwischen den beiden Leitschichten auf dem Plättchen eine elektrische Spannung erzeugt. Dies ist das Prinzip eines Kristall-Mikrophons.

Der Kopfhörer in dem Baukasten enthält ein Kristall-Plättchen und kann daher für zweierlei benutzt werden: 1.) elektrische Spannungen in Töne zu verwandeln (Lautsprecher-Kopfhörer). 2.) Tonschwingungen in elektrische Spannung umzuwandeln (Mikrophon).



Kristall-Tonabnehmer

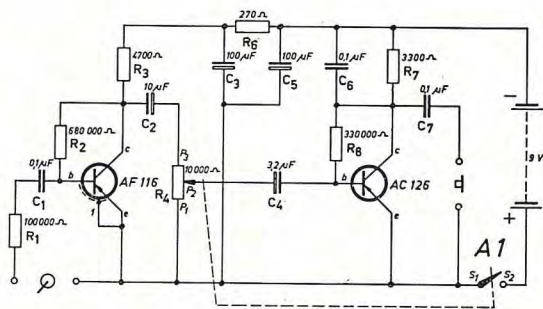
In den meisten Tonabnehmersystemen werden Kristalleinheiten verwendet. Die Tonschwingungen kommen von den Rillen in der Schallplatte. Wenn Du eine solche Rille unter einer Lupe anschaust, wirst Du erkennen, dass diese hin- und herläuft. Das Hin und Her einer Rille entspricht dem Hin und Her der Schwingungen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



Dieser Saphir ist an einem Kristallplättchen 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.

A1 - EINFACHER VERSTÄRKER FÜR PLATTENSPIELER

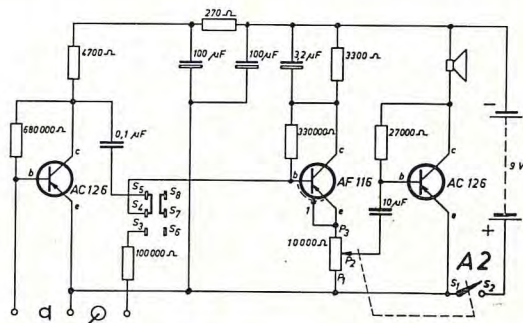
In dem Tonabnehmer-Kristall wird durch die Bewegung des Saphirs eine Wechsellspannung erzeugt. Sie wird in den Basisdraht des Transistors AF 116 geleitet. Infolgedessen läuft auch ein Wechselstrom durch den Kollektordraht. Dieser Strom ist jedoch, wie Du bereits vorher gelesen haben, erheblich stärker. Ein grosser Teil dieses Kollektor-Wechselstroms geht durch das Potentiometer. Von dem einstellbaren Kontakt des Potentiometers fliesst ein Teil dieses Wechselstroms weiter über den $3,2 \mu\text{F}$ Elektrolyt-Kondensator in den Basisdraht des Transistors AC 126. Folglich fliesst auch durch den Kollektordraht des AC 126 ein Wechselstrom, der wiederum stärker ist als sein Basis-Wechselstrom. Der grösste Teil dieses Wechselstroms läuft über den $0,1 \mu\text{F}$ -Kondensator in den Kopfhörer. Der Strom in dem Kopfhörer ist wegen der beiden Transistoren hundertmal stärker als der durch das Tonabnehmer-Kristall gelieferte Strom. Er ist so stark, dass wir die Musik deutlich durch den Kopfhörer hören.



A2 - TONVERSTÄRKER

Wenn der Schiebeschalter auf „Plattenspieler“ eingestellt ist, arbeitet dieses Gerät etwa wie Verstärker A1. Der Hauptunterschied ist, dass die Wiedergabe Deines Verstärkers nicht mehr durch einen Kopfhörer, sondern durch einen Lautsprecher erfolgt.

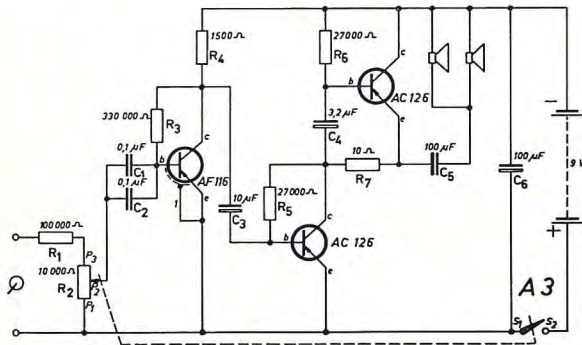
Wenn der Schalter auf „Mikrophon“ eingestellt ist, wird der erste Transistor AC 126 mitbenutzt. Der Mikrophonstrom ist nämlich viel schwächer als der des Tonabnehmers. Aus diesem Grunde muss ein zusätzlicher Transistor als „Vorverstärker“ benutzt werden. Der Mikrophonstrom wird durch diesen „Vorverstärker“ genauso gross wie der Strom, den der Tonabnehmer selbst direkt liefert. Wenn Du daher eine Platte spielst und plötzlich auf Mikrophon umschaltest, wird Deine Sprache genauso laut wiedergegeben wie die Platte.



A3 - GEGENTAKTVERSTÄRKER

Der Strom von dem Tonabnehmer kommt wieder durch den Basisdraht des Transistors AF 116. Bei dieser Schaltung wird jedoch das Potentiometer mit dem Tonabnehmer verbunden. Die zusätzlichen 0,1 μ F-Kondensatoren sorgen dafür, dass die Lautstärkeregelung gut ist. Der Kollektorstrom von dem AF 116 fließt zu der Basis des unteren AC 126. Der Wechselstrom im Kollektordraht dieses Transistors fließt zu der Basis des oberen AC 126; aber ein Teil dieses Stroms fließt direkt über den 10-Ohm-Widerstand und den 100 μ F Elektrolyt-Kondensator durch die Lautsprecher. Ebenso fließt Wechselstrom von dem Kollektordraht des oberen AC 126 durch die Lautsprecher.

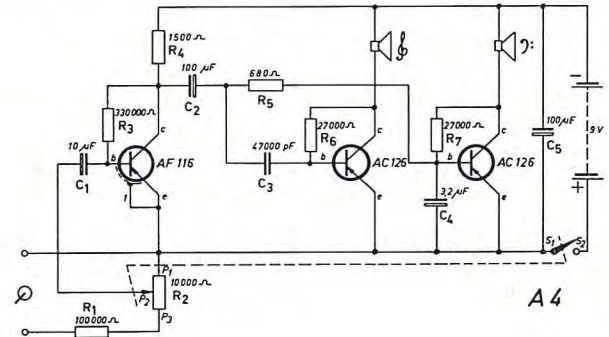
Die Vorteile dieser Schaltung sind: lauterer Ton und die bessere Wiedergabe.



A4 - VERSTÄRKER FÜR GETRENNTE WIEDERGABE VON HOHEN UND TIEFEN TÖNEN

Der Strom des Tonabnehmers fließt durch das Potentiometer und von dort zu dem Transistor AF 116. Der Strom wird durch den Transistor verstärkt. Nur die hohen Frequenzen können über den 47.000 pF-Kondensator zu der Basis des linken Transistors AC 126 gelangen. Die hohen Töne werden also durch den linken AC 126 verstärkt und fließen dann von der Kollektorleitung dieses Transistors durch den Hochtonlautsprecher.

