

## WEITERES KOSMOS-LEHRSPIELZEUG

**ELEKTROMANN**, 120 elektrische Versuche, Best.-Nr. 62 - 1111.1

Mit diesem Kasten kommt jeder Junge hinter das Geheimnis vieler elektrischer Apparate. Für alle Versuche genügt uns als Stromquelle eine Taschenbatterie. Dann baut sich der Elektromann eine Anlage zur Beleuchtung seiner Uhr an seinem Bett, Signalanlagen für seine Eisenbahn, er studiert den Magnetismus und elektrische Ladungen, baut einen Lasthebemagnet, einen Kompaß, Galvanometer, Amperemeter, er weiß, wie man elektrischen Strom macht und was Wechselstrom bedeutet, daß überall, wo sich auf elektrischem Wege etwas bewegt, ein Elektromagnet dahintersteckt. So baut er sich eine Klingel mit Taster, ein elektrisches Geheimschloß, einen Elektrisierapparat, Elektromotor, Telefon und Telegraph, der richtige Punkte und Striche auf Morsestreifen macht. Weil diese Apparate wirkliche Arbeit leisten und nicht nur aussehen wie richtige Geräte, muß man auch technisch richtig bauen wie ein Elektromann.

**OPTIKUS und FOTOMANN**, 120 Versuche mit Spiegeln und Linsen, Best.-Nr. 62 - 2111.1

Mit Lichtstrahlen kann man die fabelhaftesten Sachen machen: Spiegel und Linsen helfen uns zu einem Blinkgerät, und mit dem selbstgebauten Mikroskop kann man kleinste Dinge, mit dem Fernrohr gar die Berge auf dem Mond sehen. Mit dem selbstgebauten Foto-Apparat fotografieren wir und lernen auch die Bilder entwickeln und Abzüge machen. Außer dem Bildwerfer baut der ausgelehrte Optikus noch einen Ohrenspiegel, entdeckt in seinem eigenen Auge einen „blinden Fleck“ und baut sich eine richtiggehende Rollfilm-Kamera. Alles, was er dazu braucht, ist im Kasten vorhanden.

**ALL-CHEMIST**, über 200 gefahrlose chemische Versuche, Best.-Nr. 62 - 3111.1

Wir eröffnen zum Anfang eine kleine Bonbonfabrik, lernen aber auch, was eine Säuer ist, woraus Seife besteht und wie man sie herstellt, daß Eisen in Zigarrenasche, Salat, Spinat und sogar im Blut sich findet. Wunderbare Versuche gibt es da: Farbige Flammen, Rezepte für Geheimschrifttinte, Brausepulver, Lichtpauspapier, Holzbeize, Feuerpulver, Mittel gegen Magenbrennen und Mückenstiche. Es kommt alles dran: Milch, Fette, Zucker, Obst — und selbst das Hühnerei wird chemisch untersucht.

**MIKROMANN**, 220 Entdeckungen mit Lupe und Mikroskop, Best.-Nr. 62 - 3211.1

An Hand des Anleitungsbuches tut sich der naturbegeisterten Jugend eine Welt von Wundern auf, von der sie bisher kaum eine Ahnung hatte. Das gesamte Rüstzeug für die 220 Versuche ist im Kasten vorhanden, einschließlich eines selbstzubauenden Mikroskopes von 110facher Vergrößerung. Man entdeckt die Pflanzenzelle mit Kern und Plasma, die Atmungsöffnungen der Pflanzenblätter, die zierlichen Formen der Pollenstäubchen, die oft absonderlichen Gestalten des Tier- und Pflanzenlebens in einem Wassertropfen, das heimliche Leben winziger Tiere in Haus und Hof, Garten und Feld, Bach und Tümpel, das mit unbewaffnetem Auge nicht wahrzunehmen ist, oder die im Schwanz einer Kaulquappe durch die Adern rollenden Blutkörperchen und vieles andere.

**DER JUNGE BAUTECHNIKER** baut genau nach der Wirklichkeit, Best.-Nr. 62 - 6111.1

Hier haben wir keinen gewöhnlichen Spielzeug-Baukasten, sondern eine Bauteilzusammenstellung mit kleinen naturgetreuen Mauersteinen, Balken und Dachelementen aus Plastik, die man fest ineinanderstecken kann. Damit arbeitet man maßstabsgerecht wie ein richtiger Maurer, und das unterhaltend geschriebene Anleitungsbuch erklärt genau, wie die Baumeister früher und heute technische Probleme lösten, z. B. das Errichten von Bögen, Gewölben usw. Kleine Brücken, Häuser oder Garagen können wir nach Plan oder Phantasie selbst konstruieren, und mit weiteren Steinen entstehen die herrlichsten Modelle nach beliebigen Bauplänen. Selbst das eigene Haus kann man jederzeit nachbauen.

**TECHNIKUS**, 170 einfache physikalische Versuche, Best.-Nr. 62 - 8111.1

Damit bauen wir eine Handspritze, eine Wäscheschleuder, eine Federkanone, Sekundenpendel, Thermometer, Kugellager, Windrad, eine Pumpe usw. usw. und endlich eine Dampfmaschine, die sich sogar wie eine richtige Lokomotive zischend in Bewegung setzt. Wer nicht glaubt, daß man Wasser in einem Topf aus Papier kochen kann, daß Eiszapfen in siedendem Wasser kalt bleiben und daß es vergeßliches Salz gibt, der mache schnell einmal die Versuche mit dem Technikus nach dem 64 Seiten starken Anleitungsbuch.

# RADIOMANN

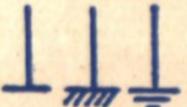
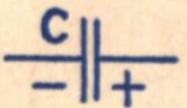
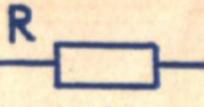
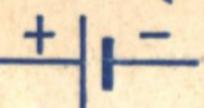
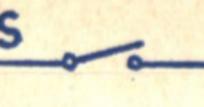
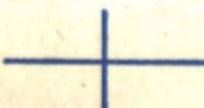
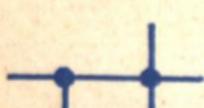
D.



Über 100 Versuche  
von der elektrischen Batterie  
bis zum selbstgebauten  
Fernempfänger für  
Jung und Alt  
von Dr. Wilhelm Fröhlich

## KOSMOS

FRANCKH VERLAG STUTTGART • LEHRSPIELZEUG

	Antenne		Spule
	Erde (Masse)		Spule mit Anzapfung
	Elektrolyt-Kondensator		Transformator
	Drehkondensator		Transformator (vereinfacht)
	Widerstand		Triode, direkt geheizt
	Potentiometer (regelbarer Widerstand)		Triode, indirekt geheizt
	Diode		Pentode, indirekt geheizt
	Transistor (B = Basis, E = Emitter, C = Collector)	$1\Omega$	= Widerstand von 1 Ohm
	Batterie	$1\text{k}\Omega$	= 1 Kiloohm = 1000 $\Omega$
	Schalter	$1\text{M}\Omega$	= 1 Megohm = 1000 $\text{k}\Omega$ = 1 000 000 $\Omega$
	Kopfhörer	$1\text{pF}$	= Kapazität von 1 Picofarad
	Leitungskreuzung ohne Verbindung	$1\text{nF}$	= 1 Nanofarad = 1000 pF
	Leitungskreuz mit fester Verbindung	$1\mu\text{F}$	= 1 Mikrofarad = 1000 nF = 1 000 000 pF
	Glühlampe	$1\text{MF}$	
			Allstrom
			Wechselstrom
			Gleichstrom

Vom Gebirg zum Ozean, alles hört der

# RADIOMANN

Über **100** Versuche

von der elektrischen Batterie bis zum selbstgebauten Fernempfänger für Jung und Alt

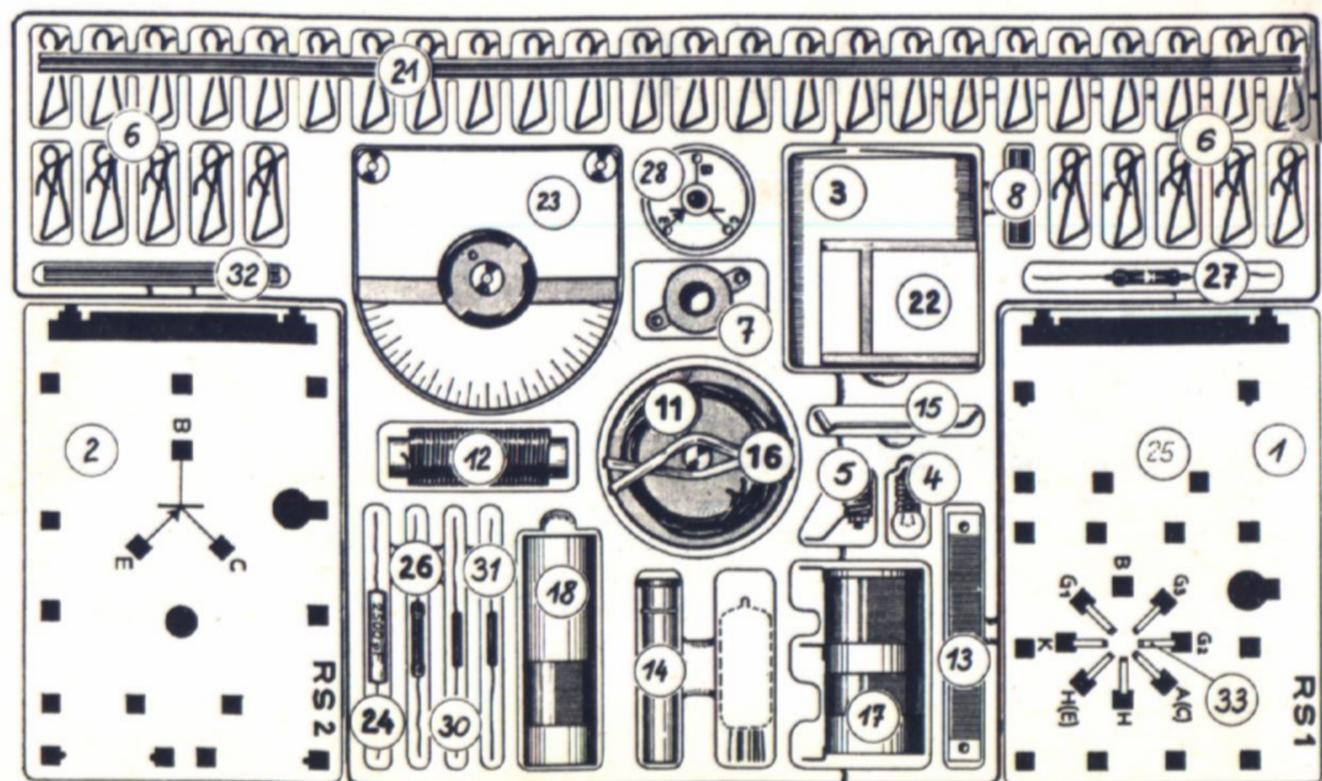
von Dr. WILHELM FRÖHLICH

15. Auflage  
1962



FRANCKH VERLAG STUTTGART

## RADIOMANN



Teil	Best.-Nr.	Teil	Best.-Nr.
1 Platte RS 1, komplett	62 - 1201.2	18 Rückkopplungsspule	62 - 1205.2
2 Platte RS 2	62 - 1201.7	21 2 Antennenstäbe	62 - 1201.3
3 Taschenlampenbatterie	48 - 1001.8	22 Gitterkondensator 100 pF	62 - 1208.2
4 Glühbirne	47 - 1001.8	23 Drehkondensator 50-500 pF	62 - 1206.2
5 Lampenfassung	62 - 1202.2	24 Telefonkondensator	62 - 1201.6
6 31 Klemmfedern	62 - 1202.7	25 Kopfhörerbügel	62 - 1205.7
7 Magnetspule	62 - 1203.2	26 Hochohmwiderstand 2 M $\Omega$ 0,25 W	62 - 1202.6
8 Eisenkern	62 - 1203.7	27 Diode	60 - 0033.6
11 Kopfhörer 2000 $\Omega$	62 - 1203.6	28 Transistor mit Halterung	62 - 1207.2
12 3 m Verbindungsdraht	60 - 0014.2	30 Widerstand 4,7 k $\Omega$ 0,25 W	60 - 0031.6
13 Widerstandstreifen	60 - 0011.2	31 Widerstand 47 k $\Omega$	60 - 0032.6
14 Eisenfeilspäne in Aluröhrchen	62 - 1210.2	32 2 Stahlstäbe	62 - 1202.3
15 Tasterfeder	62 - 1204.7	33 7 Verbindungsfedern	62 - 1240.7
16 Gummiband	60 - 4606.7	Anleitungsbuch	62 - 1261.6
17 Schwingkreisspule	62 - 1204.2		

In Verlust geratene Teile können vom Lieferanten dieses Lehrspielzeuges nachbezogen werden. Lieferung von Einzelteilen direkt vom Verlag erfolgt nur in Ausnahmefällen, und es können von dort nur Aufträge in Höhe von mehr als DM 5.— ausgeführt werden.

Bei Ersatzteilbestellungen bitte stets die Bestell-Nr. angeben und Bestellschein verwenden.

Im Zuge der Modernisierung der Fabrikationsmethoden kann sich die äußere Form der oben abgebildeten Einzelteile ändern. Der Inhalt der Fächer entspricht jedoch immer der Aufstellung.

Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart 1962. Alle Rechte, besonders das Übersetzungsrecht, vorbehalten. © Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart 1960. Zeichnungen von R. Misliwietz und Erich Haferkorn. Druck: Joh. Illig, Buch- und Offsetdruck, Göppingen.

## Winke für das Experimentieren

Lieber junger Radiotechniker!

Hunderttausende von Jungen und Mädchen haben bereits all die spannenden Versuche mit den KOSMOS-Lehrspielzeugen erfolgreich durchgeführt. Dies gibt dir die sicherste Gewähr dafür, daß jedes einzelne der sorgfältig erprobten Experimente gelingt und ohne Schwierigkeiten schon von 11jährigen ausgeführt werden kann, wenn alles genau beachtet wird, was in der Anleitung steht und insbesondere sämtliche Versuche von Anfang an der Reihe nach durchgenommen werden, ohne einen einzigen auszulassen.

Mit jedem Versuch — mag er auch noch so einfach erscheinen — werden nämlich wichtige Kenntnisse vermittelt, die erst das Verständnis der nachfolgenden schwierigen Experimente ermöglichen. Überschlage also im Anleitungsbuch nicht die ersten Seiten mit den leichten Experimenten, weil du glaubst, das meiste schon zu wissen was darin gesagt wird, sonst kommst du mit den komplizierten Modellen nicht zurecht. Klappt trotzdem einmal ein Versuch nicht, weil du vielleicht etwas übersehen hast, dann helfen erfahrungsgemäß meist die folgenden Ratschläge bei der Beseitigung des Fehlers:

1. Die Versuche gelingen nicht, weil kein ausreichender Kontakt zustande kommt:

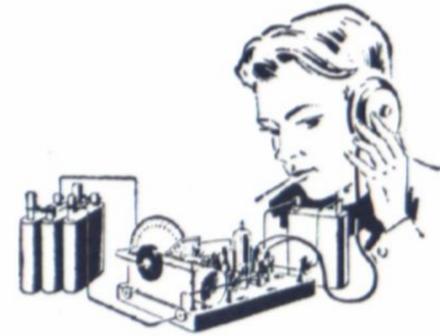
Nach sorgfältiger Entfernung der Isolierschicht am Ende der Verbindungsdrähte (siehe Versuch 2) muß das Drahtende genügend weit in die Klemmfeder eingesteckt werden, so daß es darin einen guten Halt findet (siehe Kapitel 4, Abb. c).

2. Kein Empfang mit dem Diodengerät:

Um mit dem Diodenempfänger einen guten Rundfunkempfang zu erzielen, ist eine Hochantenne erforderlich, wie im Versuch 41 beschrieben. Außerdem sollte der nächste Sender nicht weiter als 60 km entfernt sein. Der Antennendraht darf, sofern er nicht isoliert ist, die Hauswand oder Bäume nicht berühren. Der Draht für die Erdleitung muß guten Kontakt mit einem Wasserleitungs-, Gas- oder Zentralheizungsrohr haben, wie in Versuch 47 angegeben.

3. Ungenügende Empfangsleistung:

Läßt sich der gewünschte Rundfunksender mit dem Dioden-, Transistor- oder Röhrenempfänger trotz guter Antenne und Erdanschluß nicht einstellen, so hilft oft ein Umwechseln der Spulen oder die Veränderung der Schaltung des Drehkondensators entsprechend der Anleitung, um den Apparat auf die Wellenlänge des Senders abzustimmen (Versuch 45 und 109). An den Bau des Transistor- und Röhrenempfängers sollte nur herangegangen werden, nachdem alle vorausgegangenen Versuche gelungen sind. Beim Transistorempfänger zeigt starkes Rauschen im Kopfhörer an, daß der Transistor evtl. durch falschen Anschluß beschädigt wurde und vielleicht nicht mehr brauchbar ist. Am besten führt man dann die Prüfungen durch, wie sie in Versuch 56 und 61 beschrieben sind. Es zeigt sich dann sofort, ob der Transistor in Ordnung ist.



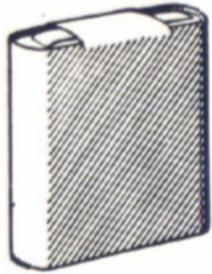
Radiomann ist der gelehrteste unter seinen Brüdern Elektromann, All-Chemist, Optikus, Technikus und Mikromann. Da sitzt er vor seinem schönen Gerät; in dem umgelegten Kopfhörer vernimmt er die Stimme ferner Länder, die er sich mit der Schwingkreisspule und dem Drehkondensator herausgesucht hat. Als planmäßig arbeitender Radiomann hat er zuerst die Taschenlampenbatterie und das zugehörige Lämpchen studiert. Dann hat er sich auf der Platte RS 2 einen kleinen Funkenerzeuger aus der Magnetspule und der Tasterfeder aufgebaut. Mit Verbindungsdraht und Klemmfedern ist er ja reichlich versehen. Der Funkenerzeuger zeigt ihm, zusammen mit der Feilspanbrücke, schon die Möglichkeit einer drahtlosen Sendung. Sein weiterer Weg führt ihn zum Diodenempfänger, mit dem er ohne Batterien Radiosendungen empfangen kann. Später baut sich der Radiomann sogar einen Empfänger, der mit einem Transistor, dem modernsten Hilfsmittel der Radiotechnik, arbeitet. Auch die Möglichkeit der Verstärkung mit einem Transistor lernt er kennen. Den Telefonkondensator und den glänzenden Gitterkondensator braucht er allerdings erst, wenn er später für das III. Kapitel eine geeignete Radioröhre hinzugekauft hat für seinen Röhrenempfänger.

Als gewissenhafter Forscher, wie es unser Radiomann nun einmal ist, hat er sich vorgenommen, nicht etwa gleich mit dem Bau eines Transistorempfängers zu beginnen, sondern vielmehr bedachtsam vorne anzufangen und einen Versuch nach dem anderen durchzuarbeiten, damit aus dem Radiomann ein tüchtiger Radiofachmann werde, der das, was er macht, auch wirklich versteht.

# I. Von der Batterie bis zum Diodenempfänger

## 1. Zuerst die Batterie

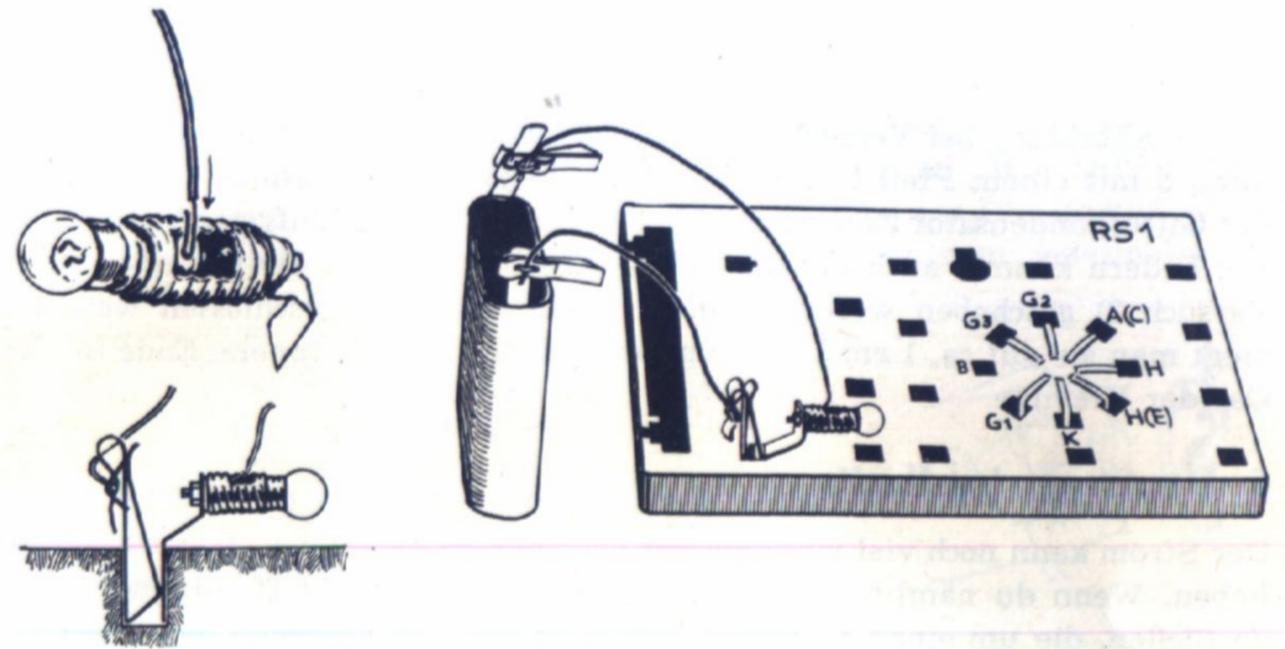
Die brauche ich dir nicht erst vorzustellen. Sicher ist sie dir von deinen bisherigen elektrischen Versuchen als treuer Stromlieferant bekannt. Nur wenn sie einmal alt geworden ist und ihren letzten Strom ausgehaucht hat, hast du sie nicht mehr geschätzt und vielleicht gar erbarmungslos zerlegt, um ihr Innerstes kennenzulernen. Unsere Batterie soll aber noch gut sein. Man sieht ihr zwar den Strom, den sie in sich birgt, nicht an. Du kannst aber einmal den Papierstreifen, der ihr vom Hersteller mitgegeben wurde, abreißen und die beiden Metallteile an die Zunge halten. Gleich spürst du den widerlich sauren Geschmack. Die Zunge als Stromanzeiger zu verwenden ist allerdings nicht gerade angenehm und könnte manchmal sogar gefährlich sein.



## 2. Der Strom wird fortgeleitet

Der Strom kann durch Drähte fortgeleitet werden. Der hierzu vorhandene Verbindungsdraht ist mit einer roten Isolierschicht überzogen, damit der Strom bei Berührung zweier Drähte nicht auf einen anderen Stromweg übergehen kann. Wir schneiden uns zwei 20 cm lange Stücke Verbindungsdraht ab. Damit der Strom an den Drahtenden ein- oder austreten kann, muß die Isolierhülle an den Enden auf etwa 1 cm Länge entfernt werden. Dies macht man so, daß man die Isolation an der gewünschten Stelle rund um den Draht mit einem Messer ankerbt und dann durch leichtes Drehen vollends löst. Nicht zu tief schneiden, da sonst der Draht angekerbt wird und später leicht bricht. Wir heben alle Drahtstücke, die wir für die Versuche abschneiden, nach Gebrauch sorgfältig auf. Für die späteren Versuche können wir sie immer wieder verwenden.

In der Abbildung ist der Strom nach einem etwas entfernt von der Batterie aufgestellten Lämpchen geleitet. Die Lampenfassung setzen wir mit ihrem Bügel in eines der quadratischen Löcher in der Platte RS 1. Wenn du nun in dasselbe Loch eine Klemmfeder mit dem Knick gegen den Lampenbügel einführst, wird die Lampe durch die Klemmfeder festgehalten. Das blanke Ende des einen Leitungsdrahtes wird an diese Klemmfeder angeschlossen. Das blanke Ende des zweiten Drahtes wird auf ca. 1 cm Länge umgebogen, oben an der Ausstanzung der Fassung zwischen diese und den Lampensockel geschoben und dann das Lämpchen festgeschraubt. Die beiden anderen Enden werden mit Hilfe von zwei Klemmfedern an die Batterie angeschlossen. Wie das gemacht wird, ist im Versuch 4 beschrieben.

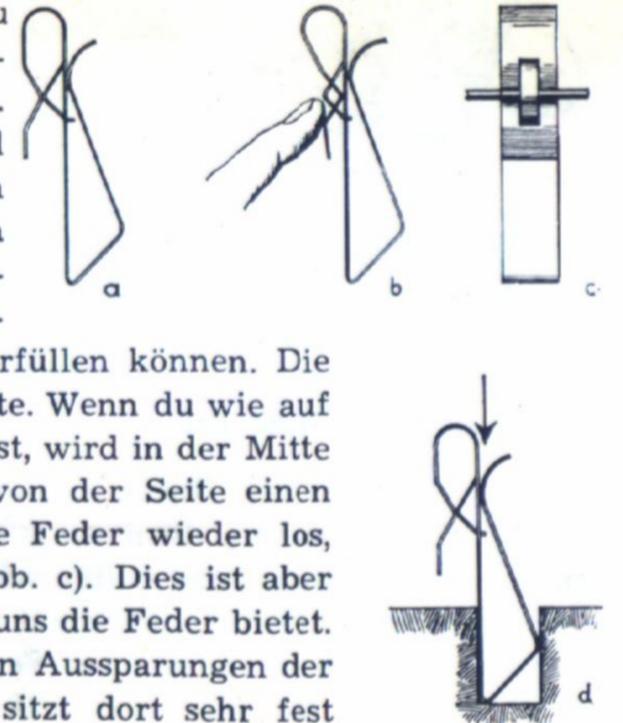


## 3. Der Strom braucht einen Hin- und Rückweg

Du siehst, wenn man einen Stromverbraucher — in unserem Falle das Lämpchen — an eine Stromquelle wie unsere Batterie anschließen will, braucht man immer zwei Leitungen. In der einen fließt der Strom zum Verbraucher, also unserem Lämpchen hin, in der anderen fließt er wieder zurück. Es entsteht auf diese Weise ein sogenannter Stromkreis, wie der Fachmann sagt. Wenn wir diesen Stromkreis an irgendeiner Stelle unterbrechen, wird unser Lämpchen ausgeschaltet.