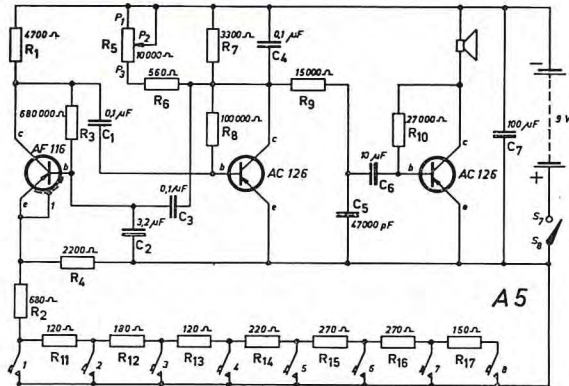
Aber es fließt auch ein Strom durch den 680-Ohm-Widerstand zu der Basis des rechten Transistors AC 126. Die hohen Frequenzen dieses Stroms fließen durch den 3,2 μ F-Elektrolyt-Kondensator ab und werden also nicht verstärkt. Die niedrigen Frequenzen — und daher die tiefen Töne werden durch den rechten Transistor verstärkt und werden so vom Lautsprecher für tiefe Töne wiedergegeben.



A5 - ELEKTRONISCHE ORGEL

Der elektrische Strom, der nach der Verstärkung durch den Lautsprecher hörbar gemacht wird, wird in der elektronischen Orgel selbst erzeugt, und zwar durch zwei Transistoren, den Transistor AF 116 und den Transistor AC 126 in der Mitte des Verstärkers, ungefähr so wie bei der Einbrecher Alarmanlage D4 (Seite 43).

Wenn wir auf eine Taste drücken, fließt der Basis-Wechselstrom des AF 116 durch den $3,2 \mu\text{F}$ Kondensator C2 und den durch die hinuntergedrückte Taste mit ihm verbundenen blanken Draht. Er fließt dann durch die Widerstände zwischen den Tasten und durch den 680 Ohm Widerstand R2 zum Emitter des AF 116. Der Strom fließt dann über R9 und C6 zum zweiten Transistor AC 126, so dass ein starker Strom in den Lautsprecher gelangt. Die Tonhöhe wird durch die acht Widerstände R11 bis R17 beeinflusst.



B. Fernmeldewesen

Das Fernmeldewesen bedeutet so etwas wie Verkehr auf Entfernung. Unter Verkehr musst Du Dir jedoch nicht Autos, Züge und Flugzeuge vorstellen, sondern die Übermittlung von Nachrichten. Das kann Telegraphie, Fernsprechverkehr, Funk-Fernsprechverkehr, 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 Strassenseite wohnt, etwas aus dem Fenster zurufen 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.

Die ersten beiden Geräte in dieser Gruppe sind Telegraphie-Apparate, d.h. Geräte, mit denen Du Morsezeichen aussenden und empfangen 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 ausdehnst. Der Buchstabe a klingt dann wie dü daa.

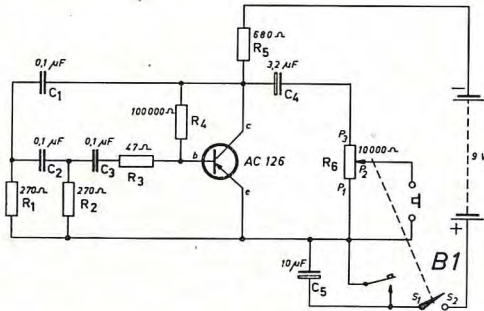
A	— —	K	— — —	U	— — —
B	— — — —	L	— — — —	V	— — — —
C	— — — —	M	— — —	W	— — — —
D	— — —	N	— —	X	— — — —
E	—	O	— — — —	Y	— — — —
F	— — — —	P	— — — —	Z	— — — —
G	— — —	Q	— — — —	Ä	— — — —
H	— — — —	R	— — —	CH	— — — —
I	— —	S	— — —	Ö	— — — —
J	— — — —	T	—	Ü	— — — —
1	— — — — —	5	— — — — —	9	— — — — —
2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

Punkt - — — — —
 Irrtum - — — — —
 SOS - — — — —

Anfang des Spruchs - — — — —
 Ende des Spruchs - — — — —

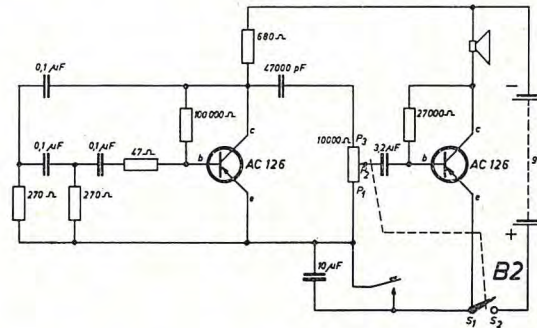
B1 - MORSEGERÄT ZUM ÜBEN

In unserem Morsegerät müssen wir die Töne selbst erzeugen. Wir erreichen das durch einen Transistor AC 126. Wenn durch die Basis eines Transistors ein geringer Strom fließt, entsteht ein grösserer Strom am Kollektor. Nachdem dieser die $0,1 \mu\text{F}$ Kondensator en C1, C2 und C3 durchflossen hat, landet er zum grössten Teil an der Basis unseres Transistors. Weil der Basisstrom dadurch verstärkt wird, verstärkt sich auch der Kollektorstrom usw., so dass der ursprünglich schwache Strom beträchtlich zugenommen hat. Dieser Stromstoss bewirkt, dass der Transistor sich erschrickt und plötzlich den Strom fast unterbricht. In diesem Augenblick jedoch beginnt das Spiel von neuem: Der schwache Strom, der noch fließt, wächst wieder an, bis er so gross geworden ist, dass der Transistor sich wieder sperrt. Ein Teil des Kollektorstroms des Transistors läuft durch den Kondensator C4 und durch das Potentiometer zum Kopfhörer. Das geschieht z.B. 1000 x in der Sekunde.



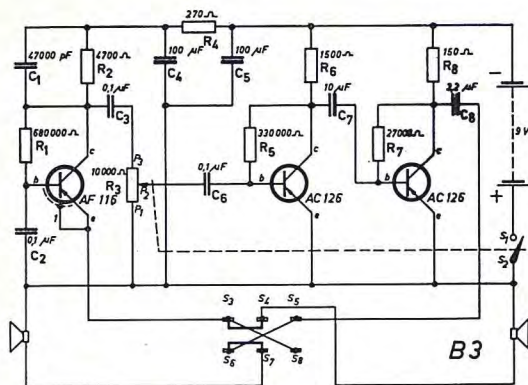
B2 - MORSEGERÄT MIT LAUTSPRECHER

In der Beschreibung B1 wird erklärt, wie Töne erzeugt werden. Der Strom fließt bei B2 von dem tonerzeugenden Teil zu der Basis des zweiten Transistors AC 126. Daraufhin fließt ein stärkerer Wechselstrom durch den Kollektor dieses Transistors und von dort durch den Lautsprecher. Der Lautsprecher gibt den Morseton dann laut und deutlich wieder. Indem wir den Potentiometerknopf drehen, verändern wir die Lautstärke, ebenso wie z.B. in der Schaltung B1.



B3 - WECHSELSPRECHANLAGE

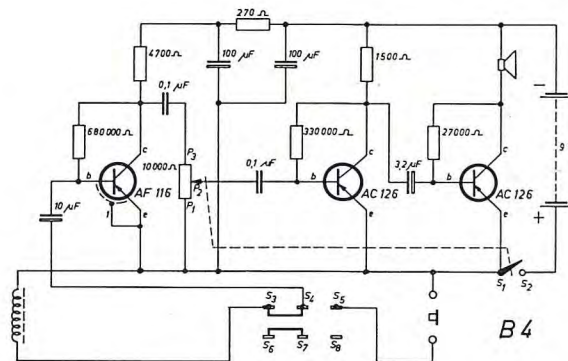
Wenn der Schiebe-Schalter nach links zeigt, arbeitet der eine Lautsprecher Deiner Wechsel-Sprechanlage als Mikrofon. Dieser Lautsprecher erzeugt kleine Ströme. Diese fließen über den Schiebeschalter durch die Basis- und Emittersromkreise des Transistors AF 116 und erzeugen dadurch einen stärkeren Strom im Kollektor des Transistors. Dieser Strom fließt über den $0,1 \mu\text{F}$ -Kondensator zu der Basis von AC 126, der in der Mitte des Gerätes liegt. Hier entsteht wieder ein starker Kollektorstrom, der zur Basis des zweiten AC 126 fließt. Dieser verstärkt den Strom wiederum. Der aus dem Kollektor kommende Strom fließt über den $3,2 \mu\text{F}$ -Kondensator zum Schiebeschalter und von dort durch den zweiten Lautsprecher.



B4 - LAUSCHGERÄT

Mit dem Schiebeschalter in der Rechtsstellung fließen die Mikrophonströme in Richtung der Basis des Transistors AF 116 und werden durch diesen verstärkt. Diese verstärkten Ströme fließen über das Potentiometer zur Basis des mittleren AC 126, werden dort verstärkt und erreichen dann den letzten AC 126.

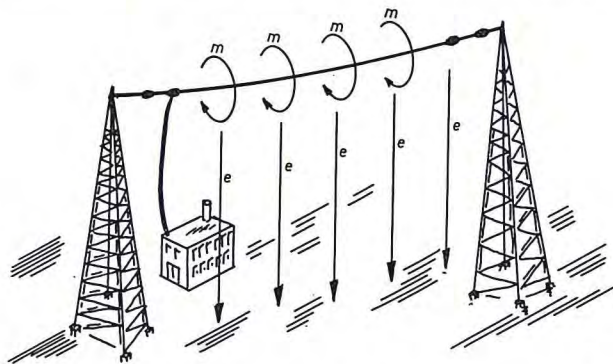
Wenn der Schalter auf Linksstellung steht, werden die Ströme von der Aufnahmespule verstärkt.



C. Radio

Du weisst sicherlich, was ein Radio ist. Aber wahrscheinlich weisst Du nicht, wie es funktioniert. Ein Rundfunkempfänger ähnelt zur Hälfte einem Plattenspielerverstärker, 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



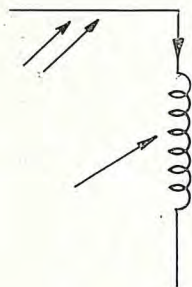
trotzdem gut Strom leiten. Die andere Platte ersetzen wir durch einen langen Metalldraht, der über der Erde verläuft. So entsteht wieder ein Kondensator. Verbinden wir jetzt einen Wechselstrom mit dem Metalldraht — nämlich der Antenne —

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 elektro-magnetisches Feld genannt. (Abb.) Was geschieht nun? Ein elektro-magnetisches Feld wie dieses breitet sich sehr weit aus. Es breitet sich selbst durch den Raum aus, und zwar ungefähr auf die gleiche Art, wie das Licht. Licht ist nämlich auch ein elektro-magnetisches Feld. Die elektro-magnetischen 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.

Nur Wechselstrom mit sehr hohen Frequenzen kann erfolgreich über eine solche Antenne geleitet werden.



Was geschieht, wenn das elektromagnetische Feld auf eine Antenne trifft, die sich in einiger Entfernung der Sendeantenne befindet? In diesem Fall erzeugt dieses Feld zwischen dem Draht der Empfangsantenne und der Erde eine Spannung. Wenn wir eine Spule zwischen Empfangsantenne und Erde einfügen, erreichen wir, dass ein Strom durch die Spule fließt. Es handelt sich dabei nur um einen sehr kleinen Strom, aber mit Hilfe von Transistoren

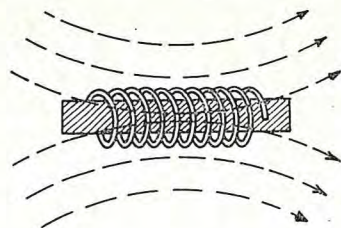
lässt er sich weiter verstärken.

Das Feld ist aber ein elektromagnetisches Feld und der magnetische Teil dieses Feldes fließt direkt durch 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. (Abb.)

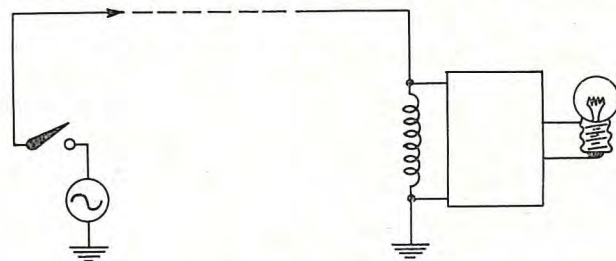
Wenn ein Magnetfeld eine sehr hohe Frequenz hat, kann sich normales weiches Eisen aufgrund seiner Trägheit nicht so schnell umstellen. Man benutzt deshalb für diese Zwecke ein

spezielles „Eisen“, das Ferroxcube. Ein Ferroxcube-kern 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.



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



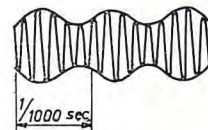
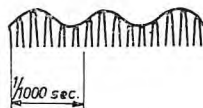
Zunächst möchten wir Dir ein Beispiel für die Funkzeichen geben. Stelle Dir vor, dass Du den Strom, der durch Deine Antennenspule fließt, genügend verstärken kannst, um eine kleine Lampe aufleuchten zu lassen. Wenn der Sender eine ganz kurze Zeit lang sendet, leuchtet die Lampe für eine kurze Zeit auf. 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 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 Sendeantenne. 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 Potentio-

mers 1000 mal in der Sekunde hin- und herdreht. Wie sieht dann die modulierte Trägerwelle des Senders aus?