## 4. Unsere Klemmfedern

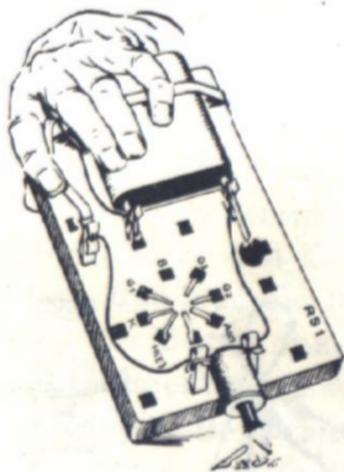
Um mit den Versuchen beginnen zu können, müssen wir zunächst die im Kasten enthaltenen Teile kennenlernen. Bei jedem Versuch in der Elektro- und Radiotechnik ist das Verbinden von Drähten miteinander oder mit anderen Teilen das Hauptproblem. Unser Radiomann enthält sehr praktische Klemmfedern, die alle möglichen Aufgaben erfüllen können. Die Abb. a zeigt diese Klemme von der Seite. Wenn du wie auf der Abbildung b auf die Klemme drückst, wird in der Mitte eine Öse freigegeben, durch die man von der Seite einen Draht durchstecken kann. Läßt du die Feder wieder los, wird der Draht fest eingeklemmt (Abb. c). Dies ist aber nur eine der vielen Möglichkeiten, die uns die Feder bietet. Sie kann in all die vielen quadratischen Aussparungen der beiden Platten gesteckt werden und sitzt dort sehr fest



(Siehe Abbildung bei Versuch 2). Zwischen den beiden Federenden, in Abbildung d mit einem Pfeil bezeichnet, kann die Schwingkreisspule Nr. 17 oder der Gitterkondensator 22 oder der Widerstandstreifen 13 aufgesteckt werden. Die Federn können auch auf die beiden Anschlußstreifen der Batterie (siehe Versuch 2) geschoben werden. Sollen dünne Drähte angeschlossen werden, biegt man sie auf ca. 1 cm Länge um und schiebt dieses doppelte Ende in die Öse der Klemme.

## 5. Der Strom hat Kraft

Der Strom kann noch viel mehr als nur leuchten; er kann auch schwere Lasten heben. Wenn du nämlich den Strom zwingst, durch viele Drahtwindungen zu fließen, die um einen Eisenstab gewickelt sind, so bekommt das Eisen in der Spule die Fähigkeit, andere Eisenstücke anzuziehen, es wird magnetisch. Wir schieben den Eisenkern 8 in die Magnetspule 7 und stecken diese auf zwei in die Platte RS 1 rechts außen eingesetzte Klemmfedern. Die Batterie wird mit ihren Anschlußfedern an zwei wie in der Abbildung eingesetzte



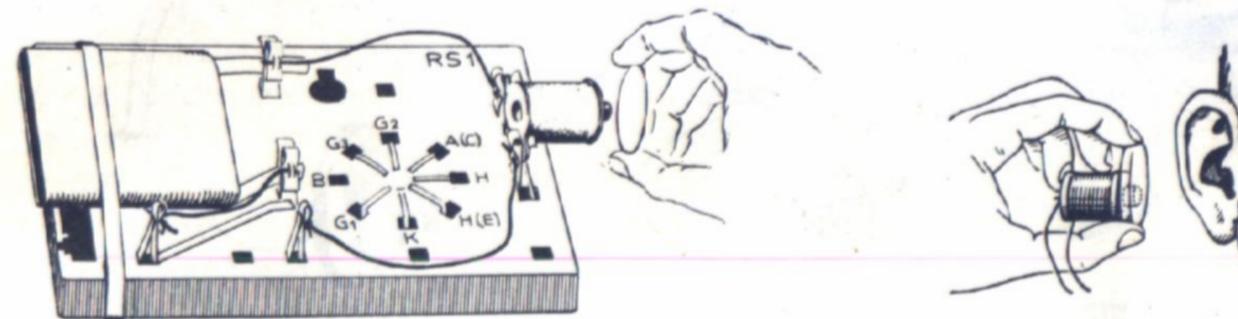
Klemmfedern angeschlossen. Vor der Batterie wird noch die Tasterfeder eingesetzt. Die Befestigung der Tasterfeder erfolgt wie bei Kapitel 2 für die Lampe beschrieben. Nähern wir dem Eisenkern irgendwelche kleine Gegenstände aus Eisen, wie Nägel u. dgl., so spüren wir, wie diese Teile angezogen werden. Noch schöner wird der Versuch, wenn wir die Platte samt Magnetspule und Batterie vom Tisch abheben und den auf dem Tisch liegenden Teilen nähern. Es ist drollig, wie diese Teilchen an dem Eisen hinaufhüpfen und es braucht ordentlich Kraft, um sie wieder vom Magnet wegzuziehen. Wenn du aber den Strom durch den Taster ausschaltest, fallen die Eisenteile sofort ab. Beim Einschalten hüpfen sie wieder

hinauf. Weil die Spule nur solange magnetisch ist, wie in ihr elektrischer Strom fließt, wird sie auch Elektromagnet genannt.

## 6. Wir hören den Strom

Zuerst haben wir den Strom mit der Zunge geschmeckt, dann haben wir sein Leuchten gesehen, dann seine Kraft bewundert und jetzt wollen wir ihn auch noch hören. Dazu halten wir einfach den Deckel oder den Unterteil einer kleinen Blechdose, wie sie in jedem Haushalt zu finden ist, an die Magnetspule, die genau wie bei Versuch 5 aufgebaut bleibt. Vorher muß du dich aber vergewissern, daß die Dose aus Eisenblech ist und wie in

Versuch 5 vom Magnet angezogen werden kann. Wenn der Strom eingeschaltet wird, zieht die Spule das Eisenblech ein wenig an. Wir halten die Platte hoch, damit die Spule mit dem Eisendeckel nahe ans Ohr kommt. Bei raschem Ein- und Ausschalten des Stromes vernimmt man jedesmal ein



Knacken. Dieses Knacken zeigt uns an, daß der Strom in der Spule fließt. Wir sind uns darüber im klaren, daß nur die Spule und die Blechscheibe den Hörer darstellen, die Grundplatte ist nur dazu da, einen stabilen Aufbau zu erreichen. Die rechte Abbildung zeigt uns den eigentlichen Hörer, der im Prinzip genauso aufgebaut ist wie unser Kopfhörer und jeder andere Hörer im Telefon usw.

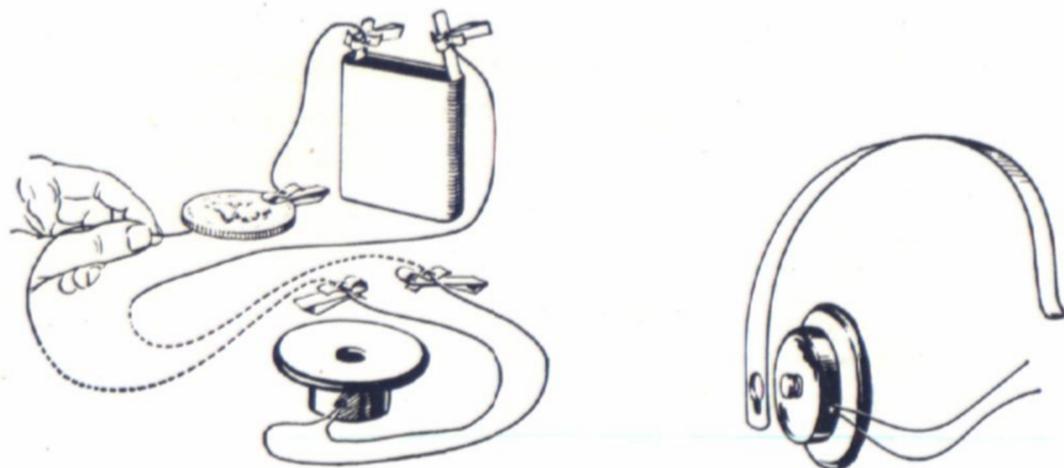
## 7. Der Kopfhörer

Wenn wir uns vornehmen, recht sorgfältig zu sein, können wir von unserem Kopfhörer den Deckel abschrauben. Wir sehen darunter eine runde Eisenblechscheibe, die von einem Magnet angezogen wird. Dieser Magnet ist allerdings aus besonderem Stahl gefertigt, und deshalb dauernd magnetisch. Darum hält das Eisenblech an dem Kopfhörer, wenn man es daran legt. Ziehst du es sorgsam nach der Seite weg, dann werden zwei Magnetspulen sichtbar. Wenn man durch die Anschlußleitungen den Strom der Batterie in diese Spulen sendet, wird der Magnet die Eisenblechscheibe noch mehr anziehen. Hält man die Öffnung des Kopfhörers ans Ohr, dann vernimmt man bei jedem Ein- und Ausschalten des Stromes ein deutliches Knacken.



## 8. Fernhören

Den Kopfhörer kann man auch als Telefonhörer oder Fernhörer bezeichnen. Wir können damit auf große Entfernung hören, wenn wir den Hörer ins Nebenzimmer bringen und von dort zwei lange Drähte ins Zimmer zur Batterie führen. Besonders hübsch wird das Knacken, wenn man den Strom zuerst an eine Nagelfeile oder an ein Geldstück mit geriffeltem Rand leitet und



mit dem einen Draht der Fernleitung leicht kratzend über die Unebenheiten fährt. In dem fernen Hörer vernimmt man das Kratzen sehr deutlich. Damit die Handhabung des Kopfhörers erleichtert wird, ist unserem Radiomann ein Bügel 25 beigelegt. Ihr habt ihn sicher schon entdeckt, als ihr die Platte RS 1 aus dem Kasten herausgenommen habt. Unter dieser Platte hat der Kopfhörerbügel seinen Platz. Die Schraube auf der Rückseite des Hörers wird von innen durch die große Bohrung im Bügel gesteckt und der Hörer dann nach unten gezogen. Zum Aufsetzen auf den Kopf biegt man den Bügel so weit wie nötig auseinander.

### 9. Wir übertragen einen Ton in die Ferne

Immer wenn ein Ton an dein Ohr kommt, verdankt er seine Entstehung einem rasch schwingenden Körper, sei es einer schwingenden Saite, wie bei der Violine oder einer schwingenden Zunge wie bei der Mundharmonika.



Es soll jetzt einmal ein Ton erzeugt werden. Wir zupfen an der langen Batteriefeder, so daß sie schwirrt. Der dabei entstehende Ton kann nicht gerade schön genannt werden. Nun leiten wir den Strom der Batterie durch den Hörer, indem wir den einen Draht des Hörers am kurzen Streifen der Batterie anschließen und den anderen ganz lose an die schwingende Feder halten. Das Summen der Feder überträgt sich auf den Telefonhörer als Ton.

### 10. Die Wasserbatterie

Unser Hörer ist imstande, noch recht schwache Ströme anzuzeigen. Selbst eine alte Taschenbatterie, die kein Lämpchen mehr zum Leuchten bringt, erzeugt noch ein kräftiges Knacken im Hörer. In den Batterien sind stets

zwei verschiedene Metalle in Säure oder eine Salzlösung gestellt und liefern dann den Strom. Ob ein Tischmesser mit einem Silberlöffel Strom liefert, oder eine Kupfermünze mit einer Silbermünze, oder ein Nagel mit einer Nickelmünze?

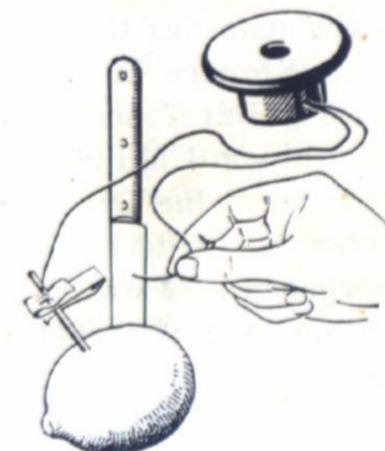
Der Nagel wird durch eine Klemmfeder mit dem einen Kabelende des Hörers verbunden und in etwas Kochsalzwasser eingetaucht. In dieses ist noch eine Kupfermünze gelegt. Wenn man mit dem zweiten Kabelende des Hörers kratzend über diese Münze fährt, hört man das durch die Stromstöße hervorgerufene kratzende Geräusch.



Sicherlich ist der Strom, der aus dem behelfsmäßig zusammengestellten Stromerzeuger (Kupfer-Kochsalz-Eisen) herauskommt, sehr schwach, wohl tausend Mal schwächer als er für ein Lämpchen erforderlich wäre. Der Hörer aber ist anscheinend imstande, noch äußerst schwache Ströme zu erkennen.

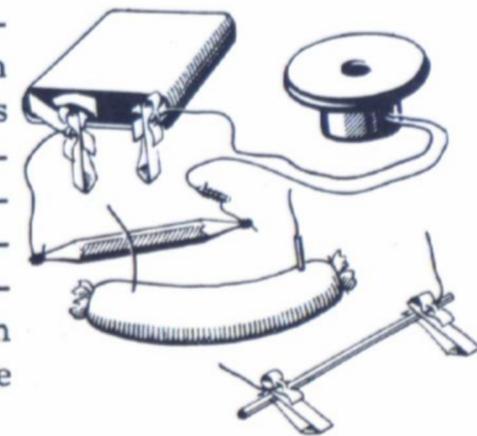
### 11. Die Zitronenbatterie

besteht aus einer Zitrone, in die man zwei verschiedene Metalle gesteckt hat, vielleicht ein Messer und ein Stück sauberen Kupferdraht. Der Hörer meldet Strom, der durch unser merkwürdiges Element erzeugt wurde.



### 12. Leiter und Nichtleiter

Durch Kupferdrähte geht der elektrische Strom sehr gerne hindurch, weniger durch Eisendraht, gar nicht durch eine Kerze. Durch manch andere Stoffe geht er nur in geringer Stärke hindurch, die aber trotzdem vom Hörer angezeigt wird. Wir untersuchen also mit dem Hörer die nachstehenden Dinge auf elektrische Durchlässigkeit: Frisches Obst, eine Wurst, einen trockenen und einen nassen Faden, ein Zündhölzchen und auch noch einen Bleistiftkern. Dabei ist der Strom der Batterie einerseits in den Gegenstand hinein und andererseits aus dem Gegenstand heraus in den Hörer hinein und von dem Hörer in die Batterie zurückzuleiten.



### 13. Der leitende Bleistiftstrich

Wir haben im vorhergehenden Versuch gesehen, daß der Grafitkern eines Bleistiftes recht gut leitet. Die große Empfindlichkeit des Hörers ermöglicht uns sogar, noch äußerst schwachen Strom zu erkennen, der durch einen kurzen Bleistiftstrich hindurchgeleitet wird. Der Strich wird durch mehrmaliges Überfahren mit einem weichen Bleistift auf weißem Papier hergestellt. Namentlich sollen die Enden recht gut schwarz gemacht werden,



damit die Klemmfeder gute Verbindung mit dem Bleistiftstrich bekommt. Der Versuch zeigt, daß ein solcher Strich noch leitet. Allerdings ist der Strich für den Durchgang des Stromes ein großes Hindernis. Man sagt, er leistet dem Durchgang des Stromes großen Widerstand.

Später, wenn wir einmal dem Strom einen Weg von sehr großem Widerstand bieten wollen, erinnern wir uns an diesen Versuch und leiten den Strom durch einen solchen Bleistiftstrich.

### 14. Die Größe des Widerstandes wird angegeben in Ohm ( $\Omega$ )

so wie man das Gewicht eines Körpers in Gramm angeben kann, von größeren Körpern in Kilogramm oder von besonders gewichtigen Dingen in Tonnen. Eine Tonne = 1000 kg zu je 1000 g, also entspricht eine Tonne einem Gewicht von 1 Million Gramm.

Auch der feine Draht in der Drahtspule des Kopfhörers setzt dem Strom Widerstand entgegen. Dieser Widerstand ist auf dem Gehäuse des Hörers angegeben zu 2000 Ohm. Der Widerstand des Bleistiftstriches ist mindestens fünfhundertmal größer, er beträgt etwa 1 Million Ohm oder wie man dafür auch sagt, 1 Megohm.

Der in dem Kasten enthaltene Hochohmwiderstand 26 trägt seinen Namen zu Recht, denn sein Widerstand beträgt 2 Megohm ( $2\text{ M}\Omega$ ).

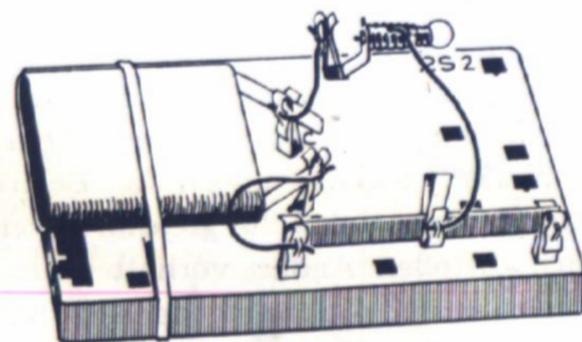
Der Strom kann nach dem Durchfluß durch diesen Hochohmwiderstand im Hörer nur ein sehr schwaches Knacken hervorrufen. Wir prüfen auch die Stärke des Stromes nach dem Durchgang durch den Widerstand 30, der 4700 Ohm ( $4,7\text{ k}\Omega$ ) hat und durch den Widerstand 31, der 47 000 Ohm ( $47\text{ k}\Omega$ ) besitzt.

Die Begriffe Ohm ( $\Omega$ ) Kiloohm ( $\text{k}\Omega$ ) und Megohm ( $\text{M}\Omega$ ) werden uns immer wieder begegnen.

### 15. Ein Regulierwiderstand

Auch der Draht auf dem Widerstandstreifen bietet dem Strom ziemlich viel Widerstand. Dies sieht man am besten, wenn man den Strom der Batterie in

das Lämpchen leitet, ihn aber zuvor den Widerstandsdraht durchlaufen läßt. Den Widerstandstreifen stecken wir auf zwei  $7\frac{1}{2}$  cm voneinander entfernt in der Platte RS 2 stehende Klemmfedern. Man kann eine dritte Klemmfeder von oben auf den Widerstandstreifen aufstecken und durch einen weiteren Draht mit dem Lämpchen verbinden. Durch Verschieben dieser Klemmfeder kann man die Leuchtstärke des Lämpchens verändern. Wir benützen jetzt Platte RS 2, weil wir die auf der anderen Platte aufgebaute Magnetspule im nächsten Versuch wieder brauchen.



Daß der Strom geschwächt ist, sieht man auch daran, daß es viel schwächere Funken gibt, wenn man den Strom an einer Stelle etwa zwischen Batterie und Lämpchen unterbricht. Man könnte den Widerstand auch dazu brauchen, einen etwa vorhandenen kleinen Elektromotor schneller oder langsamer laufen zu lassen.

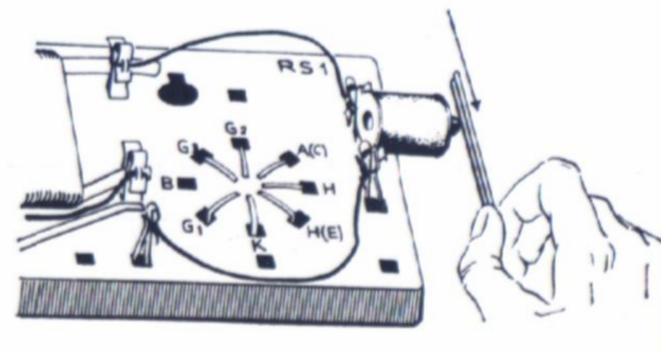
### 16. Auch die Magnetspule hat Widerstand

Dies merkt man, wenn man anstelle des Widerstandstreifens die Magnetspule in die Lämpchenleitung einschaltet, so daß der Strom zuerst durch die Spule und dann durch das Lämpchen gehen muß. Das Lämpchen leuchtet sehr viel weniger, der Strom ist also geschwächt worden. Wenn man sich aber der winzigen Funken erinnert, die beim Unterbrechen des Stromes im vorhergehenden Versuch entstanden sind, so merkt man jetzt, daß sie durch die Spule nicht geschwächt wurden, sondern eher kräftiger geworden sind. Dies ist irgendwie merkwürdig.

In einer Stromleitung, in die eine Spule eingeschaltet ist, gibt es immer kräftigere Funken als ohne Spule, woran wir uns im übernächsten Versuch erinnern wollen.

### 17. Von Stahlstiften und einem Elektromagnet

Für die folgenden Versuche benötigen wir die zwei Stahlstifte 32. Wir machen sie magnetisch, indem wir sie mehrmals der ganzen Länge nach über den noch von Versuch 5 her auf der Platte RS 1 befindlichen Elektromagnet ziehen. Wir nehmen beide Stahlstifte dicht



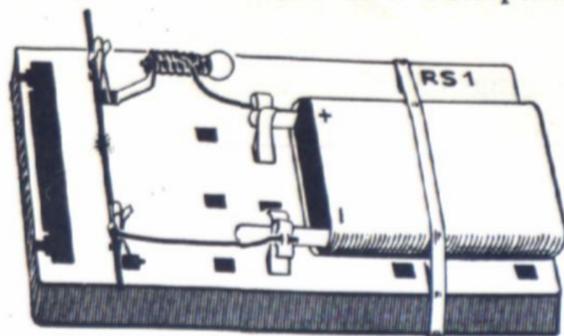
nebeneinander in die Hand, fahren damit der ganzen Länge nach über den Eisenkern des Elektromagneten, heben die Stifte ab und kehren in einem Bogen durch die Luft zum Ausgangspunkt zurück. Wir bestreichen die Stäbe etwa zwanzigmal in dieser Weise, also immer nur in einer Richtung, wobei natürlich der Stromkreis geschlossen, die Tasterfeder also gedrückt sein muß. Wir werden dann beobachten, daß die durch das Bestreichen magnetisch gewordenen Stäbe nicht mehr nebeneinander liegen wollen, wenn wir sie auf den Tisch legen, sondern das Bestreben haben, einander auszuweichen. Das kommt daher, daß die gleichartig oder gleichnamig magnetisierten Stabenden sich abstoßen. Anders verhalten sich die Stahlstifte, wenn man den einen umdreht, so daß die entgegengesetzt magnetisierten Enden nebeneinander liegen, jetzt werden die vorher auseinanderstrebenden Stifte sehr anhänglich. Ebenso gut könnt ihr diesen Versuch mit Stricknadeln aus Stahl machen. Nach dem Magnetisieren rollen die beiden Nadeln auseinander. Wenn ihr die eine Stricknadel der andern nähert, wird diese, ehe es zur Berührung kommt, davonrollen, und ihr könnt so eine lustige Jagd über den ganzen Tisch machen.

### 18. Die Feilspanbrücke, unsere erste Funkfernsteuerungsanlage

Die beiden magnetisierten Stahlstifte sollen uns helfen, eine luftige Hängebrücke aus Eisenfeilspänen zu bilden. Wir stecken die Stifte durch die Ösen von zwei Klemmfedern, die in den Ecken der Platte RS 1 wie in der Abbildung eingesetzt sind und zwar so, daß sich die Enden der Stifte in etwa 2 mm Abstand gegenüberstehen. Wichtig ist, daß sich jetzt zwei Enden, die sich vorher magnetisch angezogen hatten, gegenüberstehen.

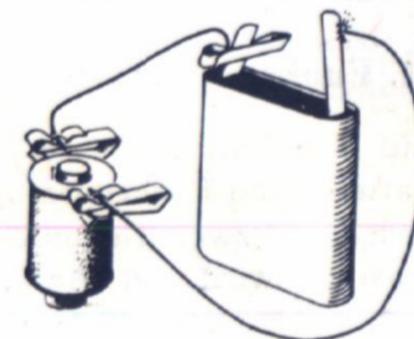
Lämpchen, Batterie und Feilspanbrücke werden, wie im Bild gezeigt, verbunden. Bei der Feder links unten wird der Draht wie im Bild d bei Versuch 4 eingeklemmt. In den Zwischenraum zwischen den Stiften, der etwa ein oder zwei Millimeter betragen sollte, bringen wir soviel Eisenfeilspäne aus unserem Aluminiumröhrchen 14, bis diese eine zusammenhängende Brücke bilden,

durch die der Strom zum Lämpchen hinüberkann. Das Lämpchen wird wahrscheinlich ganz schwach leuchten. Wenn man durch Klopfen an der Grundplatte die Späne erschüttert, oder die Stifte etwas bewegt, wird ihr Zusammenhang so locker und dabei der Strom durch den größeren Übergangswiderstand so geschwächt, daß das Lämpchen erlischt. Wie diese Anordnung als Fernsteuerungsempfänger arbeitet, sehen wir im nächsten Versuch.



### 19. Warum Rundfunk?

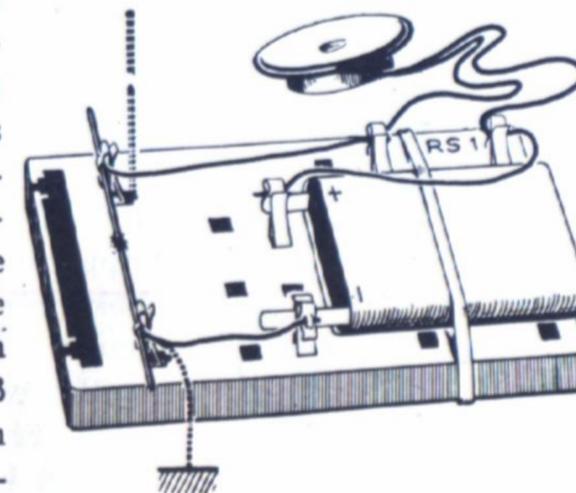
Wenn wir unsere mit Eisenkern versehene Magnetspule am einen Pol einer zweiten hierfür beschafften Batterie fest anschließen und mit dem zweiten Anschlußdraht die andere Batteriefeder kurz berühren, so beobachten wir beim Wegziehen des Drahtes einen kleinen Funken. Wenn wir diesen Funken ganz nahe bei der Feilspanbrücke erzeugen, ereignet sich etwas Merkwürdiges: Sobald der Funken überspringt, leuchtet das Lämpchen auf. Dies ist sonderbar, denn es besteht zwischen dem Funkenerzeuger und der Feilspanbrücke gar keine Verbindung. Wir erleben hier zum ersten Mal, daß ein Apparat von einem anderen beeinflusst wird, ohne daß eine Drahtverbindung zwischen beiden besteht. Dies ist eben die Eigentümlichkeit und das Wunderbare des Radios oder des Rundfunks! Rundfunk heißt es, weil in den ersten Anfängen der drahtlosen Nachrichtenübertragung der Funke eine große Rolle gespielt hat. Auch jetzt ist an dem Batteriestreifen ein kleiner Funke entstanden und dieser hat auf die Feilspanbrücke eingewirkt. Der Funkenapparat war der Radiosender, die Feilspanbrücke war der Empfänger. Das Lämpchen läßt sich bis zu einer Entfernung von etwa 50 cm ferngesteuert einschalten.