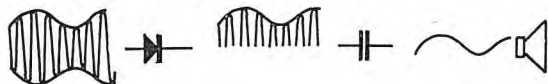
Die Welle des Senders (Trägerwelle) hat eine Frequenz von z.B. 1 MHz (1.000.000 Hz). Durch die Modulation wird die Trägerwelle in der Sekunde 1000 mal stärker und schwächer (Abbildung). Empfangen wir nun diese Trägerwelle, die eine Million in der Sekunde ihre Richtung ändert, so kann unsere angeschlossene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



Wenn wir nun eine Schere nehmen und die Abbildung der Länge nach mitten durchschneiden, bleiben die oberen Halbwellen übrig, während die unteren Halbwellen abgeschnitten worden sind. Zum Abschneiden solcher elektrischen Schwingungen benutzt man eine Germaniumdiode und nennt das „Abschneiden“ Gleichrichtung. Durch Gleichrichtung gelingt es uns, einen Wechselstrom in einen Gleichstrom zu verwandeln. In unserem Beispiel ist es jedoch kein üblicher Gleichstrom, sondern ein Gleichstrom, der 1000 mal in der Sekunde stärker und schwächer wird. Es ist also ein Gleichstrom, der einen 1000 Hz Wechselstrom trägt.

Was geschieht nun, wenn wir versuchen, diesen Strom über

einen Kondensator durch unseren Lautsprecher zu schicken? Der Gleichstrom kann nicht hindurchgelangen. Es bleibt also ein Wechselstrom von 1000 Hz übrig. Dieser Wechselstrom wird von dem Lautsprecher wiedergegeben. In allen Rundfunkgeräten, die wir bauen werden, befindet sich eine Germanium-Diode, die als Gleichrichter arbeitet. Das nennt man auch „Detektor“. Die Germanium-Diode trennt also wieder das zu übertragende Signal von der Trägerwelle des Senders.



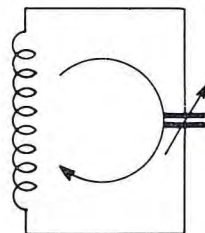
Damit wir Sprache und Musik übertragen können, benutzen wir als „Modulator“, kein Potentiometer, sondern ein Mikrophon. Die Trägerwelle wird dabei so moduliert, dass sie mit den Schallschwingungen, die auf das Mikrophon treffen, übereinstimmt. Singt jemand einen hohen Ton vor dem Mikrophon, dann wird die Träger-Welle 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 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 gleich ist, wird der Strom sehr stark.

Bei allen anderen Frequenzen ist dieser Strom viel schwächer. Dann scheint sich nämlich der Spulenstrom zu erschrecken, wenn er den Kondensator erreicht und erkennt, dass der Widerstand dort anders ist. Das gilt auch für

den Strom, der erst durch den Kondensator fließt, wenn dieser durch die Spule fließen will und dort feststellt, dass der Wechselstrom-Widerstand der Spule nicht der gleiche ist wie im Kondensator.

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 Drehen am Abstimmknopf verschiedene Kapazitäten einstellen. Dadurch können verschiedene Frequen-

zen, 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.

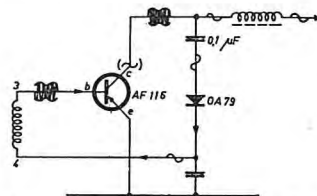
Wenn der Wechselstrom-Widerstand der Spule und des Kondensators bei einer bestimmten Frequenz gleich ist, entsteht ein starker Strom. Diese Erscheinung nennt man Resonanz.

Was geschieht nun, wenn Du die Kapazität des Kondensators vergrösserst? Dann tritt die Resonanz bei einer niedrigeren Frequenz ein. Wenn Du andererseits die Kapazität des Kondensators verringerst, tritt die Resonanz bei einer höheren Frequenz ein. 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. Der Schwingkreis ist nur in Resonanz mit der Frequenz des einen Senders, für alle anderen Sender ist er es nicht. Für alle diese anderen Sender ist der Kreisstrom deshalb wesentlich schwächer. In den meisten Fällen ist er so schwach, dass sie überhaupt nicht mehr zu hören sind.

C1 - RUNDfunkempfänger mit einem Transistor

Wenn Radiowellen durch den Ferroxcube-Stab Deines Ferroreceptors hindurchgehen, erzeugen sie in der Antennenspule (L1) Spannungen. Diese Antennenspule ist an den Drehkondensator angeschlossen (Schwingkreis). Wenn dieser richtig abgestimmt ist, beginnen starke Ströme in der Antennenspule zu fließen.

Ist eine zweite Spule auf dem Ferroxcube-Stab (L2), dann verursacht der Strom, der durch die Antennenspule geht, auch einen Strom in dieser zweiten Spule. Diese Ströme fließen durch die Basis des AF 116, wie es in der Abbildung gezeigt wird. Es ergibt sich daraus, dass ein stärkerer

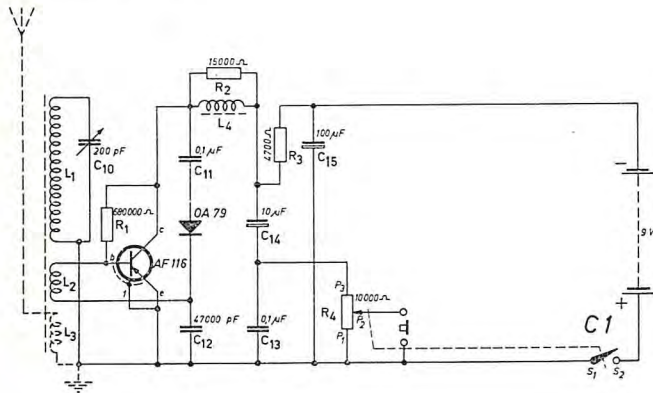


Strom durch die Kollektorleitung des AF 116 fliesst. Es handelt sich dabei um den verstärkten Strom aus der Antenne, d.h. der modulierten Trägerfrequenz. Wohin kann dieser Strom jetzt fließen?

Eine Spule L4 und ein 15.000 Ohm Widerstand R2 sind an den Kollektor angeschlossen. Es handelt sich um eine Spule mit vielen Windungen, und der Hochfrequenzstrom der Trägerfrequenz kann praktisch nicht hindurch. Auch ist ihm der 15.000 Ohm Widerstand ein bisschen zu stark. Deshalb geht der Strom durch den Kondensator C11 und die Diode OA 79.

Der Strom wird hier gleichgerichtet, d.h. sie arbeitet als Detektor. So kommt von der Diode ein Strom, der dem Strom entspricht, der vom Mikrophon zum Sender verläuft. Dieser Strom durchfließt die Spule L2 und wieder zurück zur Basis des AF 116. Dieser sog. Niederfrequenzstrom wird durch den AF 116. Er verstärkt also nicht nur den Antennenstrom, sondern auch den Niederfrequenzstrom.

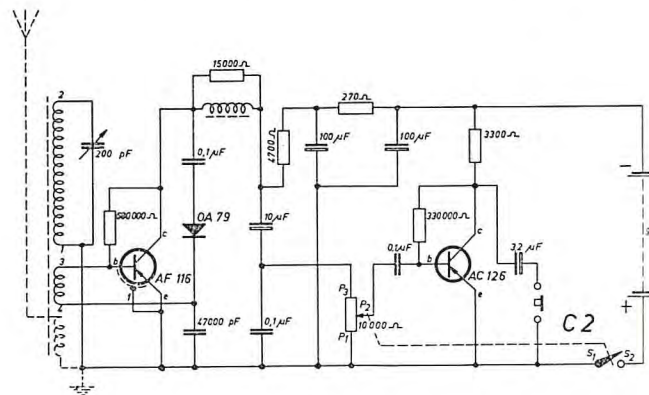
Es fließt nun ein stärkerer Niederfrequenzstrom durch die Kollektorleitung des AF 116. Jedoch dieser Strom stellt fest, dass der 0,1 μF Kondensator für ihn einen viel zu grossen Wechselstrom-Widerstand besitzt. Er bevorzugt deshalb den verhältnismässig leichten Weg durch die Spule L4. Von dort fließt er über den 10 μF Kondensator C14 durch das Potentiometer und weiter durch den Kopfhörer, wo er in hörbare Schallschwingungen umgewandelt wird.



C2 - ZWEI-TRANSISTOR-RUNDFUNKEMPFÄNGER

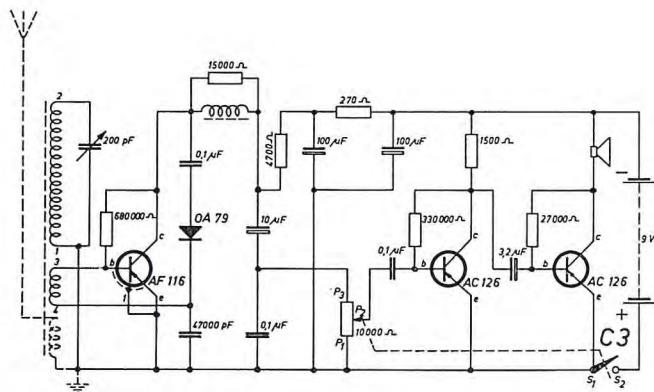
Einschliesslich des Potentiometers entspricht diese Schaltung genau der vorhergehenden. Die vom Potentiometer aufgenommenen Niederfrequenz-Ströme fließen jetzt aber durch die Basisleitung des AC 126. Vom Kollektor fließen die verstärkten Ströme dann über den 3,2 μF -Kondensator durch Deinen Kopfhörer.

Je mehr man das Potentiometer nach rechts dreht, um so grösser ist der Anteil des Niederfrequenzstroms, der durch den Transistor AC 126 und dann durch den Kopfhörer fließt, und um so lauter ist der Ton.



C3 - DREI-TRANSISTOR-EMPFÄNGER MIT LAUTSPRECHER

Der C3 - Empfänger ist eine Erweiterung des C2 - Empfängers. Er ist mit ihm völlig identisch einschliesslich des AC 126. Die Kollektorströme gehen auch von diesem Transistor durch einen 3,2 μ F-Elektrolyt-Kondensator, aber gelangen nun zu der Basis des rechten AC 126 (mit der Kühlschelle), in dem diese Ströme nochmals verstärkt werden. Dadurch fliesst ein so starker Strom durch die Kollektorleitung, dass er ausreicht, um bei diesem Gerät einen Lautsprecher verwenden zu können.



D. Elektronische Signalanlagen

Im Dunkel der Nacht schleicht sich ein Dieb auf weichen Gummisohlen leise zu einem Haus. Er trägt Handschuhe, um keine Fingerabdrücke zu hinterlassen. Mit einem Dietrich öffnet er die Tür, nachdem er sie geölt hat, damit sie nicht quietscht. Ringsherum ist alles totenstill. Nichts ist zu sehen, aber in dem Augenblick, als er die Tür einige Zentimeter öffnet, beginnt eine Alarmsirene zu heulen. . . . Dennoch ist an der Tür nichts zu bemerken. Hätte der Dieb versucht, durch ein Fenster einzusteigen, wäre das gleiche geschehen. Unsichtbare elektronische Augen halten Wache. Sie zeigen die Anwesenheit jedes Eindringlings an. Nehmen wir einmal einen anderen Fall. Jemand betritt einen Raum, den er nicht betreten soll. Er macht ein leises Geräusch. Irgendwo anders im gleichen Haus flammt ein Licht auf. Ein unsichtbares elektronisches Ohr hat ihn verraten.

Elektronisches Signalisieren wird nicht nur dort verwendet, wo man Diebe und Eindringlinge fangen will. Man kann es auch noch anders verwenden, z.B. um anzuzeigen, dass ein bestimmter Zeitraum verstrichen ist, wie die Zeit, die für die Vergrösserung einer Fotografie benötigt wird. Weiterhin kann es als Alarmanlage verwendet werden: Ein Blinklicht zeigt an, dass Gefahr droht.

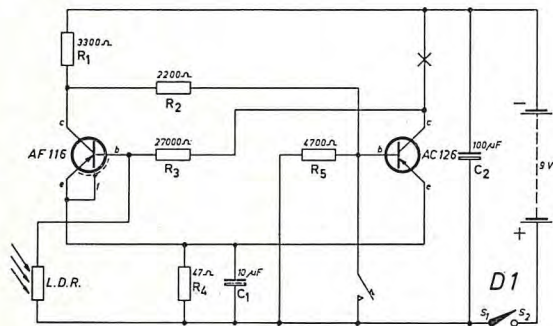
Elektronisches Signalisieren ist deshalb äusserst nützlich. Auch Du kannst Dir sicherlich vorstellen, wo Du die verschiedenen eben genannten Geräte verwenden kannst. Du kannst sie mit Deinem Baukasten bauen.

D1 - LICHTKONTROLLANLAGE

Wenn kein Licht auf den LDR fällt, ist sein Widerstand sehr hoch. Das hat zur Folge, dass die Spannung an der Basis des Transistors AF 116 so ist, dass ein beträchtlicher Strom in der Kollektorleitung fließt.

Eine Lampe in die Kollektorleitung geschaltet, würde dann aufleuchten. Das wollen wir aber gerade nicht erreichen. Deswegen haben wir einen zweiten Transistor hinzugefügt, den AC 126. Dieser arbeitet genau entgegengesetzt zum ersten Transistor: wenn der AF 116 einen Strom durchlässt, ist der AC 126 gesperrt.

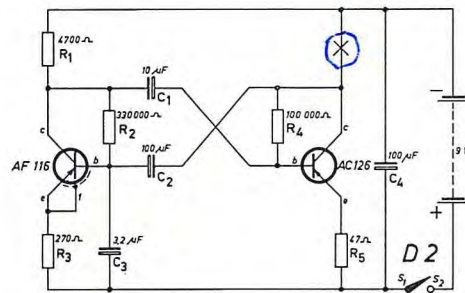
Sobald Licht auf den LDR fällt, wird sein Widerstand sehr niedrig. Das bedeutet, dass kein Strom zu der Basis des AF 116 gelangt. Dadurch kann jetzt durch den Transistor AC 126 ein Strom fließen. Die Lampe in der Kollektorleitung leuchtet auf und bleibt brennen, bis die Auslösetaste hinuntergedrückt wird.