Durch den Funken am Sender entsteht in seiner Umgebung eine äußerst feine Erschütterung, eine elektrische Welle, und diese beeinflusst den Widerstand der Feilspanbrücke.

### 20. Rundfunk-Hörempfang

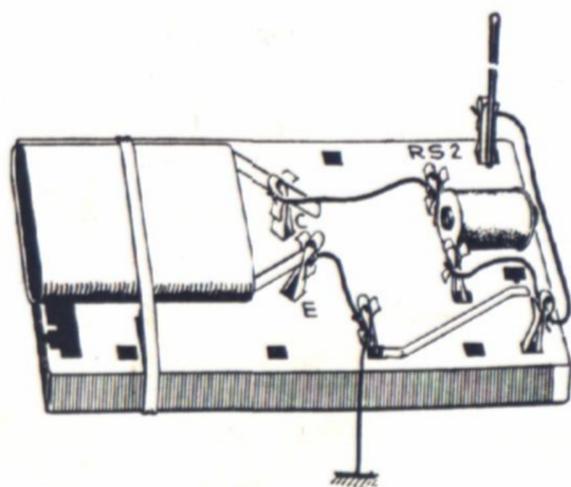
Es ist bei unseren Versuchen über den Funkempfang Nebensache, dabei etwas zu sehen, Hauptsache ist vielmehr, daß wir etwas hören und daß auch die Sendungen unseres Funkenerzeugers hörbar werden. Dazu sind die Leitungen, die zum Lämpchen führen, statt mit diesem, mit dem Hörer zu verbinden. Dann hört man, beim Überspringen eines Funkens an der Batterie des Funkenerzeugers vom vorhergegangenen Versuch, im Hörer des Feilspanempfängers ein deutliches Knacken, ohne daß zwischen den beiden Geräten eine Drahtverbindung besteht. Wenn man den Versuch wiederholen will, muß man vorher die Feilspanbrücke durch Klopfen am Grundbrett erschüttern, da-



mit durch die Lockerung der Feilspäne der alte Widerstand wieder hergestellt wird. Immer nimmt man den Funken als ein Knacken im Hörer wahr. Weil der Telefonhörer auf sehr schwache Ströme anspricht, genügt für diesen Empfänger eine alte, fast ausgebrauchte Taschenlampenbatterie. Die gute, frische Batterie brauchen wir ja für die Erzeugung des Funkens.

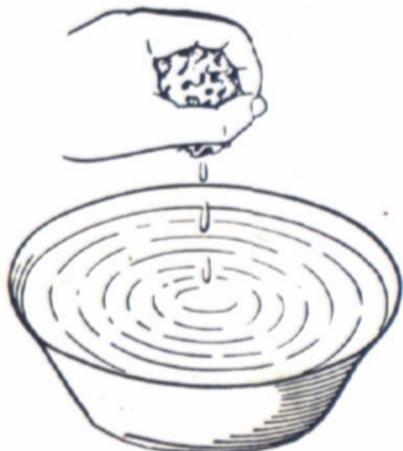
## 21. Funken am Taster

Auf der Platte RS 2 unseres Kastens bauen wir Magnetspule, Taster und Batterie zum Funkenerzeuger auf. Die Magnetspule wird wieder wie im Versuch 5 auf zwei Klemmfedern gesteckt. In der rechts hinten liegenden Aussparung wird ein Antennenstab 21 mit Hilfe einer Klemmfeder befestigt. Als Gegenstück zur Antenne wird an der linken Klemme des Tasters



ein ebenfalls 40 cm langer abgeschrittener Verbindungsdraht angeschlossen, der lose über den Tischrand nach unten hängt. Der Taster kommt auf die rechte vordere Seite der Platte RS 2 und ergibt beim Niederdrücken einen Kontakt mit der rechten Klemmfeder. Die Batterie legen wir in die Mitte der Platte und befestigen sie mit dem Gummiband 16. Drückt man auf die Tasterfeder, so fließt der Strom durch den

Taster nach der Spule. Beim Loslassen entsteht an der Tasterfeder ein winziger Funke. Die Wirksamkeit dieses Funkenerzeugers soll nun sofort an unserem Feilspanempfänger erprobt werden. Wir stellen den Funkenerzeuger links neben die Feilspanbrücke. Während wir den Hörer ans Ohr halten, lassen wir durch einen Freund einmal auf die Tasterfeder drücken. Beim Loslassen entsteht wieder der kleine Funke, den wir jetzt im Hörer als Knacken vernehmen.



## 22. Wellentheorie im Waschbecken

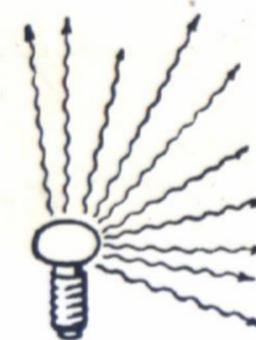
Um die geheimnisvolle Fernwirkung unserer Apparate zu verstehen, die wir bisher uns unbekanntem elektrischen Wellen zuschrieben, wollen wir zuerst einmal richtige Wellen, Wasserwellen erzeugen. Wenn uns nicht zufällig ein See zur Verfügung steht, in den wir einen Stein werfen könnten, erzeugen wir Wasserwellen im

Waschbecken. Aus einem nassen Schwamm lassen wir einzelne Tropfen auf die Mitte des Wasserspiegels fallen. Wir beobachten, wie von der getroffenen Stelle aus eine kreisförmige Welle sich ausbreitet, die rasch größer wird und zum Rande läuft. Diese allseitige gleichmäßige Ausbreitung ist eine Eigentümlichkeit aller Arten von Wellen.

In einem Teich kannst du beobachten, daß die Wellen in einer Sekunde 2 Meter zurücklegen. Wasserwellen breiten sich also mit einer Geschwindigkeit von 2 Metern in der Sekunde aus. Wenn dein Freund die Hände zusammenschlägt, erzeugt er eine, allerdings unsichtbare, Lufterschütterung, die sich als Schallwelle ebenfalls nach allen Seiten ausbreitet und schließlich an dein Ohr kommt. Schallwellen sind eine Wellenbewegung der Luft, die ja viel dünner ist als Wasser. Dementsprechend ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen größer, nämlich 333 Meter in der Sekunde.



Wenn du mit Batterie und Lämpchen in die Nacht hinausgehst und dein Lämpchen auch nur einen kurzen Augenblick aufleuchten läßt, so wird dieses Aufleuchten von zufälligen Beobachtern auf viele hundert Meter Entfernung sofort wahrgenommen. Wenn irgendwo etwas leuchtet, gehen von dieser Lichtquelle eine dritte Art Wellen nach allen Seiten aus, eben die Lichtwellen. Wie die Schallwellen eine Erschütterung der Luft darstellen, die sich nach allen Seiten fortpflanzt, so sind die Lichtwellen eine Erschütterung des überall im Raum vorhandenen, sogenannten elektrischen Feldes. Weil sich auch die anziehenden Wirkungen eines Magneten unsichtbar über dieses Feld hin bemerkbar machen, spricht man auch von einem elektromagnetischen Feld.



Dieses elektromagnetische Feld ist überall vorhanden, auch im leeren Welt- raum, in der Luft und in festen Dingen. Dieses Feld macht es möglich, daß von der Sonne aus Lichtwellen durch den Weltraum bis zu uns gelangen können. Weil es nicht aus irgendeiner Materie besteht, wie etwa Wasser oder Luft, kann es viel rascher in Schwingung versetzt werden als die verhältnismäßig dicke Luft. Die Lichtwellen breiten sich daher ungleich rascher aus als die Luftwellen. Die Lichtwellen haben nämlich eine Geschwindigkeit von nicht weniger als 300 Millionen Meter in der Sekunde. Weißt du wie weit ein



Weg von 300 Millionen Meter ist? Das ginge in einer Sekunde  $7\frac{1}{2}$  mal am Äquator um die Erde herum. Kannst du dir das vorstellen?

### 23. Eine seltene Naturerscheinung

Das kommt sicher nicht alle Tage vor, daß ein Blitz nicht weit von einem Boot entfernt in einen See einschlägt. Der Mann in dem Boot wird wohl nicht



übel erschrocken sein. Vielleicht hat er gar nichts vom Gewitter bemerkt, sonst wäre er nicht auf dem See geblieben. Vielleicht hat er geschlafen und erst das Schaukeln des Bootes durch die Wasserwellen, wahrscheinlich aber der Donnerschlag hat ihn geweckt, das

will heißen, die Schallwellen des Donners.

Als erstes Anzeichen des Gewitters müßte er eigentlich den grellen Lichtschein des Blitzes wahrgenommen haben, d. h. eine Lichtwelle wäre in sein Auge gelangt. Durch drei Arten von Wellen hat er von dem Ereignis Kunde erhalten:



1. Durch die Wellen des Wassers
2. Durch Schallwellen der Luft
3. Durch die elektromagnetischen Wellen des Lichts.

Weil der Blitz ein großer elektrischer Funke ist, ging von ihm eine vierte Wellenart aus, die wir nicht wahrnehmen können. Dies ist ebenfalls eine elektromagnetische Welle wie das Licht, die sich darum mit der gleichen unfassbaren Geschwindigkeit von 300 Millionen

Meter in der Sekunde ausbreitet. Aber der gute Mann merkte von dieser elektrischen Welle gar nichts, weil er kein Empfangsorgan für diese Art Wellen mit auf die Welt bekommen hat.

Als Empfangsorgan für Schallwellen dient uns bekanntlich das Ohr und der Empfangsapparat für Lichtwellen ist unser Auge, das uns täglich



die wunderbarsten Genüsse vermittelt. Kannst du dir vorstellen, wie ein Mensch der Zukunft aussehen würde, wenn die Natur ihm auch ein Organ für elektrische Wellen mitgeben würde? Sind die Fühler der Insekten vielleicht Radioantennen?

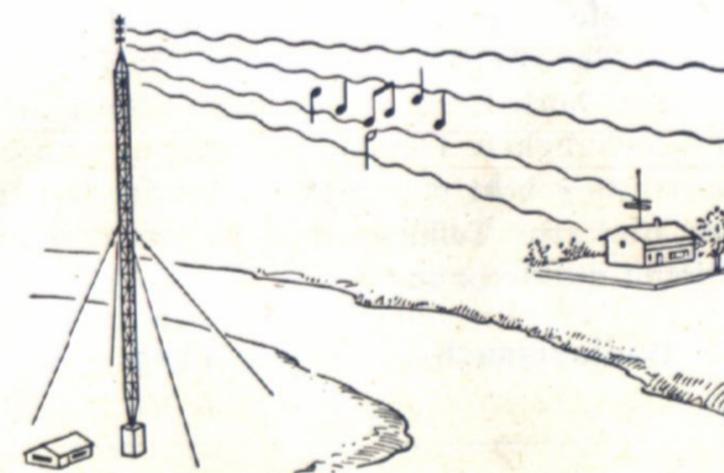
### 24. Wer hat die elektrischen Wellen entdeckt?

Weil die Menschen kein Organ für die Wahrnehmung elektrischer Wellen haben, hatten sie von ihrem Vorhandensein keine Ahnung. Und doch hat es wohl schon von Anfang der Dinge an elektrische Wellen gegeben, weil eben jeder Blitz solche elektrischen Wellen erzeugt. Die elektrischen Wellen waren vorhanden, aber sie mußten zuerst entdeckt werden. Diese Entdeckung gelang im Jahre 1888 dem damaligen Professor Heinrich Hertz in Karlsruhe, dessen Name dadurch unsterblich wurde.



### 25. Elektrische Wellen tragen Musik in jedes Haus

Die elektrischen Wellen, die Heinrich Hertz mit kleinen Funken erzeugte, reichten wie die bisher von uns benutzten, nur wenige Meter weit. Heinrich Hertz ist im Alter von 36 Jahren gestorben, ohne zu wissen, welche ungeheure Entwicklung seiner Entdeckung beschieden sein werde. Wenn er nur heute sehen könnte, was aus seiner Entdeckung geworden ist. Heute tragen die Wellen über ganze Erdteile hinweg Musik und Belehrung in jedes Haus.

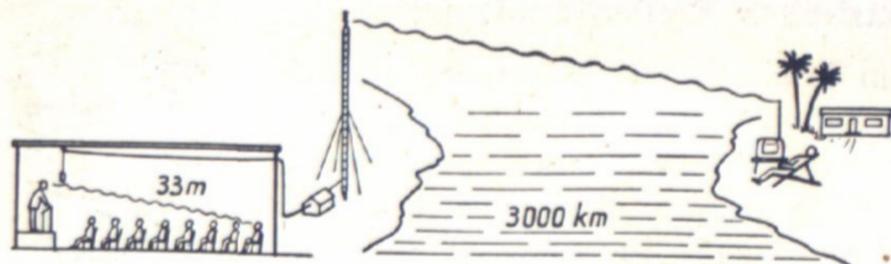


### 26. Ein Wunder wird erklärt

Du hast dich schon gewundert, daß die Radiowellen der großen Sender über ganz Europa hin oder gar bis Amerika und Ostasien reichen, ja den ganzen Erdball umspannen. Vergleiche damit die Wasserwellen, die durch einen Stein verursacht werden und die in 20-30 Meter Entfernung schon verflacht sind. Ein Knall, also eine Schallwelle, die eine rund 100mal größere Ausbreitungsgeschwindigkeit hat, wird vielleicht noch in 2000—3000 Meter Entfernung gehört werden. Für eine elektrische Welle mit 300 Millionen Meter oder 300 000 Kilometer Geschwindigkeit pro Sekunde ist es ein Leichtes, einige tausend Kilometer zurückzulegen, bevor ihre Kraft erschöpft ist.

### 27. Etwas für gute Rechner

Ein Redner spricht in einem Saal von 33 Meter Länge und seine Rede wird durch Radio übertragen in einem Landhaus in Afrika in 3000 Kilometer



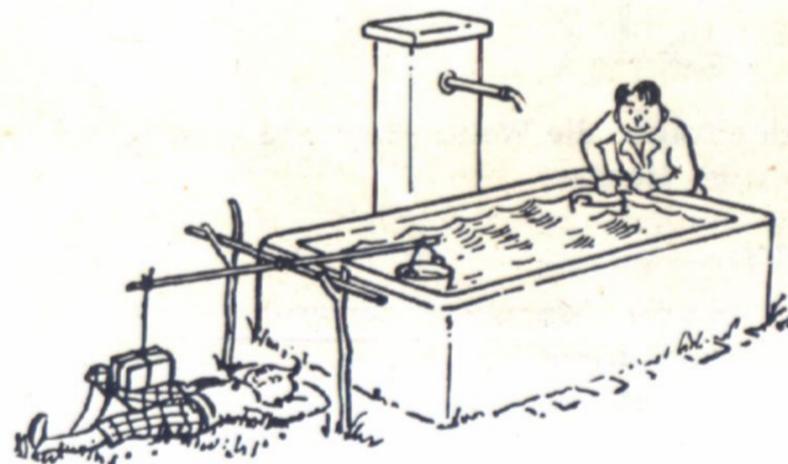
Entfernung gehört. Rechne nun aus: Wie lange braucht die Schallwelle, um zu einem auf dem hintersten Platz des Saales sitzenden Zu-

hörer zu gelangen, und welche Zeit von der Radiowelle bis nach Afrika gebraucht wird.

Die Schallwelle hört man im Saal offenbar in 33 Meter : 330 Meter pro Sekunde =  $\frac{1}{10}$  Sekunde. Die Rechnung für die Radiowellen sieht so aus: 3 000 km = 3 Millionen Meter : 300 Millionen Meter =  $\frac{1}{100}$  Sekunde.

Mit Hilfe der Radiowellen sind also die Worte in Afrika angelangt, bevor der Zuhörer in einem Saal, etwa in Berlin, die Worte des Redners hört. Könnte man die Radiowellen und die Schallwellen in ihrer Geschwindigkeit 100mal verlangsamen, so würden sie nach einer Sekunde in Afrika gehört, aber erst 9 Sekunden später, also in der 10. Sekunde würde der hinterste Teilnehmer der Versammlung ebenfalls die Worte hören. Stimmt die Rechnung?

## 28. Radioversuch am Brunnentrog



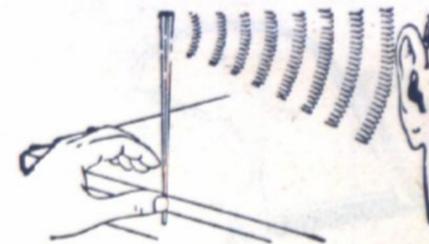
Das hast du wohl auf den ersten Blick verstanden, wie Max und Moritz einander mit Wellenübertragung Zeichen geben. Max taucht den Wasserkessel in der einen Ecke eines Brunnentroges taktmäßig auf und nieder und erzeugt dadurch Wellen. In der anderen Ecke schwimmt ein gleicher Kessel, der zum Teil mit Wasser

gefüllt wurde, damit er nicht umkippt. Durch die Wellenbewegung des Wassers beginnt dieser zweite Kessel ebenfalls auf und ab zu tanzen und seine Bewegung bringt Freund Moritz zum Bewußtsein, daß Max ihn zu sprechen wünscht.

## 29. Luftwellensender

Damit im Wasser Wellen entstehen, mußte man den Kessel langsam auf- und abbewegen. Wollte man in der viel dünneren Luft Wellen erzeugen,

müßte die Bewegung 100mal rascher sein, wohl etwa 300mal in der Sekunde. Eine schwirrende Stricknadel erzeugt solche Luftwellen, die an unser Ohr gelangen und das zarte Trommelfell erschüttern. Wir hören das Summen. Das Ohr ist eben der Empfangsapparat für Luftwellen, und es ist sehr einleuchtend, daß die Wasserwellen dem Ohr wenig Eindruck machen oder daß die Luftwellen unserer schwirrenden Stricknadel niemals einen Wasserkessel zum Tanzen bringen könnten.

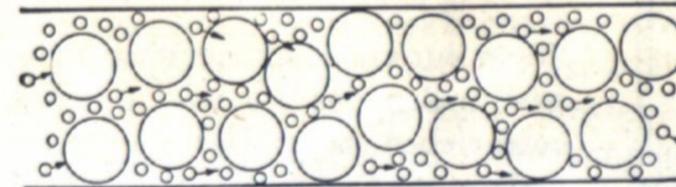


Wir merken schon:

Die Wellen werden erzeugt durch schwingende Bewegungen von Körpern, sie können dann wieder Körper zum Schwingen bringen, die aber etwa von gleicher Größe und Art sein müssen wie der Körper, der die Schwingung erzeugte.

## 30. Sender für elektrische Wellen

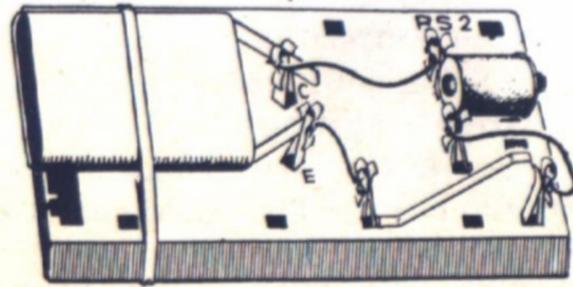
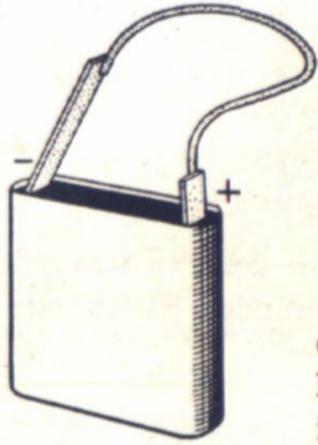
Um in der dünnen Luft Wellen zu erzeugen, mußte also der Körper viel rascher schwingen als ein Körper, der Wellen in dem viel dichteren Wasser hervorruft. Damit in dem noch unsagbar viel leichter beweglichen elektromagnetischen Feld Wellen entstehen, muß ein Körper einige hunderttausendmal in der Sekunde schwingen. So rasche Schwingungen kann kein Körper ausführen. Einzig die ungeheuer kleinen Bestandteile der Atome, die sogenannten Elektronen, sind so winzig und so leicht und so beweglich, daß sie diese raschen Bewegungen ausführen können. Elektronen sind nämlich einige



tausendmal kleiner als die kleinsten Teile, aus denen beispielsweise Kupferdraht sich zusammensetzt. Dabei sind die Elektronen immer bei diesen kleinsten Stoffteilchen vorhanden und deren unzertrennliche Begleiter. Wenn in einem Draht ein elektrischer Strom fließt, sind es diese Elektronen, die durch die Lücken zwischen den Teilchen des Drahtes hindurchwandern. In der Lichtleitung fließt ein Wechselstrom von 50 Stromwechseln pro Sekunde d. h. es macht den Elektronen nichts aus, durch den Draht zu sausen, kehrt zu machen, zurückzulaufen und dies 50mal in der Sekunde zu tun.

## 31. Die Batterie, eine Elektronenpumpe

Wenn wir die beiden Enden der Batterie durch einen Draht verbinden, so beginnen die in dem Draht vorhandenen Elektronen zu wandern. Die Batterie ist nämlich eine Art Elektronenpumpe. Sie saugt mit dem kurzen Ende,



das mit + zu bezeichnen wäre, die Elektronen aus dem Draht heraus und preßt sie durch die Batterie hindurch in den langen Streifen (—) und wieder in den Draht hinein. So muß der Elektronenstrom kreisen, bis die Kraft der Batterie erschöpft ist. Wir dürfen die beiden Metallstreifen an der Batterie allerdings nicht unmittelbar durch ein Stück Draht verbinden. Die Batterie würde dabei viel zu viel Strom liefern und in wenigen Minuten verbraucht sein. Der Strom soll zuerst durch die Spule gehen, wie an unserem Funkenerzeuger vom Versuch 21. Wenn man den Taster niederdrückt und losläßt, entsteht ein winziger elektrischer Funke. Wenn aber irgendwo ein elektrischer Funke auftritt, so haben wir uns darin immer Elektronen vorzustellen, die aus einem überfüllten Draht in einen leerpumpften Draht überspringen.

### 32. Die Elektronen tanzen auf und ab

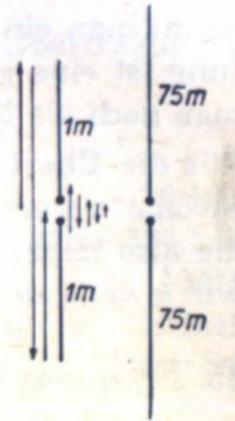


Wenn wir am Funkenerzeuger die Antenne und noch das Stück Draht anschließen, das wir nach unten hängen lassen, wie im Abschnitt 21 beschrieben, so ist auch hier der eine Draht elektronenarm und der andere mit Elektronen überfüllt. Wir erzeugen durch Niederdrücken und sofortiges Loslassen der Tasterfeder einen kleinen Funken. Dann springen die überschüssigen Elektronen am Taster aus dem überfüllten Draht in den leeren hinüber. Dabei hüpfen leicht zu viel Elektronen mit, die deshalb nochmals zurückeilen müssen, sie schaukeln mit abnehmender Stärke mehrmals auf und ab und erzeugen damit eine elektrische Schwingung. Diese auf- und abtanzenden Elektronen verursachen nun eine sich im Raum ausbreitende Welle.

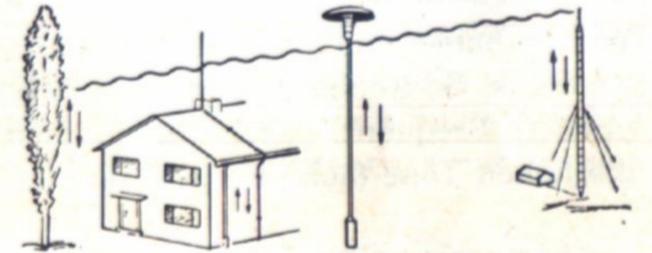
### 33. Von der Schwingungszahl

Die genaue Zahl der Schwingungen, die Elektronen machen können, hängt von der Länge der Antennendrähte ab. Die Elektronen können, wie wir bereits erfahren haben, in Drähten sehr rasch hin- und herschwingen. Jeder Stromstoß bewegt sich dabei mit einer Geschwindigkeit von 300 Millionen

Meter pro Sekunde im Draht voran. Für den Fall, daß jeder Antennendraht ein Meter lang ist, müssen für jede Schwingung insgesamt vier Meter zurückgelegt werden, nämlich zuerst in den oberen Draht hinauf, wieder zurück, dann in den unteren Draht hinunter und wieder zurück. Dann ist jeder der ein Meter langen Drähte zweimal durchlaufen, im ganzen sind also vier Meter zurückgelegt worden. Das ergibt pro Sekunde  $300\,000\,000 : 4 = 75\,000\,000$  Schwingungen. So ungeheuer viel Schwingungen führen die Elektronen aus, wenn wir 1 Meter lange Antennendrähte



an den Tasterenden befestigt haben, d. h. sie würden sofort schwingen, wenn sie eine ganze Sekunde lang auf und abtanzten würden. Sie kommen aber lange vorher zur Ruhe und machen dann eine lange Pause, bis sie beim nächsten Funken wieder eine Anzahl Schwingungen ausführen müssen. Würde man den Antennendraht 75 Meter lang wählen, ihn an einem Turm aufhängen und den Erdraht auch 75 Meter lang machen, so hätten die Elektronenstöße bei



jeder Schwingung 300 Meter zurückzulegen, müßten dann also „nur“ eine Million Schwingungen pro Sekunde ausführen. Die Schwingungszahl ist also ganz von der Länge der Antennendrähte abhängig. Die schwingenden Elektronen erzeugen im Raum eine Wellenbewegung. Diese elektromagnetischen Wellen treffen in einiger Entfernung auf einen zweiten senkrechten Draht. In diesem sitzen vorläufig noch zahlreiche Elektronen in Ruhe. Sowie der Draht aber von den raschen Wellen getroffen wird, fangen die Elektronen in diesem Draht ebenfalls an, auf- und abzuschaukeln. In dem Empfangsdraht entsteht ebenfalls eine elektrische Schwingung. Die Schwingungszahl in dem Antennendraht hängt allerdings nicht nur von der Länge ab. Wenn man die Elektronen zwingt, durch spulenförmig angeordnete Drahtwindungen zu laufen, werden die Schwingungen sehr verlangsamt, das gleiche erreicht man durch Anbringung von Kondensatoren, die wir in späteren Versuchen kennenlernen.

### 34. Hochfrequenz und Niederfrequenz

Die Häufigkeit eines Schwingungsvorganges nennt man auch Frequenz. Zu Ehren des Entdeckers der elektrischen Wellen, Heinrich Hertz, gibt man heute die Schwingungszahlen pro Sekunde in „Hertz“ (Hz) an. Ein Sekundenpendel, das also in einer Sekunde einmal schwingt, hat die Schwingungszahl oder die Frequenz 1 Hz. Für den Wechselstrom in der Lichtleitung muß die Schwingungszahl 50 Hz angegeben sein. Tausend Schwingungen pro Sekunde

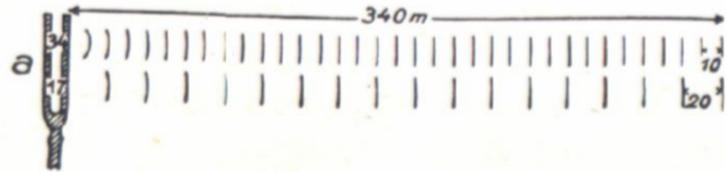
nennt man ein Kilohertz (kHz). 50 Hertz des Wechselstromes in der Lichtleitung ist eine geringe Frequenz, Schwingungszahlen bis zu 20 000 bezeichnet man noch als Niederfrequenz.

Für die Übertragung in die Ferne sind nur die Wellen wirksam, die durch Ströme verursacht werden, die mehr als 100 000mal je Sekunde wechseln, die also Hochfrequenzströme sind. Die Frequenz der Rundfunksender finden wir jeweils angegeben in kHz, z. B. Stuttgart 575 kHz.

### 35. Frequenz und Wellenlänge

Neben den Angaben über die Frequenz in kHz ist häufig noch die Wellenlänge in Meter (m) angeben. Diese steht aber in keiner Beziehung etwa zu der zu erzielenden Reichweite, sondern die Zahlen bedeuten einfach den Abstand, in dem die vom Sender ausgehenden Wellen aufeinander folgen.

Wellen hoher und niederer Frequenzen breiten sich in der Sekunde gleich weit aus. So kommen unter den Schallwellen in der Luft die tiefen Töne (niedere Frequenz) genau zur gleichen Zeit an einem entfernten Ort an wie die hohen Töne (hohe Frequenzen).



Schallwellen kommen pro Sekunde etwa 330 m weit. Eine Stimmgabel für einen sehr tiefen Ton sendet pro Sekunde 17 Schwingungen aus, daher folgen die einzelnen

Wellen mit einem Abstand (einer Wellenlänge) von 20 m. Eine Stimmgabel mit der Frequenz 34 Schwingungen pro Sekunde sendet Wellen aus, die einander in 10 m Abstand folgen.

Für alle Wellenarten, also für Wasserwellen, Schallwellen und elektrische Wellen gilt die Beziehung:

$$\text{Wellenlänge in m} = \frac{\text{Ausbreitungsgeschwindigkeit in m/sec.}}{\text{Schwingungszahl in Hz}}$$

Für elektrische Wellen und Lichtwellen ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit, wie wir in Versuch 22 erfahren haben, 300 000 km pro Sekunde oder aber 300 000 000 m/sec.

Für eine lange Sendeantenne mit der Frequenz 1 Million Hz berechnet sich die Wellenlänge zu:

$$\text{Wellenlänge: } \frac{300\,000\,000}{1\,000\,000} = 300 \text{ m}$$

Ursprünglich verwendete man für den Funkverkehr der Schiffe besonders

lange Wellen, bis man feststellte, daß kurze Wellen für die Übertragung in die Ferne noch wesentlich günstiger sind.

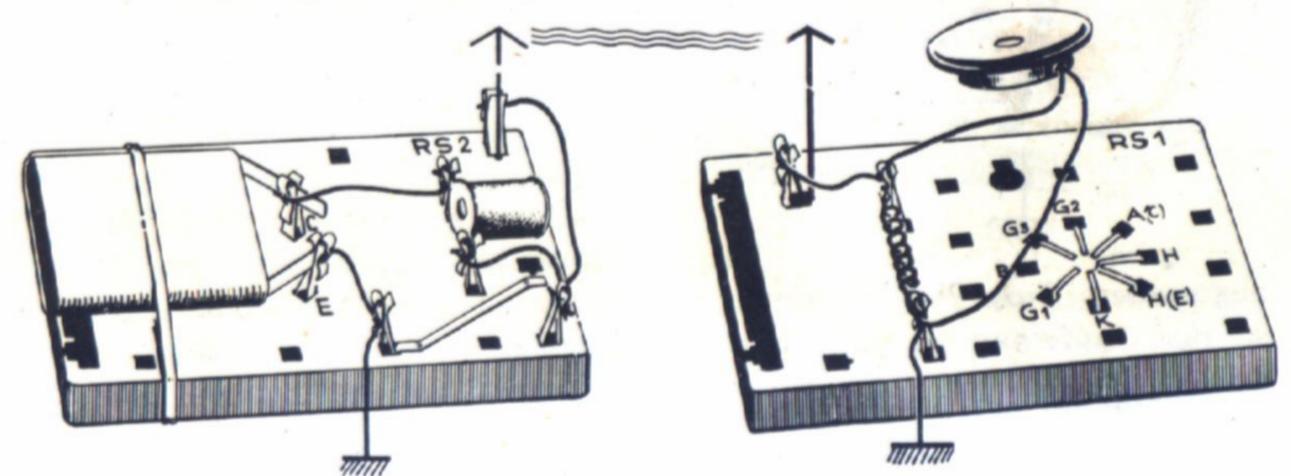
Man bezeichnet als:

LW = Langwellen	= Wellenlänge	1000-15000 m	= 300	- 20 kHz
MW = Mittelwellen	= Wellenlänge	150- 1000 m	= 2 MHz-300 kHz	
KW = Kurzwellen	= Wellenlänge	10- 75 m	= 30	- 4 MHz
UKW = Ultrakurzwellen	= Wellenlänge	1- 10 m	= 300	- 30 MHz
Dezimeter-Wellen	= Wellenlänge	10- 100 cm	= 3000	-300 MHz
1 MHz = 1000 kHz = 1 000 000 Hz				

Die Fernsendeder liegen mit Bild und Ton im UKW-Bereich.

### 36. Nachweis der elektrischen Wellen

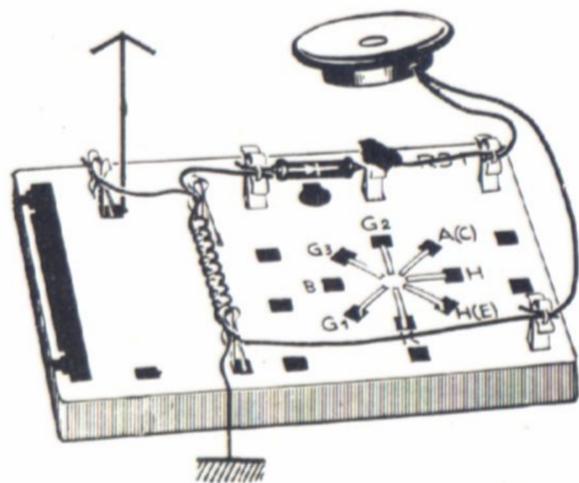
Nachdem wir wissen, daß die vom Funkenerzeuger ausgehenden Wellen die Elektronen eines in ihrem Bereich liegenden, möglichst senkrecht stehenden Drahtes zu äußerst raschen Schwingungen anregen, also darin einen hochfrequenten Wechselstrom erzeugen, möchten wir das Bestehen eines solchen Wechselstromes nachweisen.



Unseren Funkenerzeuger mit eingesetztem Antennen- und Erddraht haben wir noch aufgebaut aus Versuch 21 zur Hand. Die damals verwendete Feilspanbrücke als Empfänger müssen wir etwas umbauen. Anstelle der Stahlstifte befestigen wir in den beiden, jetzt weiter rechts auf der Platte befindlichen Klemmen einen Draht, den wir um einen Bleistift zu einer Spirale mit 10 Windungen gewickelt haben. In die kleine Bohrung neben einer dritten Klemme stecken wir wieder den Antennendraht, an die untere Klemme schließen wir wie bisher ein Stück nach unten hängenden Verbindungsdraht an. Wir merken uns, wie man symbolisch den nach oben führenden Antennendraht durch einen Pfeil und andererseits den abwärtsführenden Erddraht darzustellen pflegt.

Die Batterie brauchen wir hier nicht mehr, der Kopfhörer wird also direkt an die beiden Klemmen mit der Spiralspule angeschlossen. Die auf- und abschwingenden Elektronen können jetzt durch diese Drahtspule und durch die Kopfhörerspule gehen. Nun wird in etwa 1 m Entfernung von diesem Empfangsapparat der Funkenerzeuger aufgestellt und recht oft der Taster gedrückt. Für jeden Funken sollte man ein Knacken hören. Wir sind enttäuscht! Der Hörer zeigt keinen Strom an. Die 75 Millionen Stromwechsel folgen nämlich zu schnell aufeinander. Die Blechplatte (Membran) des Hörers kann so viele Schwingungen nicht mitmachen. Obwohl wir überzeugt sind, daß solche Schwingungen bestehen, können wir sie nicht wahrnehmen.

### 37. Die Diode als Wellenentdecker



Um die Schwingungen zu entdecken, schalten wir in die Leitung zum Kopfhörer unsere Diode (s. Seite 28). Jetzt hören wir plötzlich bei jedem mit dem Taster erzeugten Funken ein Knacken im Hörer. Warum?

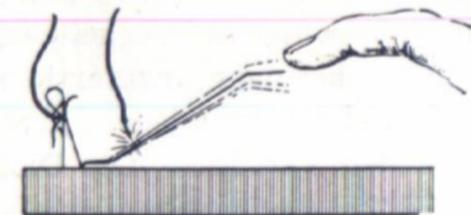
Wir wissen, daß ein Wechselstrom dauernd seine Richtung ändert, also aus positiven und negativen Halbwellen besteht. Bei der positiven Halbwelle wird die Membrane im Hörer angezogen, bei der negativen

abgestoßen. Diese Halbwellen folgen aber bei einem hochfrequenten Strom so rasch aufeinander, daß die Membrane keine Zeit hat, mitzuschwingen.

Die Diode hat nun die Eigenschaft, den Strom nur in einer Richtung durchzulassen. Sie wirkt also wie ein Ventil, das man mit dem Ventil an einem Fahrradreifen vergleichen kann. Ohne dieses Ventil könntest du den Reifen nicht aufpumpen, da die Luft nur mit dem Kolben der Pumpe ein- und ausströmen würde. Das Ventil bewirkt jedoch, daß ein Luftstrom zustandekommt, der nur in einer Richtung fließt und so den Reifen füllt. Unsere Diode arbeitet ebenso. Die vielen raschen Hin- und Herschwingungen, die jeder Funke erzeugt (Hochfrequenz) werden in einen, nur in einer Richtung fließenden Strom verwandelt, der dann ein Knacken im Hörer verursacht. Wir hören jetzt bei jedem Tastendruck dieses Knacken; der Beweis für das Vorhandensein der gesuchten Wellen ist da. Die Diode ist eine Weiterentwicklung des Detektors, eines Bleiglanzkrystals, auf den man eine Drahtspitze aufsetzen mußte. In dem Röhrchen unserer Diode sind Halbleiterkristall und Drahtspitze fest eingefügt.

### 38. Ein Schnellfunkenerzeuger

entsteht, wenn wir die Tasterfeder unseres Funkenerzeugers nicht drücken, sondern zupfen, so daß die Tasterfeder schwingt. Damit sie frei schwingen kann, wird die Tasterfeder ein Loch weiter nach links versetzt. Während die gezupfte Feder schwingt, berühren wir sie ganz nahe an der Befestigungsstelle mit dem Ende eines Drahtes, der von der mit der Antenne verbundenen Klemme kommt. Die an der Berührungsstelle auftretenden Funken senden Wellen aus und wir hören im etwa 40 cm entfernt aufgestellten Empfänger ein der geringen Schwingungszahl der Feder entsprechendes Prasseln oder einen tiefen Ton.



Jeder Funke an der Tasterfeder hat nämlich eine Anzahl hochfrequenter Wellen ausgestrahlt. Die Wellen jedes Fünkchens sind durch die Diode zu einem einzelnen Stromstoß zusammengefaßt worden. Es gelangen also soviel Stromstöße nach dem Kopfhörer, als die Tasterfeder Schwingungen macht. Diese verhältnismäßig geringe Anzahl Stromstöße pro Sekunde (Niederfrequenz) kann von unserem Ohr im Hörer wahrgenommen werden.

Die Diode vermag also eine unter die hochfrequenten Wellen eingeschobene niederfrequente Unterbrechung oder Schwankung in der Stärke der Wellen herauszusieben und so die Niederfrequenz als Töne hörbar zu machen. Dieses Aussieben der Niederfrequenz aus der Hochfrequenz nennt der Fachmann „Demodulation“.

Was sagt der Hausapparat dazu, wenn wir unsere Tasterfunken unmittelbar vor dem Hausempfänger überspringen lassen? Auch hier verursacht jeder Funke ein Knacken. Dieses Knacken haben wir sicher schon bemerkt, wenn wir einen Lichtschalter des Zimmers betätigten. Im Schalter entstehen nämlich auch kleine Funken, deren Wellen den Rundfunkempfang recht stören können. Unsere kleinen Funkenversuche sollen wir darum nicht während der Hauptsendezeit des Rundfunks vornehmen.

### 39. Die Wellen gehen durch die Wand hindurch

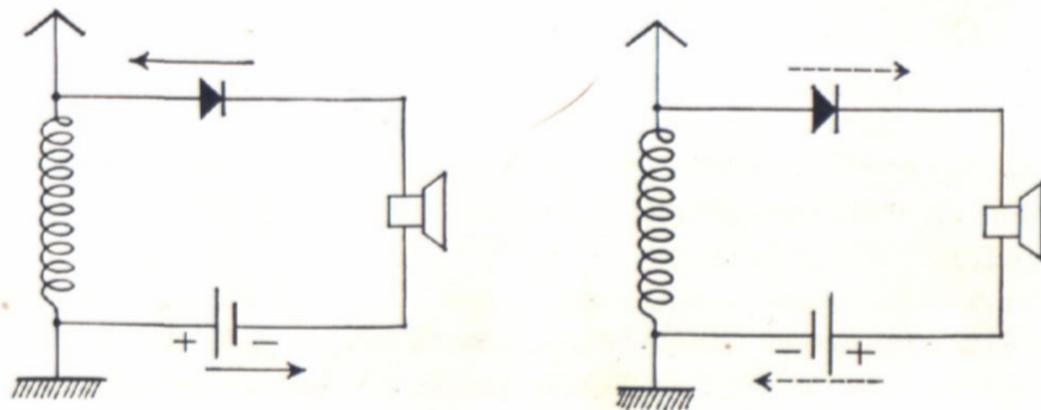
Wenn dein Freund dicht an der Wand die schnellen Funken erzeugt und wir im anderen Zimmer nahe der Wand das Empfangsgerät aufstellen, hören wir in diesem das durch die Wellen verursachte knatternde Geräusch ganz deutlich.

### 40. Die Diode als Gleichrichter

Wir wollen doch noch durch einen Versuch beweisen, daß die Diode den Strom nur in einer Richtung durchläßt. Dazu lösen wir bei unserem Emp-

fänger den Anschluß des Kopfhörers, der direkt zur Spule geht und schließen an dieses Spulenende den Pluspol einer zweiten Batterie an. Mit dem freien Kopfhörerdraht tippen wir an den Minuspol der Batterie und stellen fest, daß es im Hörer sehr laut knackt. Polen wir die Batterie um, so bemerken wir beim Tippen mit dem Kopfhörerdraht kein oder nur ein ganz leises Knacken. In der einen Richtung läßt die Diode den Strom also durch, in der anderen Richtung aber nicht.

Am Anfang des Anleitungsbuches findet ihr seltsame Zeichen zur Darstellung einer Spule, einer Diode, einer Batterie usw. Diese sog. Schaltzeichen oder Schaltsymbole werden in der Elektro- und Radiotechnik in Schaltplänen benutzt. Es wäre viel zu zeitraubend, jedesmal für die einzelnen Teile kunstvolle Zeichnungen anzufertigen. Damit ihr diese Zeichen kennenlernt, findet ihr ab jetzt neben jedem gezeichneten Aufbau auch den Schaltplan des betreffenden Versuches. Die Diode wird durch das Zeichen  $\rightarrow|$  dargestellt. Dieses Zeichen, oder nur einen schwarzen Ring, findet ihr auch auf der Diode 27 aufgemalt. Der Ring entspricht dabei dem senkrechten Balken des Diodenzeichens. Er muß also zur richtigen Polung der Diode rechts liegen.



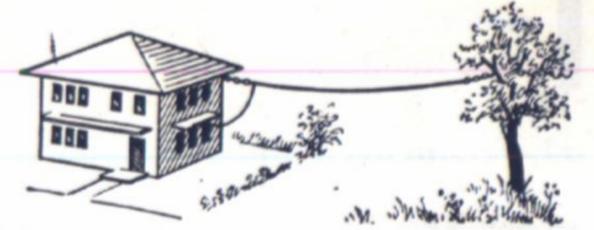
Durchlaßrichtung (starkes Knacken)      Sperrichtung (kein Knacken)

Wenn der +Pol an der Seite des Pfeils liegt und der -Pol an der anderen, dann läßt die Diode Strom durch. Sicher meinst du, daß sich der Elektronenstrom vom Pluspol der Batterie durch den Stromkreis zum Minuspol bewegt. Das haben auch die Wissenschaftler früher angenommen, bis sich herausstellte, daß es gerade umgekehrt ist. Der Strom wird nämlich beim Minuspol der Batterie oder des jeweiligen Stromerzeugers herausgedrückt und fließt durch den Stromkreis wieder zurück zum Pluspol. Obwohl man jetzt weiß, in welcher Richtung der Strom wirklich fließt, hat man leider bis heute die falsche Richtungsbezeichnung bei vielen Schaltbildern beibehalten. Du darfst dich dadurch nicht drausbringen lassen und muß immer daran denken, daß der Strom tatsächlich von - nach + fließt, wie es auch in diesem Bändchen überall angegeben ist.

## 41. Auf der Suche nach Rundfunkwellen

Eigentlich haben wir es nicht mehr notwendig, unter Benützung von Funken elektrische Schwingungen zu erzeugen, denn unsere Wohnräume und der ganze freie Luftraum sind ständig von Wellen durchzogen, die von den zahlreichen Rundfunksendern von früh bis spät in die Nacht ausgestrahlt werden. Diese Sendungen werden aber nicht mehr unter Benützung von Funken erzeugt, obwohl dies der Name vermuten ließe. Unsere Diode ist im Stande, auch solche Rundfunkwellen anzuzeigen.

Die Rundfunkwellen können aber nur wahrgenommen werden, wenn die Antennen des Gerätes viel größer sind. Die in diesen Antennen aufgeschauelten Elektronen müssen in der Lage sein, mit der gleichen Frequenz wie die Elektronen in den Sendedrähten zu schwingen. Eine geeignete Antenne ist heute fast in jedem Haushalt vorhanden. Wir können uns aber mit verhältnismäßig geringen Mitteln selbst eine Hochantenne bauen. Wir brauchen dazu einen 10—15 m langen Kupferdraht, am besten Kupferlitze, wie wir sie in jedem Radiofachgeschäft kaufen können.



Dieser Draht wird nun entweder zwischen zwei Häusern oder vom Haus zu einem nahestehenden Baum gespannt. Die Antenne darf aber nun nicht direkt am Haus festgemacht werden, weil sonst die aufgefundenen Wellen sehr rasch abgeleitet würden. Wir müssen vielmehr zwischen Antenne und Befestigungspunkt auf beiden Seiten ein Isolierstück aus Porzellan oder Kunststoff einfügen. Vor dem Spannen der Antenne müssen wir noch den Zuleitungsdraht zu unserem Empfänger an die Antenne anschließen. Das Befestigen geschieht am besten so, daß man die Antenne auf der einen Seite anbringt und das andere Ende auf den Boden hängen läßt. Vom zweiten Befestigungspunkt läßt man eine Schnur auf den Boden hinunter an die ein Freund das freie Antennenende festbindet. Nun können wir dieses Ende hochziehen und ebenfalls befestigen.

Wenn ihr keine Möglichkeit zum Bau einer Hochantenne habt, so müßt ihr euch mit einer Zimmerantenne begnügen, die etwa 10—15 cm von der Decke und 2—3 cm von den Wänden entfernt im Zimmer angebracht wird.

Damit auch die Spule zu den ankommenden Schwingungen paßt, ersetzen wir unsere Behelfsspule mit 10 Windungen durch die Schwingkreisspule 17 mit 100 Windungen. Diese Spule wird so eingesetzt, daß die Seite mit den wenigen Windungen nach oben kommt. Die Antenne schließen wir an die Mittelanzapfung der Spule an, wo wir vorher auch noch eine Klemmfeder eingesetzt haben. Auf keinen Fall dürfen wir den Erdanschluß vergessen, der wieder an den unteren Anschluß der Spule kommt, aber so lang sein soll, daß

man den sog. Erddraht an eine blanke Stelle der Wasserleitung oder der Heizung ankleben kann.

Der Kopfhörer ist über die Diode mit der Spule verbunden. In den Abendstunden hören wir darin die Sendungen des Rundfunks, wahrscheinlich gleich mehrerer Sender durcheinander.

**Wichtig:** Bevor wir mit den Versuchen weitermachen, muß ausdrücklich daran erinnert werden, daß das Abhören von Rundfunksendungen, auch mit unserem einfachen Gerät nur dann statthaft ist, wenn in der Familie bereits eine Rundfunkgenehmigung vorhanden und die Gebühr dafür bezahlt ist.

## 42. Frequenzen und Wellenlänge der Rundfunksender

In den Versuchen 27, 34 und 35 haben wir die Begriffe Ausbreitungsgeschwindigkeit, Frequenz und Wellenlänge sowie die Beziehung dieser drei Größen zueinander kennengelernt.

In den Rundfunkzeitungen ist normalerweise für jeden Sender die Schwingungszahl in MHz oder in KHz angegeben, z. B.:

Beromünster	529 kHz	(568 m)
Stuttgart	575 kHz	(522 m)
Wien	548 kHz	(514 m)
Frankfurt	593 kHz	(506 m)
München	800 kHz	(375 m)
NDR/WDR	971 kHz	(309 m)
Südwestfunk	1538 kHz	(195 m)

Die Zahlen in den Klammern bedeuten die zu diesen Frequenzen gehörenden Wellenlängen.

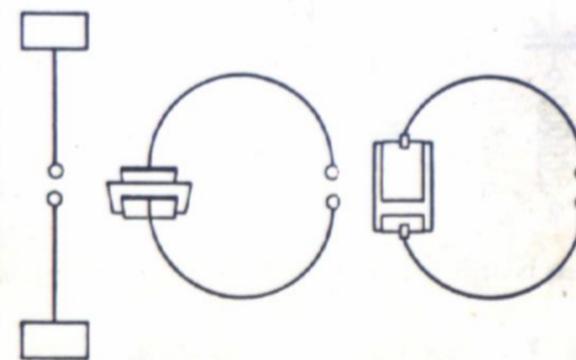
## 43. Langwellen, Mittelwellen, Kurzwellen und Ultrakurzwellen

Wie wir schon im Versuch 35 erfahren haben, unterteilt man den gesamten Wellenbereich in LW, MW, KW und UKW. Darüber hinaus gibt es noch die Dezimeter- und die Zentimeter-Wellenbereiche.

Mit unserer Spule erhalten wir im Empfänger die Sender mit mittlerer Wellenlänge. Wenn man die Diode statt am Ende der Spule an der mittleren Klemme bei der Antenne anschließt, so hat man anstatt 100 Windungen nur noch 60 Windungen und kann jetzt im Kopfhörer andere Sender vernehmen. Unser Schwingkreis ist jetzt auf größere Frequenz, also kleinere Wellenlänge abgestimmt. Die jeweilige Frequenz, auf die ein Schwingkreis anspricht, nennt man auch die Resonanz-Frequenz dieses Schwingkreises. Je größer die Windungszahl umso niedriger die Resonanz-Frequenz.

## 44. Verlangsamte Wellen

Als Mittel zur Verlangsamung der Schwingungen hatte schon Heinrich Hertz die Antennendrähte verlängert, außerdem hatte er große Metallplatten auf die beiden Enden der Schwingungsdrähte gesetzt. Dann muß die Elektrizität bei jeder Schwingung zuerst die Metallplatten auffüllen, bevor sie zurück-



schwingen kann. Wenn man die beiden Drähte zusammenbiegt und die beiden Platten einander direkt gegenüberstellt, so erhält man einen Schwingungskreis. Darin schaukelt die Elektrizität im Kreise hin und her, vergleichbar dem unruhigen Rädchen in der Armbanduhr. Wir können einen Schwingungskreis nach Anweisung obenstehender Zeichnung anfertigen, indem wir auf beiden Seiten eines Papierblattes in der Größe einer Postkarte ein kleineres Blatt Aluminiumfolie in der Weise aufkleben, daß die Metallflächen an der Vorder- und Rückseite übereinandergreifen, aber sich nirgends unter sich berühren und auf jeder Seite eine Klemmfeder anbringen zum Anschluß der Antennendrähte.