D2 - BLINKLICHT

Nehmen wir einmal an, dass aus irgendeinem Grunde ein kleiner Stromstoss durch die Basisleitung des AF 116 geht. Dann fließt ein stärkerer Stromstoss durch den Kollektor dieses Transistors. Der stärkere Stromstoss fließt über den 10 μF Kondensator C1 zur Basis des AC 126. Daraus ergibt sich ein noch stärkerer Stromstoss, der durch den Kollektor dieses Transistors geht. Der Stromstoss fließt zum grössten Teil durch unsere kleine Lampe und lässt sie kurz aufleuchten.

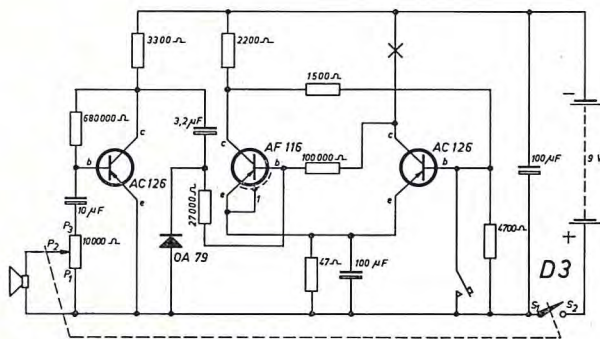
Ein kleinerer Teil desselben Stromstosses läuft jedoch vom Kollektor des AC 126 durch den 100 μF Kondensator C2 zur Basis des AF 116. Da der 100 μF Kondensator aber erst aufgeladen werden muss, entsteht hier eine kleine Verzögerung. Das Einschalten des Apparates reicht aus, um einen ersten kleinen Stromstoss durch die Basisleitung des AF 116 zu schicken. Dieser erzeugt einen stärkeren Stromstoss durch den AC 126, der zum AF 116 reist, usw.



D3 - AKUSTISCHES RELAIS

Der Ton, den der Lautsprecher aufnimmt, verursacht einen Wechselstrom, der wie üblich von dem linken Transistor AC 126 verstärkt wird. Dieser Wechselstrom wird von der Diode OA 79 gleichgerichtet, d.h. die negative Halbwelle wird von der OA 79 abgeleitet und nur die positive Spannung gelangt an die Basis des AF 116.

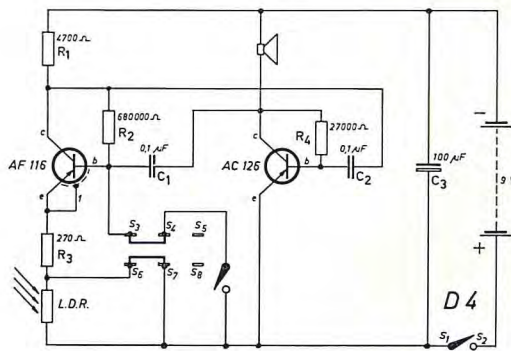
Wenn der gleichgerichtete Strom genügend stark ist, verhindert er, dass Strom durch den Kollektor des AF 116 fließt. Wenn der gleichgerichtete Strom den AF 116 gesperrt hat, verändert sich die Spannung an der Basis des rechten AC 126 so, dass dieser Strom aufzunehmen beginnt, woraufhin die Lampe aufleuchtet. Diese Lampe brennt so lange, bis die Auslösetaste hinuntergedrückt wird, wodurch die Basis und der Emitter des AC 126 miteinander verbunden werden.



D4 - EINBRECHER-ALARMANLAGE

Wenn Licht auf den LDR fällt, hat er einen sehr geringen Widerstand. Ein schwacher Strom fließt durch die Basis des AF 116 und wird verstärkt. Ein stärkerer Strom fließt dann durch die Kollektorleitung, den Kondensator C2 zu der Basis des AC 126. Der hier verstärkte Strom fließt dann durch die Kollektorleitung, von dort aus durch den Kondensator C1 zu der Basis des AF 116. Dort wird er noch einmal verstärkt usw. Zu einem bestimmten Zeitpunkt fließt soviel Strom, dass es für den Transistor zuviel wird, und dann hört der Stromfluss auf.

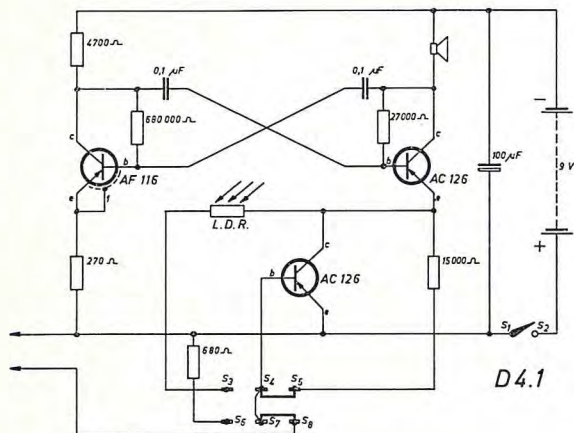
Wenn jedoch kein Licht auf den LDR fällt, hat er einen sehr grossen Widerstand, so dass praktisch kein Strom durch den Emitter des AF 116 fließen kann. Dann kann auch durch die Basis des AF 116 kein Strom fließen, und der ganze Vorgang ruht. Aus dem Lautsprecher dringt kein Pfeifton.



D4.1 - EINBRECHER-ALARMANLAGE MIT STROMSPARENDER SCHALTUNG

Der Transistor AF 116 erzeugt zusammen mit dem rechten AC 126 den Alarmton ungefähr in der Art, wie im Schalt-schema D4 beschrieben ist. Fällt das Licht nun auf den LDR, ist sein Widerstand klein und die positive Spannung des Kollektors des in der Mitte liegenden AC 126 wird wirksam.

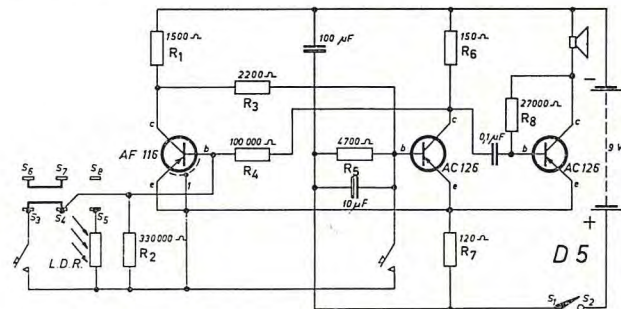
Dieser AC 126 nimmt daraufhin Strom auf, so dass der rechte AC 126 zu arbeiten beginnt und seinerseits einen Stromstoß zum AF 116 schickt, der diesen an den rechten AC 126 weitergibt, usw.



D5 - EINBRECHER-ALARMANLAGE MIT ANHALTENDEM ALARMZEICHEN

Die zwei AC 126 erzeugen zusammen den Ton, ähnlich wie in der Schaltung D4.1. Die durch die Basis des linken AC 126 fließenden Ströme erzeugen stärkere Kollektorströme in diesem Transistor, die zur Basis des rechten AC 126 geführt werden. Die hier verstärkten Kollektorströme fließen durch den Lautsprecher und danach wird wieder ein kleiner Teil zur Basis des linken AC 126 geleitet, usw.