## 45. Kondensator und Schwingkreis

Ein solches zweiseitig belegtes Blatt faßt erfahrungsgemäß viel mehr Elektrizität als ein einfach belegtes. Es ist, als ob die Elektrizität in dem doppelten Belag viel näher zusammenrücke, verdichtet, kondensiert werde. Daher nennt man eine solche Doppelplatte, die durch eine Isolierschicht getrennt ist, einen **K o n d e n s a t o r**. In unserem Kasten ist ein Kondensator vorhanden, dessen Isolierschicht aus einem durchsichtigen Stoff besteht. Dieser Kondensator faßt ungefähr gleichviel Elektrizität wie eine Kugel von 300 cm Halbmesser oder 6 m Durchmesser. Dabei ist der Kondensator bedeutend leichter anzubringen und billiger als eine Kugel der obigen Ausmaße, die sich auf unserem Grundbrett doch etwas komisch ausnehmen würde. Wenn wir einen solchen Kondensator mit einer Spule zusammenschalten, entsteht ein sogenannter Schwingkreis. Der Kondensator kann unmittelbar mit der Spule verbunden sein. Die Elektrizitätsmenge, die ein Kondensator aufnehmen kann, nennt man **Kapazität**.

Ein Schwingkreis besteht immer, wie wir jetzt wissen, aus einer Spule und einem Kondensator. Die Abbildung zeigt, wie man Spule und Kondensator zu einem solchen Schwingkreis zusammenschalten kann.

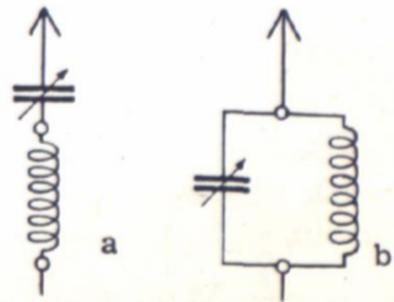
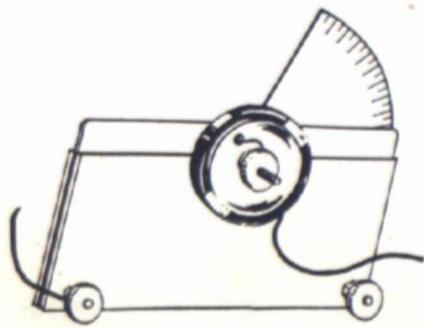


Abbildung a ist die sog. Reihenschaltung, Kondensator und Spule sind also hintereinander geschaltet. Abbildung b ist eine Parallelschaltung, Spule und Kondensator sind hier nebeneinander geschaltet. Die Resonanzfrequenz der Schaltung b ist niedriger als die bei a. Bei b wird man also längere Wellen empfangen können. Der schräge Pfeil durch den Kondensator besagt, daß die Kapazität dieses Kondensators veränderlich ist.

#### 46. Der regulierbare Kondensator

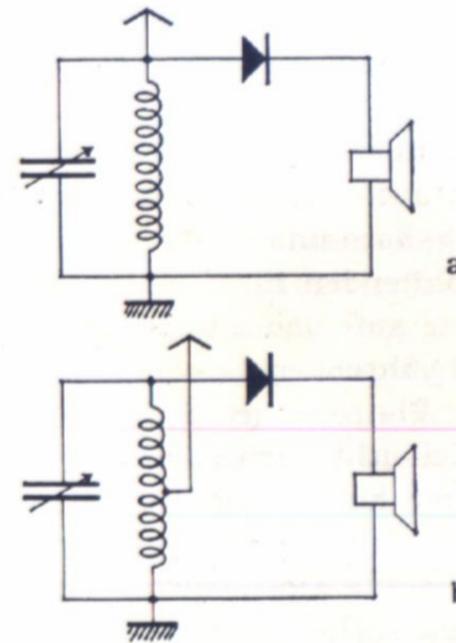
Es wäre schon ein großer Zufall, wenn die Zusammenstellung von Spule und Kondensator gerade die Schwingungszahl des von uns gewünschten Rundfunksenders ergeben würde. Darum benützt man zur genauen Einstellung einen in seinem Fassungsvermögen (Kapazität) veränderlichen Kondensator.



Das Fassungsvermögen eines Kondensators wird umso größer, je größer die einander gegenüberstehenden Flächen sind. In unserem Drehkondensator 23 ist eine halbkreisförmige Blechscheibe zwischen Isolierblättern eingelassen. Diese isolierte Scheibe kann man zwischen die beiden Platten des Kondensators durch Drehen am Kunststoffknopf beliebig hinein- und herauschieben und damit den Kondensator verändern. An der Gradeinteilung liest man ab, wie weit die Scheibe eingedreht ist.

#### 47. Der abstimmbare Dioden-Empfänger

Der Drehkondensator wird in dem am linken Ende der Platte RS 1 befindlichen Schlitz eingesteckt, nachdem wir vorher die seitlichen Rändelmuttern weit genug gelöst haben. Wir führen in den Drehknopf von hinten durch die kleine Bohrung einen Draht durch. Dies gelingt leicht, wenn wir die Skala ganz in den Drehkondensator hineindreihen. Den Draht klemmen wir unter die Rändelmutter am Drehknopf. Das freie Drahtende lassen wir zwischen Drehknopf und Aluminiumplatte zwei oder drei Spiralen um die Achse herum bilden, ehe wir es an der Spule anschließen (siehe Abbildung). Diese Spiralen verhindern beim Drehen des Knopfes, daß der Draht abgeknickt wird. Die vordere Spulenklemme schließen wir an die feste Platte des Drehkondensators an, indem wir eine der seitlichen Rändelmuttern noch einmal lösen und den Draht darunter festklemmen. Die übrige Schaltung ist gleich wie in Versuch 41. Als Spule benützen wir wieder die Schwingkreis-



spule 17. Ihre drei Anschlußfahnen werden nach rechts gedreht und in die drei passend eingesetzten Klemmfedern eingeschoben. Wir schließen die Antenne vorerst an der hinteren Klemme, also am Wicklungsende der Spule an. Die mittlere Anzapfung bleibt frei, der gestrichelt eingezeichnete Telefonkondensator 24 bleibt vorläufig auch noch weg. Die mit Anschluß an die vordere Spulenklemme angedeutete Erdleitung ist als eine bis an die Wasserleitung oder Heizung führende Drahtverbindung aus dünnem Kupferdraht zu verstehen. Die Schaltung entspricht dem Schema a der vorstehenden Abbildung. Durch Drehen am Kopf des Drehkondensators wird es uns gelingen, den Empfänger auf einen Rundfunksender einzustellen.

#### 48. Der verbesserte Diodenempfänger

In einer Abänderung des Versuches führen wir die Antenne nicht an die obere Spulenklemme, sondern an die mittlere Anzapfung der Schwingkreis-spule. Die Schaltung entspricht jetzt dem Schaltschema b von Versuch 47. Ihr werdet merken, daß die Sender besser getrennt werden, d. h. der eine Sender wird deutlicher zu hören sein, während alle anderen Sender merklich leiser werden.

Das bessere Empfangsergebnis kommt davon her, daß jetzt nur noch ein Teil der Spule zwischen Antenne und Erde liegt, das Gerät ist wie man sagt, loser an die Antenne gekoppelt.

#### 49. Eigenschwingung und Resonanz

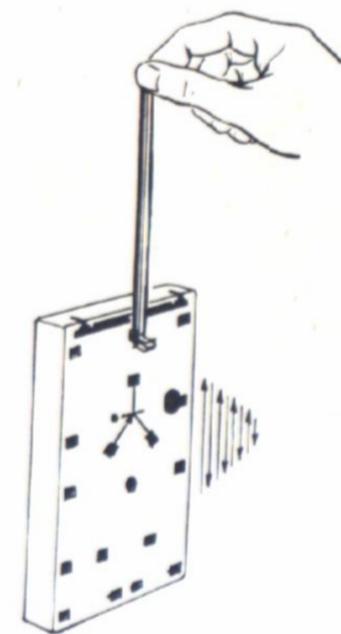
Von Stimmgabeln wissen wir, daß sie immer nur einen Ton geben, weil sie infolge ihrer Größe nur mit einer, ihnen zugehörigen Eigenschwingung

schwingen können. Nicht nur eine Stimmgabel, sondern jedes schwingungsfähige System von Körpern hat meist eine ihm besonders zusagende Schwingungszahl, seine **E i g e n s c h w i n g u n g**.

Ein Brettchen (Grundplatte), das an einem möglichst langen, dünnen Verpackungs-Gummiband aufgehängt ist, kann in auf- und abgehende Schwingungen versetzt werden, wenn man es ein wenig nach unten zieht und wieder losläßt. Wenn wir, mit der das Gummiband haltenden Hand, unter Anpassung an die begonnene Schwingung ganz kurze auf- und abgehende Bewegungen machen, gelingt es, die Platte in fortwährenden Schwingungen zu halten. Dann können wir die Zahl der von der Platte während einer halben Minute ausgeführten Schwingungen zählen. Vielleicht sind es 30 Schwingungen. Dann zählen wir nochmals in einer weiteren halben Minute und stellen fest, daß die Platte wieder die genau gleiche Zahl Schwingungen ausführt. Das System Platte - Gummi hat eine ganz bestimmte Eigenschwingung.

Um zu untersuchen, in welcher Weise die Eigenschwingung beeinflußt wird, fassen wir das Gummiband etwa bei der Hälfte seiner Länge und zählen wieder. Die Schwingungen sind rascher geworden. Die Eigenschwingungszahl ist größer. Das Verlängern dieses elastischen Bandes würde diese

Schwingungen verlangsamen. In welcher Weise verändern sich die Eigenschwingungen, wenn wir ein schweres Brett (Grundplatte mit daran befestigten Geldstückchen u. dergl. beschweren) am gleich langen Band des ersten Versuches schwingen lassen. Wir stellen fest, daß die Vergrößerung des angehängten Gewichts die Schwingungszahl ebenfalls verlangsamt. In einem elektrischen Schwingungskreis, bestehend aus Spule (Federwirkung) und Kondensator (vergrößerte Belastung) wird die Schwingungszahl verlangsamt durch die Zunahme der Drahtlänge der Spule und Vergrößerung der Kapazität des Kondensators. Darum können wir durch passende Wahl der Spule und Einstellung des Drehkondensators eine bestimmte Schwingungszahl der darin hin- und herschwingenden Elektronen erzwingen.



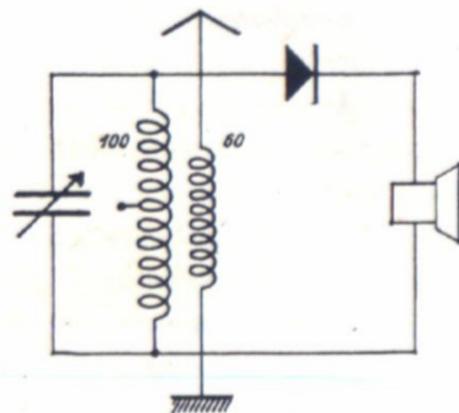
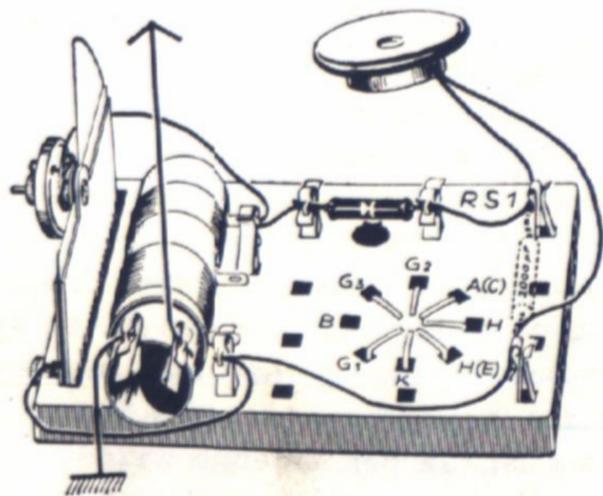
Die Elektronen unseres Schwingungskreises werden durch die Elektronen, die in der Antenne auf- und abschwingen, gewissermaßen angestoßen und zum Mitschwingen veranlaßt, aber ein richtiges Mitschwingen kommt nur zustande, wenn die am Kondensator eingestellte Schwingungszahl mit den aus der Antenne kommenden kleinen Anstößen übereinstimmen. Eine interessante Beobachtung machen wir, wenn wir mit der, das Gummiband haltenden Hand ganz kurze Auf- und Abbewegungen von höchstens 1 cm ma-

chen und zwar zuerst sehr schnell und dann immer langsamer aufeinanderfolgend. Zuerst macht die angehängte Platte die Schwingungen gar nicht mit. Sie sind ihr zu schnell. Bei einer mittleren, ganz bestimmten Zahl dagegen gerät die Platte in große Auf- und Abbewegungen; aber wenn wir die von der Hand ausgehenden Anstöße absichtlich weiter verlangsamen, kommt die Platte irgendwie aus dem Takt und macht nicht mehr mit.

Nur bei einer ganz bestimmten Schwingungszahl, eben bei ihrer vorher ermittelten Eigenschwingung, genügen ganz geringe Anstöße, um sie zu kräftigem Schwingen anzuregen. Kräftige Schwingungen erhält man nur, wenn die Anregung zur Schwingung mit der Eigenschwingung des Systems in Übereinstimmung oder in **R e s o n a n z** ist. In der Antenne werden durch die ankommenden Wellen der verschiedensten, gleichzeitig arbeitenden Sender Elektronen gezwungen, in den verschiedensten Schwingungszahlen sich auf und ab zu bewegen. Durch die Einstellung am Drehkondensator verändern wir die Schwingungszahl des Schwingkreises aus Kondensator und Spule. In dem Augenblick, da diese Eigenschwingung mit dem Takt einer Antennenschwingung genau übereinstimmt, beginnen die Elektronen des Schwingkreises von der Antenne her im Gleichtakt angestoßen, kräftig zu schwingen und wir haben lauten Empfang des betreffenden Senders. Anderen Sendern, deren Schwingungszahl nicht mit dem vom Schwingungskreis bevorzugten übereinstimmen, gelingt es nicht, ein Mitschwingen zu bewirken und so wird dieser Sender nicht oder nur schwach gehört. Wichtig ist, daß die Elektronen im Kondensatorspulenkreis von der Antenne her nur leicht angestoßen werden und im übrigen frei nach ihrer bevorzugten Eigenschwingungszahl schwingen können. Es kommt also nur dann eine richtige Ausscheidung der in der Schwingungszahl unpassenden Sender zustande, wenn die Verbindung zwischen Antenne und Spulenkreis recht locker ist, oder wie man sagt, wenn Antenne und Spule nur lose gekoppelt sind. Im nächsten Versuch ist gezeigt, wie durch eine noch losere Kopplung zwischen Antenne und Spule noch bessere Ausscheidung der unerwünschten Sender möglich ist.

## 50. Der nochmals verbesserte Diodenempfänger

Die Einwirkung der in der Antenne bestehenden elektrischen Schwingungen auf den abgestimmten Empfängerkreis wird lockerer, wenn man in die Schwingkreisspule die Spule 18 mit 60 Windungen einschiebt und Antenne und Erde nur an diese neue Spule anschließt. Sie wird mit der Wicklungsseite voraus in die große Spule eingeschoben. Am herausschauenden Ende sind zwei Ösen angenietet, auf die wir wieder Klemmfedern aufschieben können und zwar so, daß das kleine Häkchen in die Öse gehakt wird (siehe Abbildung). An die rechte Klemme schließen wir die Antenne an und



an die linke Klemme die Erde. In dieser weiter nicht abgestimmten Antennenspule laufen Schwingungen der verschiedensten Sender gleichzeitig und wirr durcheinander. Obschon mit der außenstehenden Schwingkreisspule keinerlei Drahtverbindung besteht, geraten in ihr die Elektronen doch ebenfalls in Schwingung. Durch Drehen des Kondensators wird der Schwingkreis auf eine Welle besonders gut eingestellt, während die anderen Sender nicht mehr zur Geltung kommen.

Die zur Abbildung des neuen Diodenempfängers beigefügte Schemazeichnung deutet an, daß zwischen der Antennenspule mit 60 Windungen und der Schwingkreisspule keine direkte Drahtverbindung besteht.

Die Trennschärfe ist so bedeutend besser geworden und der Kondensator läßt sich viel genauer auf einen einzelnen Sender einstellen. Dafür ist jetzt aber die Lautstärke vielleicht etwas geringer, da durch die lose Kopplung Energie verloren geht. Eine Verbesserung wird oft schon dadurch erreicht, daß man die Diode nicht an das Ende, sondern an die mittlere Anzapfung der Schwingkreisspule anschließt.

Durch Verschieben der Antennenspule in der Schwingkreisspule kann man die Kopplung lose oder fest machen und so besseren Empfang erreichen. Der Diodenempfänger bringt namentlich in den Abendstunden oft mehrere Sender in schöner Klangreinheit und soll darum vorerst unverändert und betriebsbereit stehen bleiben, um uns immer wieder mit Musik zu erfreuen. Sein großer Vorteil ist der, daß er keinen Stromanschluß braucht und keinerlei Betriebskosten verursacht. Dafür ist allerdings der Empfang entfernter Sender ziemlich schwach und wir suchen daher nach einer Möglichkeit zu lautstärkerem Empfang zu kommen.

## II. Versuche mit dem Transistor

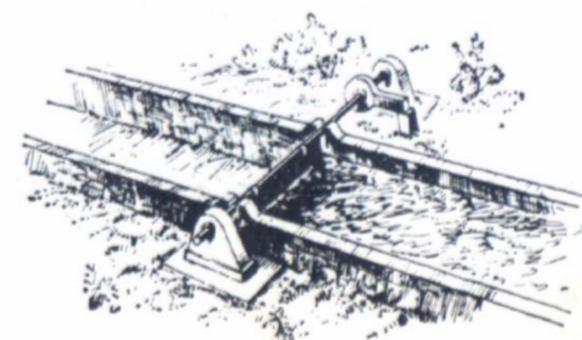
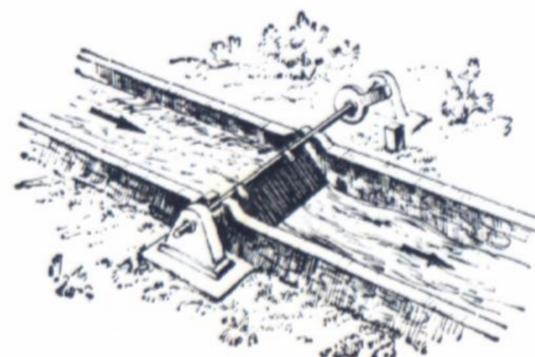
Mit dem Diodenempfänger hören wir die Sendung sehr klangrein, aber leider ist die Lautstärke — wie schon gesagt — nicht sehr stark. Es wird eben nur die Kraft des hochfrequenten Wechselstromes von dem weit entfernten Sender in unserem Antennendraht wirksam und diese Kraft nimmt mit der Entfernung vom Sender sehr stark ab. An sich könnte der Kopfhörer laut genug tönen, wie wir in den vorhergehenden Versuchen beobachtet haben. Dort wurde z. B. der starke Strom einer Batterie durch die Schwingung des langen Batteriestreifens in rhythmisch aufeinanderfolgende Stromstöße zerlegt, die vom Hörer sehr laut wiedergegeben wurden.

Man müßte ein Mittel finden, um den starken Strom einer Batterie so zu steuern, daß er alle Schwankungen, die der Antennenstrom ausführt, genau mitmacht. Dann könnte man den Kopfhörer anstatt mit dem schwachen Antennenstrom mit dem starken Batteriestrom versorgen. Wie ist dies aber möglich? Dieselbe Frage hatten sich 1945 die amerikanischen Erfinder Bardeen und Brattain im Bell-Laboratorium gestellt. Ihre Bemühungen führten schließlich 1948 zur Erfindung des „Transistors“. Mit diesem Transistor kann man tatsächlich einen starken Strom durch einen schwachen beeinflussen, also steuern. In einem Radioempfänger verstärkt er den schwachen Antennenstrom und die Sendung wird daher mit viel größerer Lautstärke wiedergegeben.

Wie dieser Transistor, der heute schon in vielen Fällen die Röhren ersetzen kann, aufgebaut ist, wollen wir jetzt untersuchen.

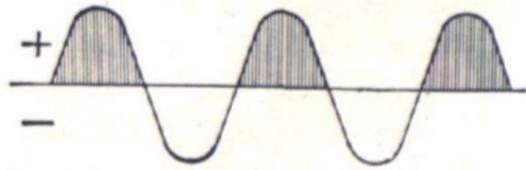
### 51. Die Diode

Um einen Transistor verstehen zu lernen, müssen wir uns noch einmal die Diode, die wir in den Versuchen 37-40 schon benutzt haben, etwas näher ansehen. Bei diesen Versuchen haben wir erfahren, daß eine Diode wie ein Ventil wirkt, den Strom also nur in einer Richtung durchläßt. Ein Vergleich mit dem unten abgebildeten Wasserkanal zeigt uns sehr anschaulich, wie ein solches Ventil wirkt. Das Wasser kann zwar von links nach rechts fließen,



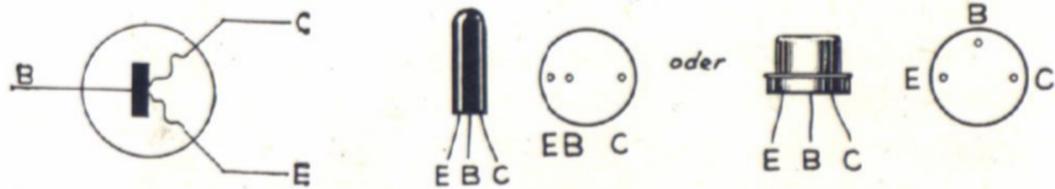
indem es selbst die Klappe wegdrückt. In umgekehrter Richtung kann es aber nicht fließen; die Klappe kann nach links nicht geöffnet werden, weil der auf der Drehachse befestigte Anschlag dies nicht zuläßt.

Genauso ist es bei der Diode, der Wasserstrom von links entspricht der in der Abbildung schraffiert gezeichneten positiven Halbwelle des Wechselstroms, die also durchgelassen wird. Die negative Halbwelle aber entspricht dem Wasserstrom von rechts, wird also gesperrt.



## 52. Von der Diode zum Transistor

Auch beim Transistor ist der wichtigste Bestandteil ein kleiner Kristall aus Germanium oder einem anderen Halbleiter. Wenn wir unseren Transistor betrachten, dann bemerken wir, daß er nicht nur zwei Anschlüsse hat wie die Diode, sondern daß drei Drähte aus dem kleinen Röhrchen herausführen. Die beiden schon erwähnten amerikanischen Wissenschaftler hatten bei ihren Versuchen eine Diode mit zwei Drahtspitzen aus dem Kristall versehen, wodurch diese Diode merkwürdige Eigenschaften erhielt. Diese Anordnung wurde „Transistor“ genannt. Die drei Anschlüsse heißen B = Basis, C = Collector und E = Emitter.



Diese Bezeichnungen müssen wir uns gut merken und später bei den Experimenten darauf achten, daß diese Drähte immer richtig angeschlossen werden, da sonst unser Transistor leicht zerstört wird. Du könntest nun denken, daß es sich beim Transistor um eine etwas bessere Diode handelt. Das ist aber nicht richtig, denn der Transistor hat ganz andere Aufgaben, wie du bald sehen wirst.

## 53. Was kann der Transistor noch?

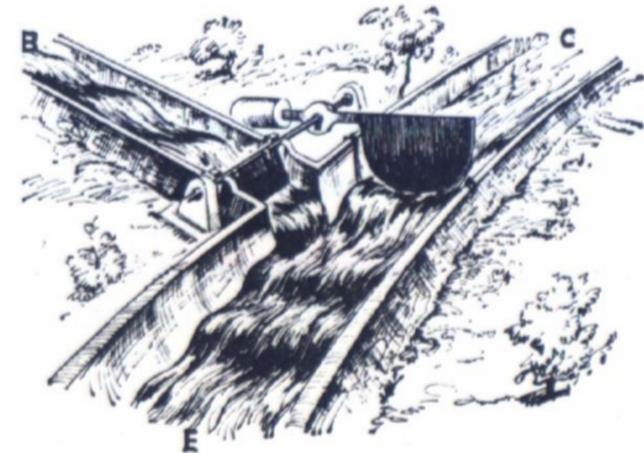
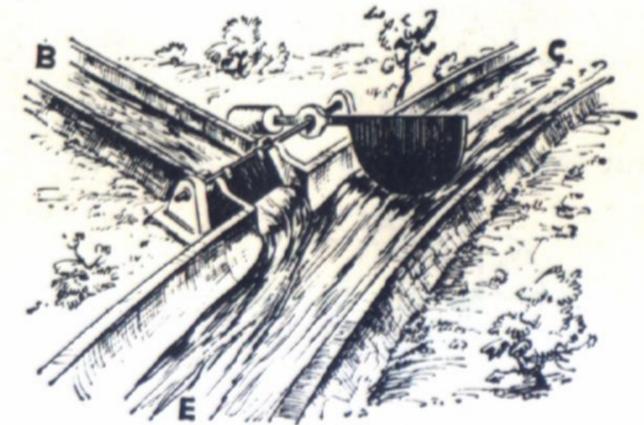
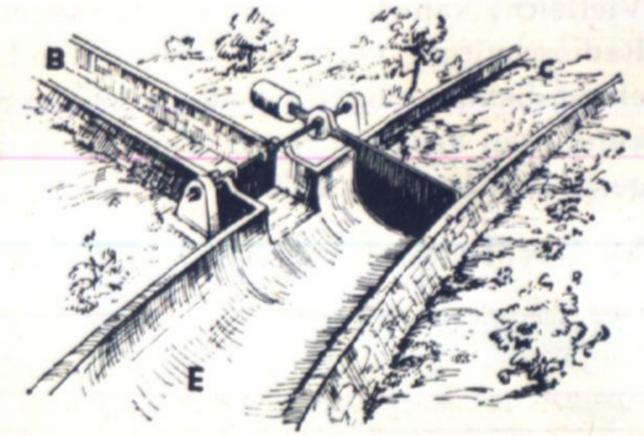
Mit dem Transistor kann man mit geringer Energie den elektrischen Strom beeinflussen. Er wirkt also ähnlich wie ein verstellbares Ventil, mit dem man etwa einen starken Wasserstrom, der eine Turbine mit vielen hundert PS antreibt, ohne große Anstrengung verringert oder verstärkt.