Der AF 116 schaltet durch Beeinflussung des linken AC 126 den Tonerzeuger ein und aus. Solange kein Licht auf den LDR fällt, fließt ein Strom durch den AF 116. Dieser Strom fließt gleichfalls durch den Widerstand R3 zur Basis des linken AC 126 und verhindert so, dass dieser Transistor selbst Strom aufnimmt. Falls Licht auf den LDR fällt oder die linke Taste hinuntergedrückt wird, wird der AF 116 gesperrt und der linke AC 126 ist wieder in der Lage, den Ton zu erzeugen.



E. Elektronisches Messen und Kontrollieren

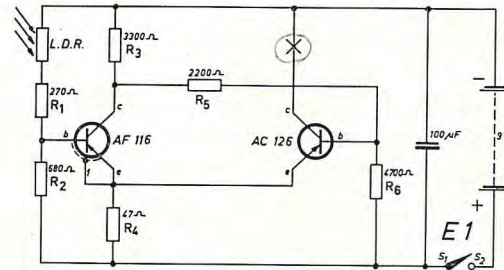
Auf dem Gebiete der Technik und im täglichen Leben muss vieles kontrolliert und gemessen werden. In der Grundschule und in höheren Schulen, ganz besonders in den technischen Fachschulen, müssen sich die Schüler mit einer Vielzahl von Aufgaben beschäftigen, in denen Messungen durchgeführt werden.

Mit Hilfe der Elektronik kannst Du messen, wieviel Benzin sich noch in einem Tank befindet, wie hoch die Temperatur in einem Ofen ist, ob das Mehl nicht zu nass ist und ob zum Beispiel zwei Stoffe im richtigen Verhältnis gemischt sind. Wenn Du in einer Maschine zwei Stoffe miteinander mischst, kannst Du messen, ob das Mischungsverhältnis richtig ist.

Ausserdem kannst Du auch die Zufuhr automatisch so regeln, dass das richtige Verhältnis erreicht wird. Du kannst auch Kontrolleinrichtungen benutzen, mit denen man die Temperatur in einem Raum konstant halten kann, ganz gleich, ob es draussen kalt oder warm ist. Denke dabei z.B. an den Kühlschrank. Du kannst auch erreichen, dass sich eine Lampe zu einem im voraus bestimmten Zeitpunkt einschaltet. Die Anlagen, die in diesem Kapitel behandelt werden, sind Mess- und Kontrolleinrichtungen, die Du gut gebrauchen kannst.

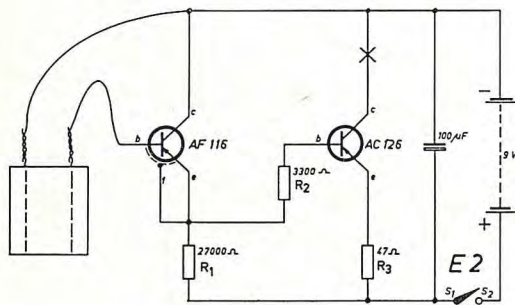
E1 - AUTOMATISCHES NACHTLICHT

Solange Licht auf den LDR fällt, ist sein Widerstand niedrig. Dadurch kommt negative Batteriespannung an die Basis des AF 116. Der Strom kann also durch den AF 116 fließen und auch durch den Widerstand R3 in der Kollektorleitung. Dort erzeugt er einen Spannungsabfall. Dadurch wird die negative Batteriespannung am Kollektor verringert. Die Basis des AC 126 steht über den Widerstand R5 mit dem Kollektor des AF 116 in Verbindung und die Spannung ist dort deshalb auch sehr niedrig. Sie ist so klein, dass nur ein ganz geringer Strom durch die Kollektorleitung des AC 126 fliesst. Wenn das Licht nun ausgeht, erhöht sich der Widerstand des LDR. Die negative Batterie-Spannung an der Basis des AF 116 wird geringer. Aber auch der Strom in der Kollektorleitung wird kleiner, so dass wieder mehr negative Batteriespannung an den Kollektor kommen kann. Diese jetzt höhere Spannung läuft über den Widerstand R5 zur Basis des AC 126. Damit fliesst auch ein grösserer Strom durch die Kollektorleitung. Dieser Strom ist so stark, dass die Lampe zu leuchten beginnt.

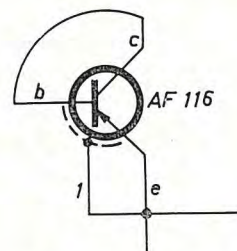


E2 - FEUCHTIGKEITSANZEIGER

- Wenn wir uns die Schaltung ansehen und lassen die zwei Drähte, die zu dem geheimnisvollen Rechteck auf der linken Seite dieser Schaltung führen ausser acht, was sehen wir dann? Die Basis des AF 116 ist nicht angeschlossen, und dieser Transistor arbeitet daher nicht.
- Wenn wir nun die Basis und den Kollektor des AF 116 durch einen Draht verbinden, brennt die Lampe. Wie kommt das? Die Basis hat dann die gleiche negative Batteriespannung wie der Kollektor. Am Emitter steht aber die positive Batteriespannung. Dadurch kann ein Strom vom Emitter zum Kollektor fließen. Strom zum Emitter kommt durch den 27.000 Ohm-Widerstand. In diesem Widerstand tritt ein Spannungsabfall auf. Die Spannung am unteren Ende des Widerstandes, denn er liegt ja direkt am positiven Teil der Batterie, ist im Gegensatz zum oberen Ende grösser.



Wenn wir also nur den 27.000 Ohm-Widerstand betrachten, ist das untere Ende positiv und das obere Ende negativ. Diese durch den Spannungsabfall entstehende negative Spannung geht über den 3.300 Ohm-Widerstand zur Basis des AC 126. Die negative Spannung an der Basis des AC 126

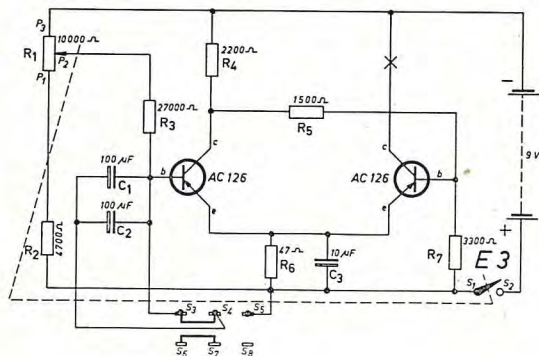


wird dadurch grösser. Der Transistor fängt an zu arbeiten, und es fliesst ein starker Strom durch die Kollektorleitung. Er fliesst auch über die Lampe zur negativen Seite der Batterie. Die Lampe leuchtet auf.

Was haben wir nun gezeigt? Ist die Basis eines Transistors negativ, dann fliesst durch den Transistor — vom Emitter zum Kollektor — ein Strom. Ausserdem haben wir gezeigt, dass ein Kupferdraht leitend ist. (Die Verbindung Basis — Kollektor).