Die physikalischen Vorgänge wollen wir wegen ihrer Kompliziertheit hier nicht behandeln. Du sollst aber doch wissen, wie dein Transistor arbeitet,

damit du die später gebauten Schaltungen auch tatsächlich verstehst. Der Einfachheit halber vergleichen wir den elektrischen Strom wieder mit dem Wasserstrom. Bei der Schleusenordnung von Versuch 51 sahen wir, daß das Wasser nur von links nach rechts fließen kann. Diese Anordnung sei nun die Basis unseres Transistors, während Collector und Emitter durch den großen Kanal dargestellt sind.

Die Basis, der kleine Seitenkanal, ist jetzt mit dem großen Kanal verbunden. Es kann also nur Strom aus der Basis in den großen Kanal hineinfließen, nicht aber zurück. Wir sehen ferner, daß bei Betätigung der kleinen Klappe im Basiskanal die Schleuse im Hauptkanal geöffnet wird. Der große Strom zwischen Collector und Emitter kann folglich durch den kleinen Basisstrom gesteuert werden. Die große Schleuse ist durch ein Gegengewicht ins Gleichgewicht gebracht, so daß zu ihrer Betätigung nur eine ganz kleine Kraft erforderlich ist. In der ersten Abbildung fließt in der Basis kein Strom, der im Collector gestaute Wasserstrom kann nicht fließen. Auf den Transistor übertragen bedeutet dies, daß trotz zwischen Collector und Emitter angeschlossener Batterie kein Strom fließen kann, solange in der Basis kein Strom fließt. Die zweite Abbildung zeigt unser Modell bei kleinem, gleichmäßig fließendem Basisstrom. Jetzt fließt vom Collector zum Emitter ein starker, aber ebenfalls gleichmäßiger Strom.

Haben wir einen elektrischen gleichmäßigen Strom, kann es sich nur um einen Gleichstrom, z. B. aus einer Taschenlampenbatterie handeln. Tritt in unserem Modell im Basiskanal der Wasserstrom

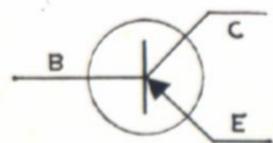


wellenförmig auf, so wird die Bewegung der kleinen Klappe rhythmisch auf die große Schleuse übertragen, der große Strom fließt also ebenfalls wellenförmig. Dies bedeutet aber nichts anderes, als daß wir die Basis unseres Transistors auch mit Wechselstrom steuern können. Der kräftige Collector-Emitter-Strom wird dann die Stromwechsel mitmachen und in wechselnder Stärke fließen.

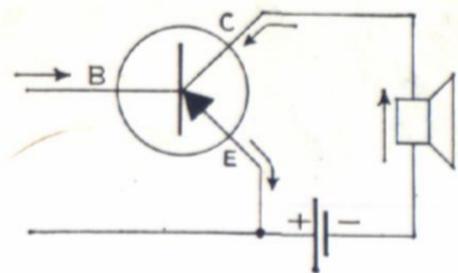
Vielleicht kannst du dir jetzt schon vorstellen, wie ein Transistor in einer Radioschaltung verwendet wird. Man leitet einfach die mit der Antenne von einem Sender eingefangenen winzigen Ströme zur Basis des Transistors, dann kann man aus dem Kopfhörer, der in den Collector-Emitter-Stromkreis eingeschaltet ist, die Sendung sehr schön verstärkt vernehmen.

#### 54. Der Transistor und sein Symbol

Der Transistor ist ein kleines, 6—7 mm dickes Röhrchen aus Glas oder Metall. Am Boden treten drei Anschlußdrähte aus dem Röhrchen heraus, nämlich für die Basis B, den Collector C und den Emitter E. Da, wo diese Drähte herauskommen, ist der Transistor sehr empfindlich gegen Beschädigung. Man darf daher nicht an dem Transistorkörper ziehen oder ihn hin- und herbiegen. Unser Transistor ist am Collectoranschluß mit einem roten Punkt bezeichnet.



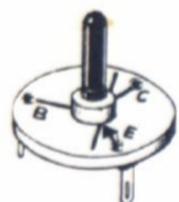
In den Schaltbildern wird für den Transistor das nebenstehende Symbol benützt. Es zeigt die drei Anschlüsse, wobei die Basis als Platte (Germaniumkristall) und Collector sowie Emitter als Spitzen abgebildet sind und zur Unterscheidung dieser beiden der Emitter als Pfeil dargestellt wird.



Die nächste Abbildung zeigt, wie Batterie und Lautsprecher an den Transistor angeschlossen werden. Der Vergleich der hier eingezeichneten Stromrichtung mit unserem Schleusenmodell zeigt deutlich die Übereinstimmung mit dem Wasserstrom. Die Batterie dient zur Herstellung des Spannungsunterschieds, also des Gefälles zwischen Collector und Emitter.

#### 55. Die Transistorfassung

Der Transistor selbst ist fertig montiert auf einer Kunststoff-Fassung als Teil 28 im Kasten enthalten. Wir sehen die drei Ösen, mit denen die Transistorzuleitungen vernietet sind. Das Transistor-Symbol ist auch schon in die Fassung eingepreßt mit den Buchstaben B, E und C, also Basis, Emitter und Collector. Die Ösen sind in drei Messingkontakte weitergeleitet, die wie in der Abbildung bei Versuch 56 in die Platte RS 2 eingesetzt werden können. Dabei

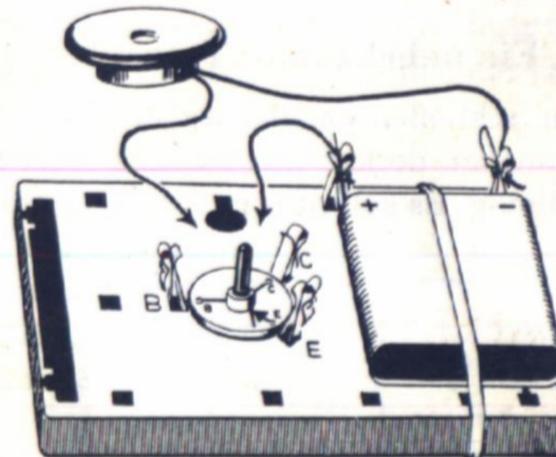


gewährleistet die ungleichmäßige Verteilung der Kontakte, daß der Transistor nur auf eine ganz bestimmte Art eingesetzt werden kann und zwar mit der Basis nach links. Der Transistor ist der kostbarste Bestandteil des Radiomanns, wir müssen ihn sehr vorsichtig behandeln. Niemals dürfen wir ihn beim Einsetzen oder Herausnehmen an dem kleinen Röhrchen anfassen, sondern nur an der runden Kunststoffplatte, also der Fassung.

gewährleistet die ungleichmäßige Verteilung der Kontakte, daß der Transistor nur auf eine ganz bestimmte Art eingesetzt werden kann und zwar mit der Basis nach links. Der Transistor ist der kostbarste Bestandteil des Radiomanns, wir müssen ihn sehr vorsichtig behandeln. Niemals dürfen wir ihn beim Einsetzen oder Herausnehmen an dem kleinen Röhrchen anfassen, sondern nur an der runden Kunststoffplatte, also der Fassung.

#### 56. Wo sind Basis, Emitter oder Collector?

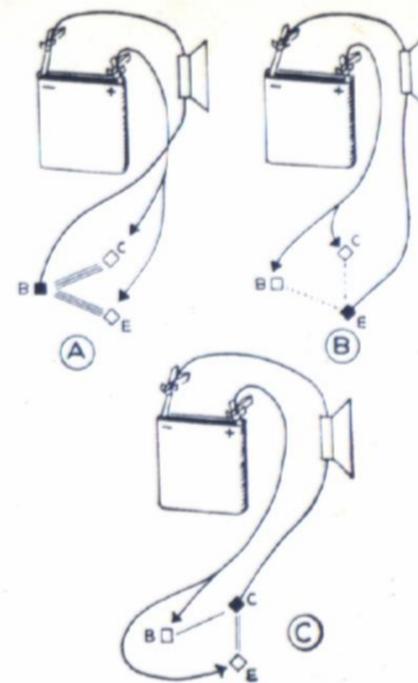
Aus den Versuchen mit der Germanium-Diode wissen wir, daß sie nur in einer Richtung Strom durchläßt. Genau gesagt sperrt die Grenzfläche zwischen Germaniumkristall und Drahtspitze den von der Drahtspitze kommenden Elektronenstrom. Zwar haben wir in unseren heutigen Transistoren statt der Drahtspitze meist zwei weitere anders behandelte Kristallplättchen, die mit der Basis verbunden sind. Die Sperrwirkung ist aber dieselbe. Dies wollen wir am Transistor prüfen und verwenden als Stromanzeiger unseren Kopfhörer und als Stromquelle eine ältere Taschenlampenbatterie. Aus den Abbildungen ersehen wir, daß das nicht an die Batterie angeschlossene, also zunächst freie Ende des Kopfhörerkabels, negativ sein muß, weil die andere Zuleitung zum Hörer vom negativen Batteriepol herkommt.



A) Den negativen freien Hörerdraht klemmen wir an die Basis und berühren mit dem losen vom kurzen + Pol der Batterie kommenden Prüfdraht nacheinander die Klemmen Emitter und Collector. Wir hören in beiden Fällen ein starkes Knacken im Hörer, ein Zeichen für einen starken Strom (Kennzeichen für die Basis).

B) Den negativen freien Hörerdraht klemmen wir jetzt an den Emitter und berühren mit dem Prüfdraht die Klemmen Basis und Collector. Nach beiden Klemmen fließt kein Strom (Kennzeichen für Emitter) oder nur ein ganz geringer Reststrom, der sich durch ganz leises Knacken bemerkbar macht. Ebenso wie ein Ventil nicht immer ganz dicht ist, so läßt auch unser Transistor in Sperrichtung ganz

leises Knacken bemerkbar macht. Ebenso wie ein Ventil nicht immer ganz dicht ist, so läßt auch unser Transistor in Sperrichtung ganz

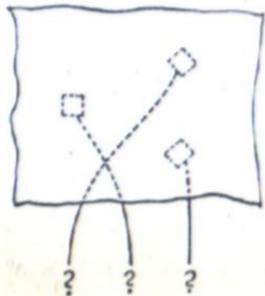


winzige Ströme, eben die Restströme durch. (Fließt ein starker Strom, der sich durch starkes Knacken bemerkbar macht, ist unser Transistor defekt).

C) Nun schließen wir den negativen freien Draht vom Hörer an den Collector an und berühren mit dem Prüfdraht die Klemmen Basis und Emitter. Ergebnis: Zur Basis fließt ein ganz schwacher Strom, zum Emitter ein etwas stärkerer Strom (Kennzeichen für den Collector).

### 57. Ein unbekannter Transistor

Wir schließen an die drei Transistor-Klemmen je einen gleich aussehenden Draht an, decken mit einem Papier zu und verwechseln darunter die Drähte beliebig. Es soll nun mit Hilfe der herausschauenden Drahtenden (deren Anschluß uns unbekannt ist), festgestellt werden, welcher



festgestellt werden, welcher Draht mit Basis, Emitter oder Collector verbunden ist. Der Hörer wird wie im vorhergehenden Versuch mit einem seiner Drähte an die negative Batterieseite angeschlossen.

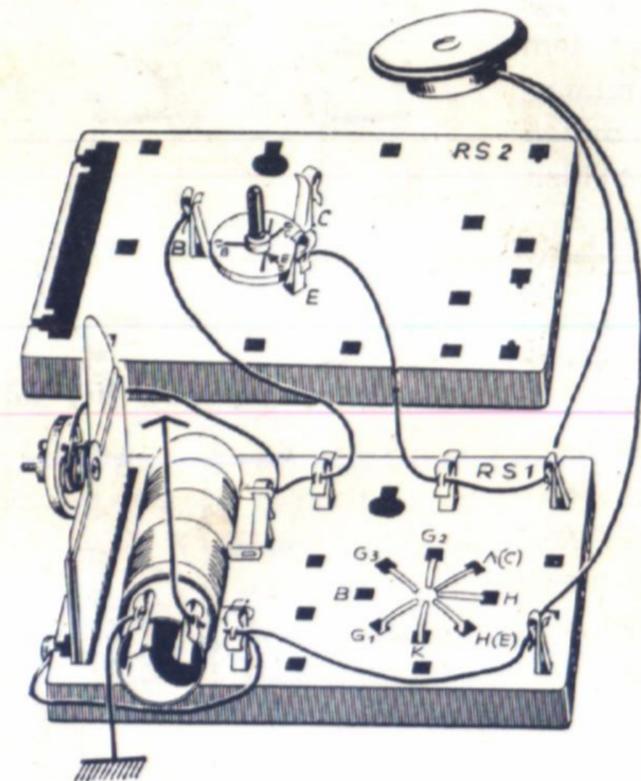
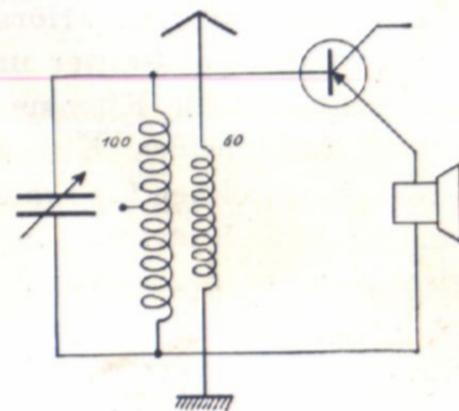
Wir suchen zuerst die Klemme, die bei Anschluß an das negative Ende des Hörers nach beiden anderen Klemmen starken Strom ergibt. Dies muß die Basis sein. Dann

schließen wir den nächsten Draht an das negative Ende des Hörers an und wenn wir bei den anderen Drähten keinen Strom beobachten, muß dieser Draht zum Emitter führen. Die dritte Klemme muß also der Collector sein, was sich dadurch bestätigt, daß von dort ein schwacher und ein etwas stärkerer Strom beobachtet wird. So sind wir im Stande, die Anschlüsse an jedem

Transistor zu bestimmen.

### 58. Der Transistor als Diode

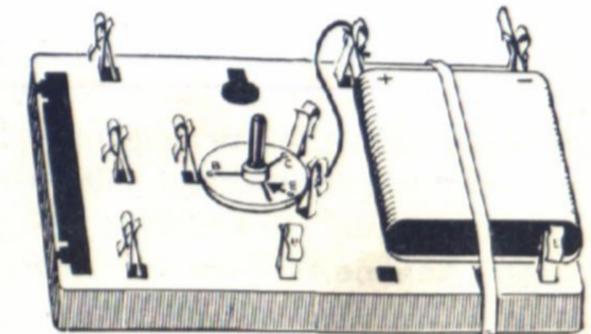
Wegen seiner einseitigen Leitfähigkeit kann der Transistor auch als Diode verwendet werden, indem man nur zwei Anschlüsse,



nämlich Basis und Emitter benützt. In der Richtung Basis-Emitter wird der Strom durchgelassen, in umgekehrter Richtung wird er gesperrt. Um dies zu erproben, stellen wir die Platte mit dem Transistor hinter die Platte RS 1 mit dem aufgebauten Diodenempfänger und schließen die Klemmen B und E des Transistors im Diodenempfänger an die Klemmen an, die bisher die Diode getragen haben. Die Klemme C bleibt unbenutzt. Durch Drehung des Kondensators suchen wir einen Sender und bekommen tatsächlich Empfang wie bei der Diode. Die Stromführung ist aus dem Schemabild nochmals ersichtlich.

### 59. Stromquelle für das Transistorgerät

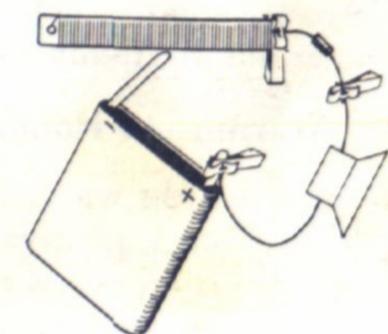
Die Diode arbeitet, wie wir jetzt wissen ohne Stromquelle. Auch der Transistor, sofern er als Diode wie in Versuch 58 verwendet wird, kommt ohne Batterie aus. Wenn wir aber den Transistor als Verstärker einsetzen, wobei alle drei Anschlüsse benützt werden, müssen wir ihn an eine Spannung, also an eine Batterie anschließen.



Die Anschlußfedern der Batterie werden in zwei an der hinteren Kante der Platte eingesteckte Klemmfedern angeschlossen und zugleich von diesen festgehalten. Von der kurzen positiven Batteriefeder ziehen wir eine Verbindung nach der Klemme E. Dieser Anschluß verbleibt dort für alle folgenden Versuche. Man muß sehr darauf achten, daß die Batterie immer mit der + Seite mit dem Emitter verbunden ist, durch falsche Stromrichtung könnte der teure Transistor zerstört werden.

### 60. Die alte schwache Taschenlampenbatterie

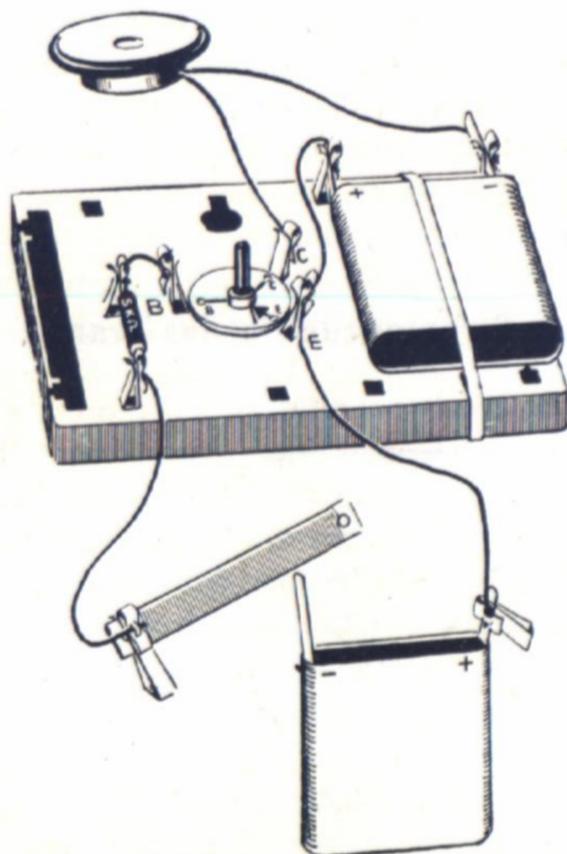
vermag kein Lämpchen mehr zum Leuchten zu bringen. Mit dem Hörer kann man aber feststellen, daß sie doch noch einen schwachen Strom liefert, der sich durch schwaches Knacken bemerkbar macht. Wenn man den einen Hörerdraht an den Widerstandstreifen anschließt und damit wie mit einer Feile über die längere Batteriefeder streicht, ist das knarrende Geräusch im Hörer zwar schwach, aber doch deutlich vernehmbar. Dieses schwache Geräusch wollen wir nun verstärken.



Um ganz sicher zu sein, daß der Batteriestrom wirklich schwach ist, lassen wir ihn sicherheitshalber noch den im Kasten befindlichen Widerstand  $5\text{ K}\Omega$  durchlaufen. Dieser ist an den Farbringen gelb-violett-rot zu erkennen. (Seite 51).

### 61. Einfache Verstärkung

Nachdem wir den Hörer an die Klemme Collector und an das negative Ende der guten Batterie angeschlossen haben, verbinden wir den Pluspol der schwachen Batterie auch mit der Klemme Emitter. Von der Basisklemme führt ein Draht über den Schutzwiderstand  $5\text{ K}\Omega$  an das Ende des in der Hand gehaltenen Widerstandsstreifens. Bei umgelegtem Hörer machen wir mit unserer „Feile“ wieder die kratzende Bewegung an dem langen Anschlußstreifen der schwachen Batterie. Das Geräusch im Hörer ist nun viel kräftiger. Der Transistor hat diese Verstärkung bewirkt.



### 62. Vorbereitung zur Empfangsverstärkung

Nachdem die Wirksamkeit des Verstärkers durch den vorigen Versuch bewiesen ist, benutzen wir das Transistorgerät dazu, die immer etwas schwache Sendung des Diodenempfängers lautstärker zu machen.

Dazu müssen auf der Transistorplatte noch einige Ergänzungen vorgenommen werden. In die Aussparung unterhalb des Transistors wird eine weitere Klemmfeder gesteckt, an diese und die Collectorklemme wird später der Kopfhörer angeschlossen. Weiter stecken wir in alle in der Abbildung von Versuch 59 gezeichneten Aussparungen eine Klemmfeder. Die Batterie liegt immer auf der rechten, frei gebliebenen Hälfte der Platte.

### 63. Warum ein Kondensator

Wenn wir nicht wie in Versuch 60 den Strom einer schwachen Batterie verstärken wollen, sondern die schwachen Wechselströme aus dem Diodenempfänger, müssen wir die von Basis und Emitter des Transistors kommenden Leitungen mit den Klemmen des Empfängers, an die in den Versuchen 47-50 der Kopfhörer angeschlossen war, verbinden. Dabei ergeben sich für

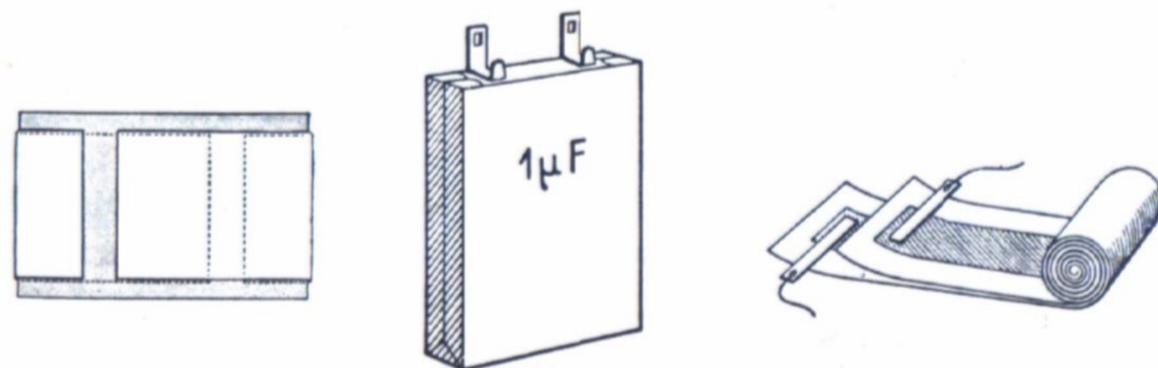
den Strom der Verstärkerbatterie unerwünschte Möglichkeiten, über die dort vorhandenen Spulen zur Basis zu gelangen.

Es sollen wohl die raschen Wechselströme zu dem Transistor gelangen, aber für den Gleichstrom soll der Durchgang gesperrt bleiben. Dies können wir mit der Diode erreichen, die ja den Strom in einer Richtung sperren kann, wenn wir sie so zwischen Spule und Basis einbauen, daß die Pfeilspitze des Schaltbildes von der Basis weg zur Spule weist, der aufgedruckte Balken also auf der Seite der Spule liegt. Besser ist es aber, wenn zwischen Zuleitung vom Empfänger und Basis des Transistors ein möglichst leistungsfähiger Kondensator eingeschaltet wird. Ein solcher besteht, wie wir aus Abschnitt 44 wissen, immer aus zwei mehr oder weniger großflächigen Metallplatten, die durch eine Isolierschicht voneinander getrennt sind. Es ist verständlich, daß der Strom einer Batterie eben wegen dieser Isolierschicht nicht von einer Metallplatte zur anderen fließen kann. Durch einen in die Drahtverbindung eingesetzten Kondensator ist der Stromweg für Batteriestrom, also für Gleichstrom gesperrt. Merkwürdigerweise wirkt ein Wechselstrom auch über einen solchen Kondensator hinweg weiter als ob kein Hindernis vorhanden wäre. Die Erklärung findet sich im III. Teil bei Versuch 98.

### 64. Allerlei von Kondensatoren

In Versuch 44 und 45 ist gesagt, daß ein Kondensator grundsätzlich aus zwei Metallflächen besteht, die durch eine Isolierschicht getrennt sind. Am deutlichsten sieht man diese beim Gitterkondensator 22.

Kondensator heißt eine solche Doppelplatte, weil sie eine verhältnismäßig große Elektrizitätsmenge eng zusammengedrängt, eben kondensiert, in sich anzusammeln vermag. Das Fassungsvermögen oder die Kapazität ist umso größer, je größer die einander gegenüber stehenden Flächen sind, darum wird



im Drehkondensator die eine Fläche aus den anderen beiden herausgedreht und so die Kapazität verkleinert.