E3 - ZEITSCHALTER

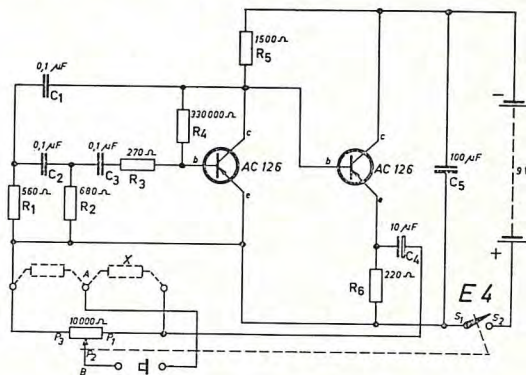
Befindet sich der Schiebeschalter in der Rechtsstellung, so sind die 100 μF Kondensatoren C1 und C2 über R1 und R3 an die Batterie angeschlossen. Die Kondensatoren werden dann aufgeladen. Während des Aufladens ist die Spannung an der Basis des rechten AC 126 so gross, dass durch die Kollektorleitung dieses Transistors ein recht kräftiger Strom fliesst und die Lampe brennt. Sobald die Kondensatoren C1 und C2 ganz aufgeladen sind, fängt der linke AC 126 an, Strom zu leiten. Der rechte AC 126 wird dann blockiert und die Lampe geht aus. Wird der Schiebeschalter nach links geschoben, schliesst Du die Kondensatoren wieder kurz und bereitest die Anlage für das nächste Aufleuchten vor.



E4 - UNIVERSAL - MESSEINRICHTUNG

Dieser Apparat setzt sich aus drei Teilen zusammen. Der linke Transistor AC 126 erzeugt den Ton, den Du hörst. Der rechte Transistor AC 126 verstärkt ihn. Das Potentiometer und der Normalwiderstand oder -kondensator zusammen mit dem nicht bekannten Widerstand oder Kondensator oder LDR bilden die sog. Messbrücke.

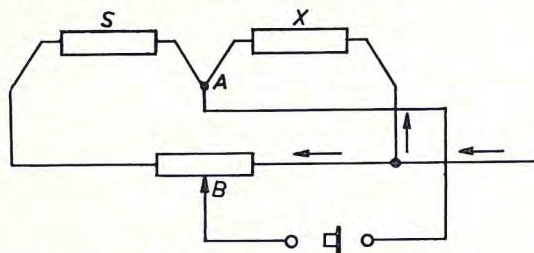
Zuerst die Tonerzeugung: Wir nehmen an, dass ein Wechselstrom an die Basis des linken AC 126 angeschlossen ist. Es fliesst dann auch ein Wechselstrom gleicher Frequenz durch die Kollektorleitung des AC 126. Dieser Strom wird zu einem Teil über die 0,1 μF Kondensatoren C1, C2 und C3 zu der Basis des AC 126 zurückgeführt, und der Transistor verstärkt erneut. Er arbeitet also selbständig weiter. Dieser Vorgang wiederholt sich aber nur dann immer wieder, wenn die vom Kol-



lektor zurücklaufende Spannung mit der an der Basis angenommenen Spannung in ihrer Grösse und Frequenz übereinstimmt.

Bei diesem Tongenerator, wie wir ihn nennen, wird die Tonhöhe durch die Auswahl der Kondensatoren C1, C2 und C3 und der Widerstände R1, R2 und R3 bestimmt. Schalten wir das Gerät ein, so fliesst immer ein kleiner Strom durch den AC 126. Dieser reicht aus, um den ganzen Vorgang auszulösen. Ein Teil des Kollektorstroms des linken AC 126 geht zu der Basisleitung des rechten AC 126, der dadurch einen verstärkten Kollektorstrom erzeugt.

Wenn ein Kollektorstrom fliesst, fliesst auch ein Emitterstrom. Ein Teil dieses Stroms wird über den 10 μ F Kondensator durch das Potentiometer geführt. Und hier beginnt der eigentliche Mess-Stromkreis.



Diesen Mess-Stromkreis haben wir getrennt in der Abbildung aufgezeichnet. Wir sehen, dass der Strom vom rechten AC 126 nach zwei Seiten fliesst, und zwar über das Potentiometer und auch über den unbekannten Widerstand und den Normalwiderstand. Es ergeben sich daraus Ströme wech-

selnder Spannung an den Punkten A und B. Nehmen wir an, der Normalwiderstand X und der unbekannte Widerstand S sind gleich. Nehmen wir weiter an, der bewegliche Kontakt des Potentiometers ist in der Mittelstellung so, dass der Widerstand auf seiner linken Seite dem auf seiner rechten entspricht. Was wissen wir dann über die Spannungen an den Punkten A und B? Sie müssen dann auch gleich sein. Der Kopfhörer wird zwischen die Punkte A und B angeschlossen. Wenn die Spannung bei A und B gleich ist, kann kein Strom durch den Kopfhörer fließen. Nun ersetzen wir den unbekannten Widerstand durch einen Widerstand anderen Wertes. Der durch diesen Widerstand geflossene Strom ist ein anderer und ebenfalls die Spannung am Punkt A.

Es besteht also ein Spannungsunterschied zwischen A und B, und wir hören im Kopfhörer einen Ton. Drehen wir den Potentiometerknopf, verändert sich die Spannung am Punkt B und auch der Spannungsunterschied zwischen A und B. An einem bestimmten Punkt entspricht die Spannung bei B wieder der bei A, und der Kopfhörer ist still. Was lernen wir daraus? Das Verhältnis zwischen dem Widerstand S (Normal Widerstand) und dem unbekannten Widerstand X, muss dem Verhältnis des Widerstandes der linken Seite des Potentiometers und dem Widerstand der rechten Seite des Potentiometers entsprechen. Die Skala auf dem Potentiometer ist so unterteilt, dass sie immer die Verhältnisse angibt. Zeigt der Knopf auf 2, so bedeutet dies, dass der Widerstand links vom beweglichen Kontakt doppelt so gross ist wie der Widerstand rechts vom Kontakt. Es bedeutet auch, dass der unbekannte Widerstand S doppelt so gross ist wie der Widerstand X.

EE 8 EE 8/20 EE 20

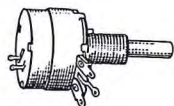
EE 8 EE 8/20 EE



12

9

21



1

—

1



1

—

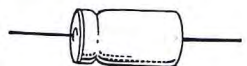
1



4

—

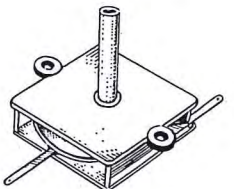
4



4

—

4



1

—

1



1

—

1



1

—

1



1

—

1

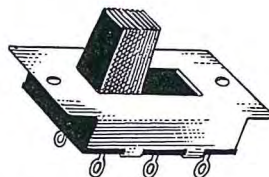
0A 79



1

—

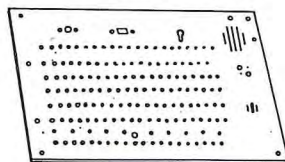
1



—

1

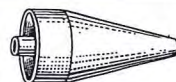
1



1

—

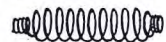
1



4

—

4



30

—

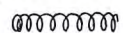
30



30

—

30



15

—

15



1

—

1



1

—

1



1

—

1