Im Telefonkondensator 24 sind zwei dünne Aluminiumbänder zusammen mit einer trennenden Isolierfolie aufgerollt, so daß sie eine größere Fläche

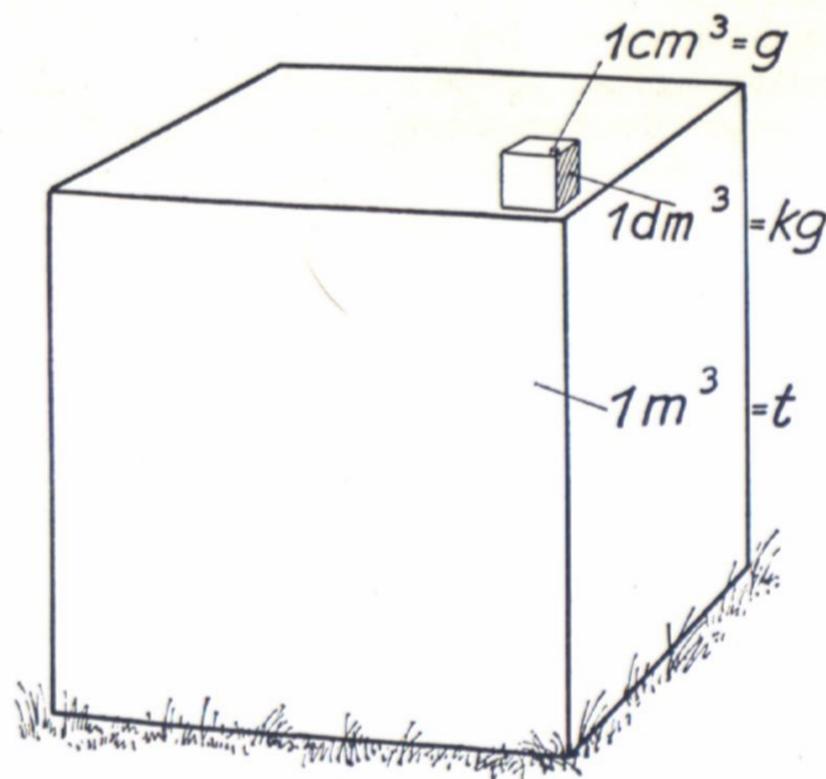
erhalten (Rollkondensator). In einem Blockkondensator stehen sich noch größere Flächen gegenüber und so kommt man hier zu sehr großen Kapazitäten. Das Fassungsvermögen eines Kondensators kann bei gleichbleibender Fläche dadurch noch weiter vergrößert werden, daß man die Isolierschicht möglichst dünn macht, also den Abstand der beiden Platten verkleinert. Man kommt so zu sehr kleinen Kondensatoren, die trotzdem eine große Kapazität besitzen.

### 65. Fassungsvermögen der Kondensatoren

Das Fassungsvermögen von Gefäßen oder Behältern kann man angeben in Kubikzentimetern (Probierrgläser), in Litern (Gießkannen) oder in Kubikmetern (Stauseen). Das Fassungsvermögen oder die Kapazität von Kondensatoren wird angegeben in Mikrofarad ( $\mu\text{F}$ ), oder für Kleinkondensatoren in Picofarad (pF). Ein Picofarad ist der millionste Teil eines Mikrofarad.

Die Kapazität des Gitterkondensators ist etwa 100 pF, die des Telefonkondensators 2 000 pF und der im obigen Versuch abgebildete Blockkondensator von 1  $\mu\text{F}$  hat ein 500mal größeres Fassungsvermögen, denn 1  $\mu\text{F}$  = 1 000 000 pF.

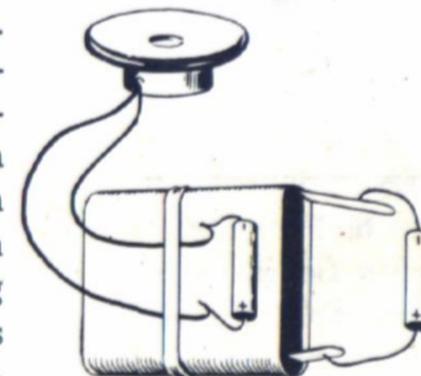
Zum Vergleich sei ein Behälter von  $1\text{m}^3$  gezeichnet, der die Abmessungen  $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$  aufweist. Darauf steht ein Würfel von  $1\text{dm}^3$  oder wie es uns auch bekannt ist von 1 Liter. Das winzige Würfelchen sei  $1\text{cm}^3$ , also je 1 cm lang, breit und hoch.



Es faßt nur eine sehr geringe Menge Wasser, weil erst 1 000  $\text{cm}^3$  Wasser zusammen 1 Liter ergeben und wiederum 1 000 Liter erforderlich sind, um den großen Behälter von  $1\text{m}^3$  Inhalt zu füllen, faßt dieser doch 1 000 000  $\text{cm}^3$ . Genau so verhalten sich auch die Maße für das elektrische Fassungsvermögen pF und  $\mu\text{F}$  zueinander, also 1 000 000 pF entsprechen 1  $\mu\text{F}$ .

### 66. Kapazitätsprüfung

Wenn man einen Kondensator an die beiden Anschlußstreifen einer Taschenlampenbatterie auch nur einen kurzen Augenblick anlegt, vermag er eine gewisse Elektrizitätsmenge aufzunehmen. Diese verbleibt darin, auch wenn man den Kondensator wieder von der Batterie weggenommen hat. Wir befestigen die etwas aufgerichteten Enden der Kopfhörerzuleitung mit Gummiband auf der Batterie. Wenn wir den Telefonkondensator mit seinen Drähten kurz an beide Anschlußfedern der Batterie anlegen, wird der Kondensator mit einer gewissen Elektrizitätsmenge „aufgeladen“. Hält man den Kondensator nach Abtrennen von der Batterie an die beiden Hörerdrähte, so erfolgt die Entladung durch einen kurzen Stromstoß, der im Hörer als leises Knacken wahrnehmbar wird. Wir wiederholen später diesen Versuch mit dem nach Versuch 69 selbstgebauten Elektrolyt-Kondensator, den wir in gleicher Weise an der Batterie laden (Plusseite des Kondensators unbedingt an die kurze Feder der Batterie), und entladen wieder über den Hörer. Das jetzt viel lautere Knacken zeigt, daß eine größere Elektrizitätsmenge gespeichert worden war.



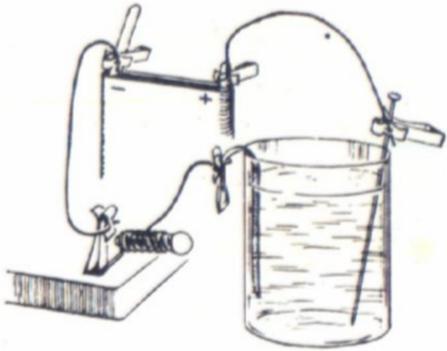
### 67. Elektrolyt-Kondensatoren

heißen so, weil bei ihnen die beiden Kondensatorbeläge nicht durch isoliertes Papier getrennt sind, sondern es stehen hier zwei verhältnismäßig kleine Aluminiumplättchen in einer elektrisch leitenden Flüssigkeit (Elektrolyt). Wir kennen alle die Erscheinung, daß manche Metalle beim Erhitzen „anlaufen“, d. h. sich mit einer dünnen Oxydschicht überziehen. Auch auf dem Aluminium kann man auf elektro-chemischem Weg eine solche hauchdünne Oxydschicht erzeugen, sie ist aber völlig farblos, darum nicht sichtbar und außerdem wird durch sie das Metall von der Flüssigkeit völlig isoliert.

Das Metall bildet die eine, die Flüssigkeit die andere Fläche des Kondensators. Isoliert voneinander werden die beiden Flächen durch die trennende, auf dem Aluminium selbst entstandene Oxydschicht, die außerordentlich dünn ist. Darum ist die Kapazität bei verhältnismäßig kleinen Flächen sehr groß.

## 68. Die Sperrschicht auf Aluminium

können wir selber erzeugen. In einem Trinkglas lösen wir einen Löffel voll „Natronpulver“ (Natriumbikarbonat) aus dem Haushalt auf. Wer zu Hause kein Natronpulver hat, kann eine ausreichende Menge in jeder Drogerie für wenig Geld bekommen.



Jetzt hängen wir einen breiten Streifen Aluminiumfolie (aus Schokoladepackungen) und einen großen Nagel in die Lösung. Der Strom soll vom Minuspol der Batterie zuerst durch ein Lämpchen als Stromanzeiger und von dort in die Aluminiumfolie fließen, schließlich durch die Flüssigkeit und durch den Nagel zur Batterie nach Plus zurück.

Wir sehen das Lämpchen dauernd leuchten, der Strom kann also vom Aluminium zum

Eisen dauernd fließen. Nun vertauschen wir die Anschlüsse an der Batterie, so daß der Strom nun vom Eisen zum Aluminium fließt. Wir sind überrascht. Das Leuchten nimmt bald ab, und erlischt völlig. Die chemische Zelle, die unser Glas darstellt, ist für den Strom undurchlässig geworden. Infolge der elektrischen Zersetzung hat sich am Eisen Wasserstoffgas entwickelt und am Aluminium hat sich Sauerstoff angelagert. Dieser hat sich mit dem Aluminium verbunden und auf seiner Oberfläche eine hauchdünne und unsichtbare Schicht von Aluminiumoxyd gebildet, das den Strom nicht leitet und so als Sperrschicht wirkt. Wir überzeugen uns durch nochmaliges Wechseln der Anschlüsse, daß der Strom in der ursprünglichen Richtung vom Aluminium zum Eisen immer noch und andauernd fließen kann. Wenn aber der Strom wieder in der Sperrichtung durchgeleitet wird, unterbleibt das Leuchten der Lampe schon von Anfang an. Die einmal gebildete Sperrschicht bleibt für späteren Stromdurchgang bestehen, man sagt, die Zelle ist durch die elektrolitische Behandlung *f o r m i e r t*.

## 69. Erklärung des Elektrolyt-Kondensators

Zwei leitende Flächen mit dazwischenliegender Isolierschicht bilden, wie wir wissen, zusammen einen Kondensator. Darum kann unsere Sperrschichtzelle aus Aluminium und der daran angrenzenden Flüssigkeit ebenfalls als Kondensator betrachtet werden (der Nagel dient nur als Zuleitung zur Flüssigkeit und seine Größe ist ohne Bedeutung).

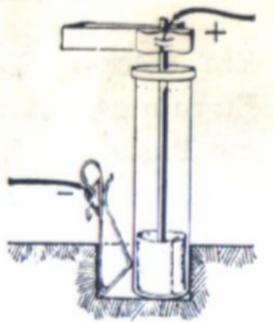
Während aber bei einem gewickelten Kondensator die trennende Papierschicht vielleicht  $\frac{1}{20}$  mm dick ist, beträgt die Dicke der Oxydschicht auf dem Aluminium ungefähr ein Millionstel Millimeter. Darum ist die Kapazität

dieses Elektrolyt-Kondensators trotz verhältnismäßig kleiner Aluminiumfläche das viel tausendfache eines gewöhnlichen Kondensators.

## 70. Der Becherkondensator

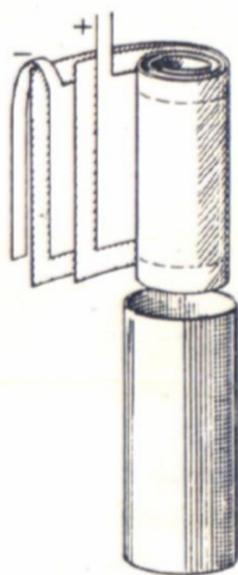
Weil sich auch bei verhältnismäßig kleinen Flächen große Kapazitäten erzielen lassen, bauen wir unter Benützung unseres Aluminium-Röhrchens, in dem die Eisenfeilspäne aufbewahrt sind, einen Elektrolyt-Kondensator. Die Eisenfeilspäne schütten wir in eine kleine Papiertüte, damit sie uns nicht verloren gehen. Wir erhitzen den Eisenstift 32 über einer Kerzenflamme. Wenn er heiß genug ist, drücken wir ihn auf die Mitte des Plastikstopfens, der das Aluminiumröhrchen abschließt. Der heiße Stift schmilzt ein Loch in den Kunststoff, durch das wir den Stift schieben können. Damit das untere Ende des Stiftes, der natürlich den Boden nicht erreichen darf, auch die Wand nicht berühren kann, ist ein etwa 1 cm breiter Ring aus Löschpapier eingeschoben. In das Aluminiumröhrchen füllen wir starke Natronlösung, die vom Versuch 68 noch vorhanden sein wird, und stecken den Plastikstopfen mit dem Stift wieder auf das Röhrchen. Das Röhrchen stecken wir in die große Bohrung in der Platte RS 2 direkt oberhalb des Transistors. In die quadratische Aussparung direkt daneben kommt eine Klemmfeder, die dem Aluminiumrohr einen festen Halt gibt und gleichzeitig den negativen Pol des Elektrolyt-Kondensators darstellt. Auf den Stahlstift stecken wir ebenfalls eine Klemmfeder, die den positiven Pol des Kondensators darstellt.

Der Kondensator muß aber zuerst *f o r m i e r t* werden, indem man den Stift einige Minuten mit der langen Batteriefeder und den vom Aluminium des Bechers kommenden Draht mit der kurzen Batteriefeder verbindet (Versuch 68). Nun prüfen wir die Kapazität des Kondensators entsprechend Versuch 66. Solche selbstgemachten Becherkondensatoren haben gegenüber käuflichen Kondensatoren den Nachteil, daß die Flüssigkeit auslaufen kann. Die im Handel erhältlichen Elektrolyt-Kondensatoren sind gegen das Auslaufen der Flüssigkeit abgedichtet. Wollen wir uns für die künftigen Versuche einen Kondensator kaufen, der unseren selbstgebastelten ersetzen soll, so müssen wir einen Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F, 12/15 Volt verlangen (siehe Einzelteilliste).



## 71. Der gewickelte Elektrolyt-Kondensator

Durch Vergrößerung der Aluminiumfläche, also durch Verwendung gewickelter Aluminiumbänder, kann sogar eine Kapazität von mehreren Mikrofarad erreicht werden. In der Zeichnung stellt das die Metallflächen trennende

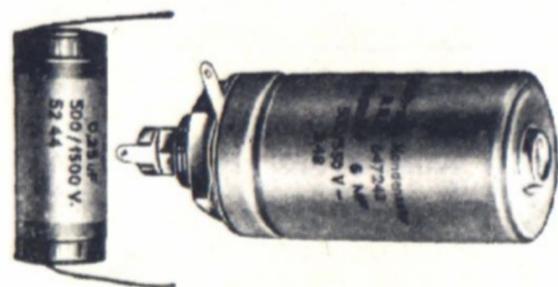


(schraffierte) Blatt kein Isolierblatt dar, sondern ein Löschpapier, das mit Elektrolyt-Flüssigkeit getränkt ist. Durch guten Verschluß wird dafür gesorgt, daß der äußerlich trockene Kondensator im Innern dauernd feucht bleibt. So ist ein handelsüblicher Elektrolyt-Kondensator aufgebaut.

## 72. Hochvolt- und Niedervolt-Kondensatoren

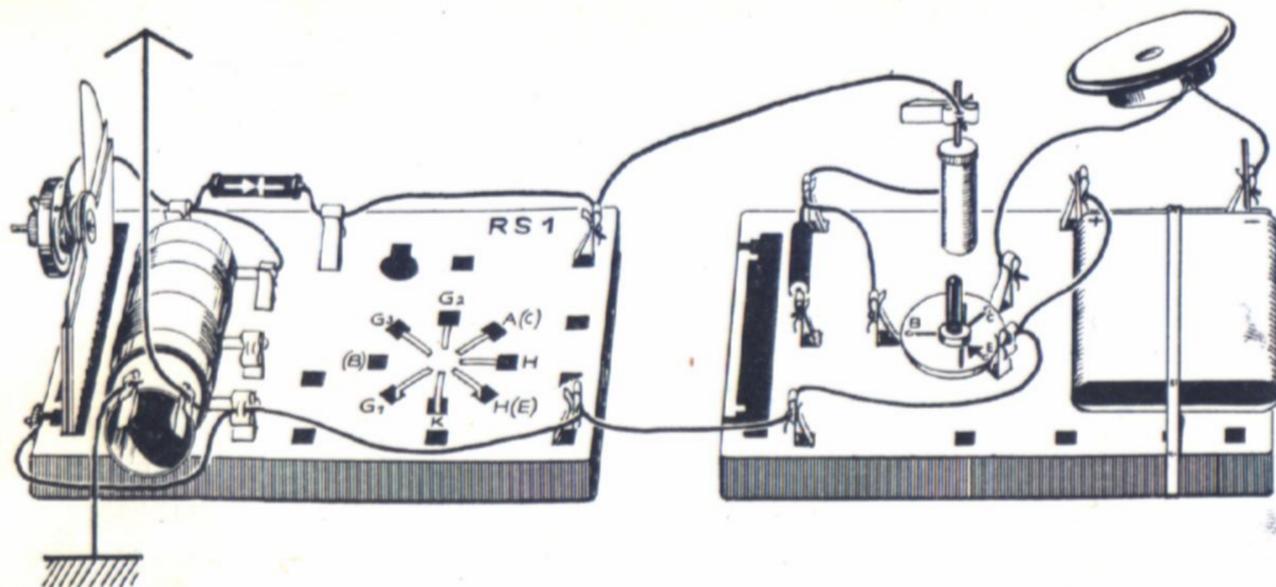
Für die niederen Spannungen können viel höhere Kapazitäten erreicht werden, weil durch die niedere Spannung beim Formieren (siehe Versuch 68) nur eine ganz dünne Oxydschicht erzeugt wird und darum bei gleicher äußerer Form und Größe die Kapazität größer ausfällt. Kondensatoren, die z. B. an 220 Volt angeschlossen werden, sind

beim Formieren zu einer dickeren Oxydschicht gekommen und haben deshalb eine verhältnismäßig kleine Kapazität. Man muß also für unsere Zwecke immer Niedervolt-Kondensatoren verlangen.



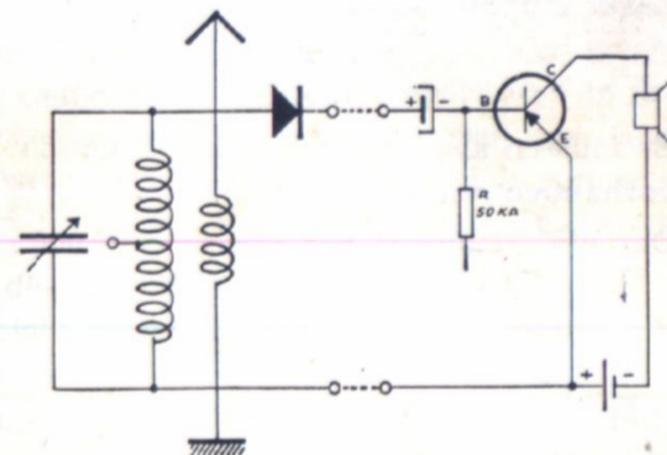
## 73. Der Anschluß-Kondensator

Ein solcher Elektrolyt-Kondensator soll für den Anschluß der aus dem Empfangsapparat des Versuchs kommenden elektrischen Schwingungen an die Basis des Transistorverstärkers dienen. Damit der Wechselstrom diesen bequemen Weg findet, verwenden wir den nach Versuch 69 selbstgebauten



Elektrolyt-Kondensator von großer Kapazität oder den gekauften Elko von  $10\mu\text{F}$ , als Anschluß-Kondensator.

Der Kondensator wird mit seinem Minus-Anschluß (Becher) an die Klemmfeder der Transistor-Basis angeschlossen. Den oben herausragenden Stift, also den Plusanschluß, verbinden wir mit der oberen der beiden Klemmen unseres immer noch auf der Grundplatte aufgebauten Diodenempfängers aus Versuch 49, an die bisher der Kopfhörer angeschlossen war. Die untere dieser beiden Klemmen wird mit dem Emitter verbündet. Der aus dem Collector verstärkte Strom wird über den nunmehr bei der Platte RS 2 angeschlossen Hörer nach dem Minuspol der Batterie geführt.



In der Abb. sieht man noch einen Widerstand mit  $50\text{ k}\Omega$ , der an der Basis angeschlossen ist und dessen zweiter Anschluß vorläufig noch frei bleibt. Wie erkennen wir nun, welcher Widerstand den Wert  $50\text{ k}\Omega$  hat. Früher waren alle Widerstände mit der Bezeichnung  $\dots\text{ k}\Omega$  versehen. Heute ist in allen Ländern die Kennzeichnung der Widerstände mit Farbringen üblich. Jeder Widerstand hat 3-4 Farbringe, die folgende Bedeutung haben:



Der erste Ring ergibt die erste Zahl, der zweite Ring die zweite Zahl und der dritte Ring die Anzahl der Nullen.

Die Farben bedeuten jeweils eine bestimmte Ziffer und zwar

schwarz	= 0	grün	= 5
braun	= 1	blau	= 6
rot	= 2	violett	= 7
orange	= 3	grau	= 8
gelb	= 4	weiß	= 9

Der 4. Ring gibt uns Aufschluß darüber, welche Genauigkeit dieser Widerstand hat. Diesen Ring brauchen wir für unsere Zwecke gar nicht berücksichtigen. Wir merken uns nur, daß als 1. Ring derjenige gilt, der den kleinsten Abstand zum Rand des Widerstandes hat.

Wir wollen jetzt einmal für unsere Widerstände 30, 31 und 26 die Farbringe suchen. Dazu müssen wir aber noch berücksichtigen, daß außer den Wider-

ständen nach der internationalen Einstufung noch Widerstände mit z. B. 5 K $\Omega$  (statt 4,7) und 50 K $\Omega$  (statt 47) im Handel sind. Diese haben den Widerstandswert meist als Zahl aufgedruckt.

Also, der Widerstand 30 hat 4,7 K $\Omega$  oder 4 700  $\Omega$

1. Zahl 4, Farbe gelb
2. Zahl 7, Farbe Violett
3. Zahl = 2 Nullen, rot

Es müssen also die ersten drei Ringe in der Reihenfolge gelb - violett - rot vorhanden sein.

Der Widerstand 31 hat 47 K $\Omega$  = 47 000  $\Omega$

1. Zahl 4, Farbe gelb
2. Zahl 7, Farbe violett
3. Zahl = 3 Nullen, orange

Hier folgen die Ringe gelb - violett - orange aufeinander.

Unser dritter Widerstand hat

- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 2 M $\Omega$ = 2 000 000 $\Omega$ | oder 2 200 000 $\Omega$  |
| 1. Zahl 2, Farbe rot              | 1. Zahl 2, Farbe rot     |
| 2. Zahl 0, Farbe schwarz          | 2. Zahl 2, Farbe rot     |
| 3. Zahl = 5 Nullen, grün          | 3. Zahl = 5 Nullen, grün |

Farbringe von 1 - 3: rot - schwarz - grün bzw. rot - rot - grün

#### 74. Der große Augenblick

ist gekommen, da wir den Erfolg unseres Bemühens mit dem Transistor genießen können. Aus dem Kopfhörer ertönt eine früher nur schwach empfangene Sendung in überraschender Lautstärke. Diese Verstärkung verdanken wir dem aus an sich schlecht leitenden Halbleiterkristallen zusammengesetzten Transistor.

Wir müssen uns vorstellen, daß die gewöhnlich fast gar nicht leitende Germanium-Strecke zwischen Emitter und Collector durch wenige aus der Basis durchfließende Elektronen augenblicklich eine viel größere Leitfähigkeit erlangt, sodaß zwischen Collector und Minuspol der Batterie, also über den Kopfhörer ein kräftiger Strom zu fließen beginnt. Die Verhältnisse liegen etwa so, wie es im Vergleich mit dem Wasserstrom im Versuch 50 dargestellt war. Die Leistung des Transistors kann noch durch Maßnahmen verbessert werden, wie in den folgenden Versuchen beschrieben.

#### 75. Ein Widerstand von 50 000 Ohm (50 k $\Omega$ ) oder 47 000 Ohm (47 k $\Omega$ )

kann uns helfen, eine noch bessere Verstärkung zu erzielen. Der Transistor arbeitet nämlich am besten, wenn seine Basis etwas negativ aufgeladen ist oder anders ausgedrückt, wenn die Basis gegenüber dem Emitter eine nega-

tive Vorspannung erhält. Die Ladung darf allerdings nur gering sein. Im Versuch 73 haben wir bereits den im Kasten enthaltenen Widerstand von 50 K $\Omega$  an der Basis des Transistors befestigt. Mit einem vom freien Ende des Widerstands kommenden Draht, berühren wir jetzt den negativen Batterieanschluß. Meist nimmt die Verstärkung durch diesen Anschluß der Basis an eine negative Spannung zu.

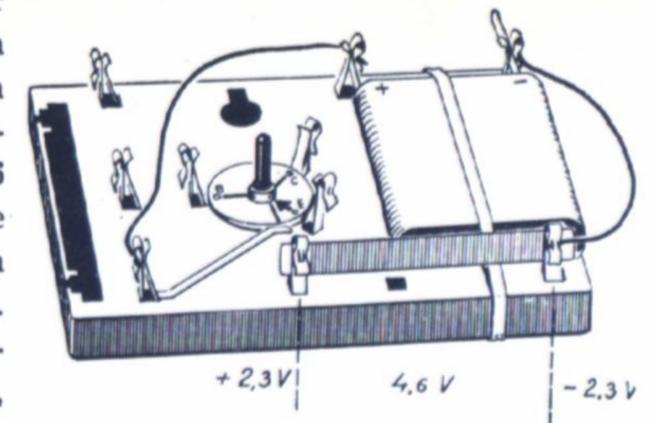
Bei der großen Schwierigkeit in der Fabrikation sind die Transistoren in ihren elektrischen Werten etwas verschieden voneinander und geben nur dann einen Höchstwert an Verstärkung, wenn die Basis an eine ganz bestimmte, in unserem Falle zwischen Plus und Minus der Batterie liegende Spannung angeschlossen wird.

#### 76. Der Spannungsteiler

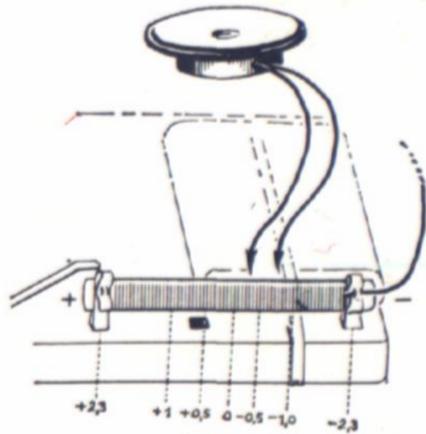
Zum Aufsuchen der günstigsten Spannung benutzen wir unseren Widerstandstreifen als Spannungsteiler. Wir befestigen den Streifen in den beiden, auf der Platte RS 2 unterhalb der Batterie noch freien Aussparungen mit 70 mm Abstand in zwei Klemmfedern. Vom negativen Batterieanschluß ziehen wir einen Draht nach der rechten Klemme des Widerstandstreifens. Links neben dem Widerstandstreifen befestigen wir die Tasterfeder so, daß sie beim Niederdrücken auf die andere Anschlußklemme des Widerstandstreifens trifft. Der Taster wird mit dem positiven Pol verbunden. Für den nachfolgenden Versuch trennen wir die Anschlußdrähte zum Dioden-Empfänger ab, die anderen Verbindungen können bleiben, weil ohnehin der Transistor bei diesem Versuch nicht mitwirkt.

Jetzt überlegen wir uns was geschieht, wenn wir auf den Taster drücken. Der Strom der vielleicht nicht mehr ganz frischen Batterie fließt in einem ganz einfachen Kreislauf durch den Widerstand. Dieser bekommt die ganze Spannungsdifferenz von z. B. 4,6 Volt zu spüren, die an der Batterie zur Verfügung steht und wird sich durch den Strom dabei erwärmen. Weil die Batterie durch diesen starken Strom sehr rasch entleert wird, darf in den folgenden Versuchen der Taster nur kurzzeitig gedrückt werden.

Ist der Streifen, der einerseits an plus, andererseits aber auch an minus angeschlossen ist, nun als plus oder minus elektrisch zu betrachten? Es trifft beides zu. Wie in der Zeichnung angeschrieben ist, muß man sich vorstellen, daß am linken Anschluß eine Spannung von plus 2,3 Volt herrscht, am rechten



Anschluß ist die Spannung dagegen mit minus 2,3 Volt anzunehmen. Längs des Streifens nimmt die Spannung langsam ab, wird zu Null und sinkt dann weiter bis auf minus 2,3 Volt. Auf jeden Zentimeter der 7 cm langen Widerstandswicklung entfällt somit eine Spannung von ca. 0,65 Volt.

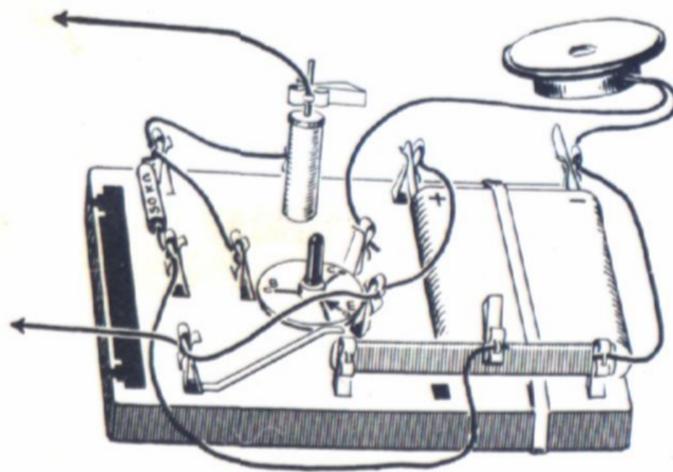


Nachdem wir dies wissen, können wir den vorübergehend vom Empfänger abgelösten Kopfhörer statt an die volle Batteriespannung auch an 0,5 Volt anschließen, indem wir seine beiden Drähte an beliebiger Stelle mit 8 mm Abstand an den Widerstand halten und durch Niederdrücken des Tasters den Strom fließen lassen. Auch bei dieser geringen Spannung können wir wieder das vertraute Knacken im Hörer vernehmen.

### 77. Potentiometer zum Auffinden des besten Arbeitspunktes

Nachdem wir den Empfänger wieder mit dem Transistor-Verstärker verbunden, den Kopfhörer in seine Klemmen eingesetzt und eine Sendung eingestellt haben, können wir mit dem vom Widerstand 50 kΩ kommenden losen Draht jeden beliebigen Punkt auf dem Widerstandstreifen berühren. Wenn wir genau die Mitte berühren, ist der Widerstand und damit die Basis des Transistors offenbar an die Spannung Null angeschlossen. Wir können ebenso nach links zu positiven Spannungen und nach rechts zu negativen Spannungen übergehen. Wir werden eine Stelle finden, wo der Empfang am lautstärksten ist. Wenn der lose Draht mit einer Klemmfeder verbunden wird, können wir ihn an der gefundenen Stelle auf den Widerstandstreifen aufstecken. Der Widerstandstreifen mit verschiebbarem Mittelanschluß ist jetzt ein sog. Potentiometer, also ein regelbarer Spannungsteiler.

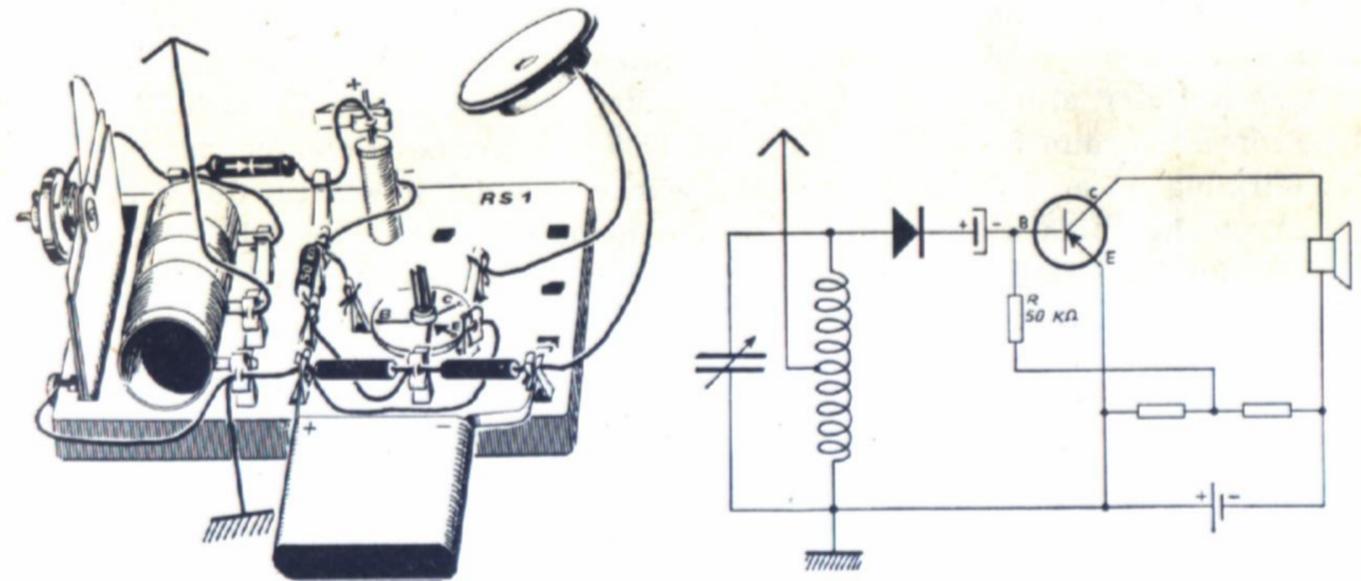
Leider hat unser Streifen mit Rücksicht auf seine Verwendung in anderen Versuchen nur wenige Ohm Widerstand und würde bei dauernder Einschaltung die Batterie in kurzer Zeit erschöpfen. Die in der Radiotechnik zusammen mit Transistoren verwendeten Potentiometer haben einen Widerstand von 1 000 oder gar 10 000 Ohm und können so dauernd eingeschaltet bleiben.



Es ist in dem nachfolgenden Versuch 79 beschrieben, wie wir den Arbeitspunkt unseres Transistors einstellen und in dieser Einstellung dauernd belassen können, ohne daß die Batterie dabei entladen wird.

### 78. Der Zusammenbau zum eigentlichen Transistor-Empfänger

wird nun auf der Grundplatte RS 1 vorgenommen. Auch hier kann der Transistor auf dieselbe Weise angebracht werden, ebenso ist die große Bohrung mit danebenliegender quadratischer Aussparung für den selbstgebauten Elektrolyt-Kondensator und unten rechts wieder die Möglichkeit zur Anbringung des Widerstandstreifens vorhanden. Auf der Platte ist noch vom vorherigen Versuch der Drehkondensator aufgebaut. Die Antenne wird an die mittlere Anzapfung der Spule angeschlossen. Die Abbildung zeigt uns den fertig aufgebauten Empfänger und daneben das zugehörige Schaltschema. Allerdings sind in der Abbildung bereits die beiden als Ersatz für den Widerstandstreifen eingebauten Widerstände abgebildet. Vorläufig tasten wir noch mit dem freien Ende des 50 kΩ-Widerstandes unseren Widerstand ab und bestimmen so den besten Empfang. Wir haben damit den sogenannten Arbeitspunkt für den Transistor gefunden, dort wo also die Basis die günstigste negative Vorspannung erhält.



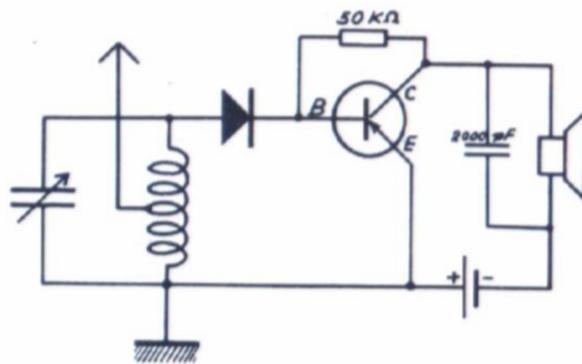
### 79. Ein Potentiometer für dauernden Anschluß

muß einen hohen Widerstand von ca. 1000 Ohm besitzen. Wenn wir vorhin in Versuch 76 festgestellt haben, daß der beste Arbeitspunkt sich im linken Viertel des Widerstandstreifens befand, die Widerstände zwischen Arbeitspunkt und den Batterieanschlüssen sich also wie 1 : 3 verhalten, dann können wir die gleiche Spannungsteilung erreichen, indem wir zwei im gleichen

Verhältnis stehende (billige) Widerstände hinzukaufen, z. B. 250 Ohm und 750 Ohm (siehe Bestellschein zum Nachbezug von Ersatzteilen).

Diese Widerstände bauen wir so in unsere Schaltung ein, wie es in der Abbildung des letzten Versuches schon gezeigt wurde. Wenn nun noch der bewegliche Draht, der vom 50 k $\Omega$ -Widerstand kommt, an die Verbindung zwischen unseren neuen Widerständen geführt wird, erhält der Transistor die richtige Spannung für die Basis.

Bei nebenstehender Schaltung wird die negative Basisvorspannung ohne zusätzliche Widerstände durch den zwischen Collector und Basis geschalteten 50 k $\Omega$ -Widerstand erreicht.



### III. Versuche mit Radioröhren

Die ersten Versuche zur Übertragung von Nachrichten durch elektrische Wellen machte schon 1897 Marconi und benutzte dabei zum Nachweis der Wellen den Kohärer, also eine Art Feilspanbrücke, wie in unserem Versuch 18.

Professor Braun in Straßburg erfand 1905 den Kristall-Detektor, der in der Wirkung unserer Diode entsprechen würde und damit wurden durch Jahrzehnte hindurch die Sendungen hörbar gemacht. Etwa vom Jahre 1920 an brachte die Erfindung der Radioröhre durch Lee de Forest die erste Möglichkeit zur Verstärkung der ankommenden Wellen und mit der Einführung der Radioröhre begann die gewaltige Entwicklung der Radiotechnik bis zum allgemeinen Rundfunk und Fernsehen von heute.

Trotz der in neuester Zeit erfolgten Erfindung und Verwendung des Transistors spielt die Radioröhre immer noch eine große Rolle. Darum sollen uns die letzten Versuche lehren, die Wirkungsweise der Röhrengeräte zu verstehen.

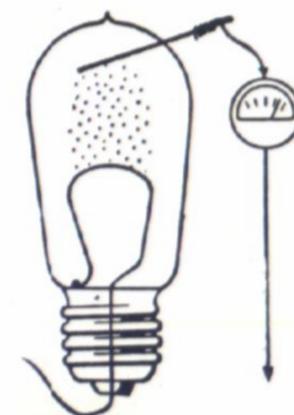
#### 80. Eine Experimentieröhre

Der Gedanke, irgendeine Röhre aus einem außer Betrieb gesetzten älteren Radio auszubauen und für die Versuche zu verwenden, ist, weil man so vielleicht kostenlos in den Besitz einer Röhre gelangt, naheliegend, führt aber kaum je zum Erfolg. Diese Röhren benötigen nämlich, um zu arbeiten, die Zufuhr hoher Spannung von 90 - 220 Volt, die unserem Radiomann nicht zur

Verfügung stehen. Die Radioapparate beziehen diese hohe Spannung über besondere Netzanschlußgeräte aus dem Lichtnetz oder soweit es sich um tragbare Apparate handelt, aus teuren Batterien mit höheren Spannungen. Es wäre auch nicht ratsam, die erforderlichen hohen Spannungen aus einem ausgebauten und teilweise zerlegten Radio zu beziehen. Man muß nämlich wissen, daß die Spannung der Lichtleitung (220 Volt) und auch schon die Spannung von 100 Volt lebensgefährlich ist und zu tödlichen Unfällen führen kann. Es soll darum auch sehr davor gewarnt werden, etwa an einem offenen Radiogerät, das noch an die Lichtleitung angeschlossen ist, irgendwelche Experimente zu machen. Ein völlig gefahrloses Arbeiten ist nur mit Spannungen unter 30 Volt möglich. Erst seit kurzer Zeit gibt es moderne Röhren, die mit Spannungen zwischen 10 und 30 Volt auskommen und deshalb auch mit Taschenlampenbatterien betrieben werden können. Die für die folgenden Versuche benutzte Röhre kann im Kasten vorerst nicht enthalten sein, ist aber beim Lieferanten des Radiomann erhältlich.\*) Damit lassen sich viele interessante und völlig gefahrlose Versuche durchführen. Das Fach zum Unterbringen der Röhre ist im Kasten bereits vorhanden. In diesem Fach ist ein kleiner Zettel eingelegt, der dir über die wichtigsten elektrischen Eigenschaften dieser Röhre Aufschluß gibt.

#### 81. Der Versuch von Edison

Der Deutsche Heinrich Goebel hat 1854 die erste elektrische Glühlampe gebaut und verwendet, aber erst 25 Jahre später hat sie der Amerikaner Edison so weit verbessert, daß sie allgemein eingeführt werden konnte. Das war nicht so einfach wie es heute scheinen möchte, erforderte vielmehr eine Unmenge umständlicher Versuche. Bei einem dieser Versuche hatte Edison außer dem Glühfaden auch einmal einen Metalldraht eingesetzt, der nicht wie der Glühdraht vom Strom durchflossen wurde. Diese Lampe hat er luftleer gepumpt. Dabei machte er die überraschende Beobachtung, daß man aus diesem Draht Strom herausziehen kann, solange die Lampe glüht. Das war sehr merkwürdig, weil der Draht nirgends mit dem vom Strom gespeisten Glühdraht in Verbindung stand. Die Erscheinung trat aber nur dann auf, wenn der Glühfaden in starker Weißglut war. Bei einem nur schwach glühenden oder gar bei einem völlig kalten Faden war kein Strom herauszubringen. Die Erscheinung wurde erst später erklärt. In einem glühenden Draht denkt man sich die kleinsten Teile des Drahtes in lebhafter Schwingung begriffen. Bei



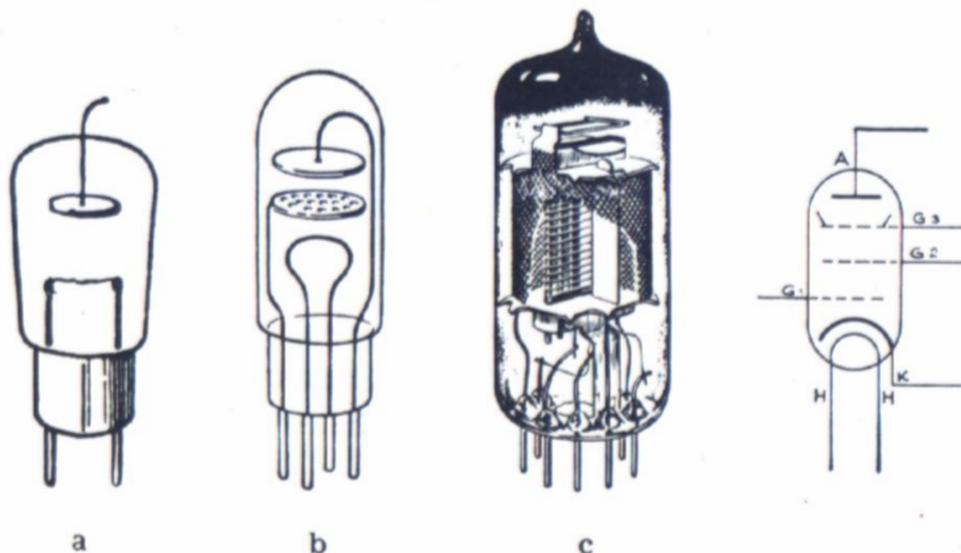
\*) Bestell-Nr. 62 - 1209.2

dieser Bewegung werden viele der durch den Draht fließenden Teilchen des elektrischen Stromes, die sog. Elektronen, vom Draht abgeschleudert, sie umgeben den Draht wie eine Staubwolke. Viele der umherschwirrenden Elektronen geraten zufällig auf den kalten stromlosen Draht und können dann von diesem abgeleitet werden. Der heiße, Elektronen aussendende Draht wird „Kathode“, der kalte Draht, mit dem man die Elektronen herausziehen kann, wird „Anode“ genannt.

## 82. Aus der Glühlampe wird die Radoröhre

Jede Radoröhre hat nun einen solchen Glühdraht, der Elektronen ausschleudert. Allerdings wird er meist unsichtbar sein, weil häufig die Glaswand innen verspiegelt ist. Bei den heutigen Röhren wäre auch ohne Verspiegelung sein Glühen nur schwer zu beobachten. Man hat nämlich später herausgefunden, daß ein Glühdraht, der mit Thorium-Oxyd überzogen ist, schon bei ganz schwachem Glühen reichlich Elektronen aussendet. Alle Radoröhren haben heute nur noch solche schwach glühenden Glühdrähte (Heizdrähte). Anstelle des einfachen Ableitungsdrahtes ist in der Radoröhre ein Blechstück angebracht, das Anode genannt wird. Der Anschlußdraht zur Anode ist in der Zeichnung a oben aus dem Glas herausgeführt, wie es bei manchen älteren Röhren zu sehen ist. Heute ist meist der Anodendraht an dem Fuß der Röhre zu einem Steckstift geführt. Die Abbildung b zeigt, wie in einer älteren Röhre ein durchlocht Blech als Gitter zwischen Heizdraht und Anode eingebaut ist. Die vom Heizdraht austretenden Elektronen müssen durch die Löcher dieses Gitters sausen, wenn sie zur Anode gelangen wollen. Von der Anode und vom Gitter führen Drähte zu einem Stift am Sockel, der je nach Röhrentype 4 - 9 Stifte aufweist.

In der Weiterentwicklung gab man dem Anodenblech die Form eines hohlen



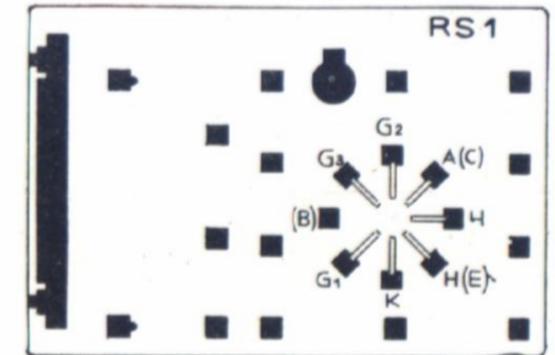
Zylinders, durch welchen der Heizfaden führt. Das Gitter wird durch eine locker gewickelte Spirale dargestellt. (Abb. c).

Unsere Experimentieröhre ist eine sogenannte Pentode (Fünfpolröhre) d. h. sie hat außer Anode und Kathode noch drei Gitter, deren Funktionen wir später kennenlernen werden.

## 83. Wir betrachten unsere Rundfunkröhre

Die Röhre hat am Sockel 7 Stifte. Warum wohl 7 Stifte, obwohl wir eben erst erfahren haben, daß es eine Fünfpolröhre ist. Nun an den beiden restlichen Stiften ist der Heizfaden angeschlossen. Im Versuch 85 findet ihr noch nähere Angaben über die Heizung einer Röhre. Wenn wir unsere Grund-

platte betrachten, sehen wir, daß die kreisförmig angeordneten quadratischen Aussparung mit Buchstaben bezeichnet sind, um die wir uns bis jetzt überhaupt nicht gekümmert haben. Ihr habt sicher auch schon die kleinen Verbindungsfedern 33 aus Messing entdeckt, die von den kleinen Bohrungen zu den großen Aussparungen heraus-



führen. Sie dienen dazu, die Anschlüsse an die kleinen Röhrenstifte mit unseren verhältnismäßig großen Klemmfedern zu ermöglichen. Weiter habt ihr schon bemerkt, daß an einer Stelle die Röhrenstifte einen größeren Abstand voneinander haben. Es fehlt gewissermaßen ein achter Stift und in der Grundplatte eine achte kleine Bohrung. Dadurch ist die Sicherheit gegeben, daß die Röhre nicht falsch eingesetzt werden kann. Die Röhre soll immer zuerst auf die Platte aufgesetzt sein, bevor wir die Batterien anschließen. Auch beim Anschließen der Batterien müßt ihr sorgfältig darauf achten, daß an die Klemmen H-H für den Heizfaden der Röhre nie mehr als eine Batterie mit 4,5 Volt oder vom Transformator 6 V angeschlossen wird, da der Heizfaden sonst durchbrennt und die Röhre rettungslos unbrauchbar wird. Damit die vom Heizfaden weggeschleuderten Elektronen auf ihrem Weg zur Anode nicht mit Luftteilchen zusammenstoßen, ist alle Luft aus der Röhre herausgesaugt worden. Um auch trotzdem noch vorhandene letzte Luftreste zu beseitigen, hat man ein kleines Stück geeignetes Metall in der Röhre zerstäubt, so daß es die allerletzten Luftteilchen an sich reißt. Dieser Metallnebel schlägt sich an der Innenwand des Glasgefäßes als spiegelnder oder auch als schwarzer Belag nieder, je nach Art des verwendeten Metalls. Dieser Belag ist also keineswegs ein Zeichen, daß diese Röhre nicht mehr neu und etwa schon verbraucht wäre.

Der Belag ist aber auch schuld daran, daß wir die inneren Teile unserer

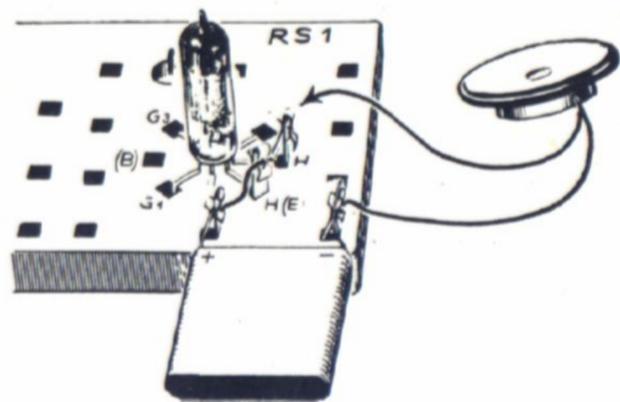
Röhre meist nicht genau erkennen können. Immerhin sehen wir, daß das Anodenblech die Form eines zylindrischen gelochten Blechringes hat. Durch die seitlichen Löcher dieses Anodenblechs können wir außerdem die Drahtspirale eines der drei Gitter erkennen.

#### 84. Der erste Röhrenversuch

Für die Versuche mit der Radioröhre brauchen wir vor allem die für Röhrenversuche besonders eingerichtete Grundplatte RS 1. Es wird darum am besten sein, wenn wir den Transistor und die sonstigen Teile der letzten Versuchsanordnung wieder abnehmen und in ihre Fächer im Kasten zurücklegen. Auch die Schwingkreispule und ihre Anschlüsse zu Antenne und Erde nehmen wir wieder ab.

Dann setzen wir die Röhre in die dazu bestimmte Fassung auf der Platte mit den Verbindungsfedern 33 ein (mit der Seite, wo ein Stift zu fehlen scheint, nach links). In die mit H bezeichneten Aussparungen setzen wir je eine Klemmfeder ein und verbinden eine dieser Klemmen mit einem Pol der Taschenlampenbatterie. An die andere Batterieklemme schließen wir einen Draht des Kopfhörers an und berühren mit dem zweiten Draht die zweite Klemme H des Heizfadens.

Ein deutliches Knacken im Hörer zeigt an, daß Strom durchgeht, weil die beiden Klemmen H im Innern der Röhre durch den Heizfaden miteinander verbunden sind. Wenn das Knacken nicht auftritt, muß angenommen werden, daß der Heizfaden durchgebrannt ist, weil er versehentlich an eine zu starke Batterie angeschlossen wurde und da kann auch kein Radiodoktor mehr helfen. Wenn man mit dem Draht des Kopfhörers an die anderen Anschlüsse der Röhren tippt, also bei A, K, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> oder G<sub>3</sub>, darf es nicht knacken, denn der Heizfaden hat mit Anode, Gitter und Kathode keine direkte Verbindung. Falls es bei diesem Versuch ein richtiges Knacken geben sollte, könnte es nur so erklärt werden, daß sich im Innern der Röhre durch starke Erschütterungen eine Verschiebung und dadurch eine Verbindung zum Heizfaden ergeben hätte, was die Röhre ebenfalls unbrauchbar machen würde.



85. Die Kathode wird geheizt

In den früheren Röhren, wie sie in Versuch 81 beschrieben wurden, mußte der glühend gewordene Heizfaden selbst die Elektronen aussenden. In den

neueren Röhren, wie bei der unsrigen, läßt man die Elektronen nicht vom Glühfaden selbst ausgehen, sondern man umgibt den Glühfaden mit einem hitzebeständigen Röhrchen, das auf seiner Außenseite mit einer besonderen metallischen Schicht überzogen ist, die dann die Elektronen aussenden soll. Sie tut dies, sobald sie durch die Wärme des durch die Röhre führenden Heizfadens genügend erhitzt ist. Unsere Röhre hat also eine sog. indirekte Heizung. Die Elektronen aussendende Schicht heißt Kathode, von der aus ein besonderer Draht nach außen gezogen ist, nach K.

Eine solche indirekt geheizte Röhre hat besonders den Vorteil, daß sie statt mit dem Gleichstrom einer Taschenbatterie auch mit dem Wechselstrom aus dem KOSMOS-Transformator geheizt werden kann. Man müßte sie dort mit dem 6 Volt-Anschluß verbinden.

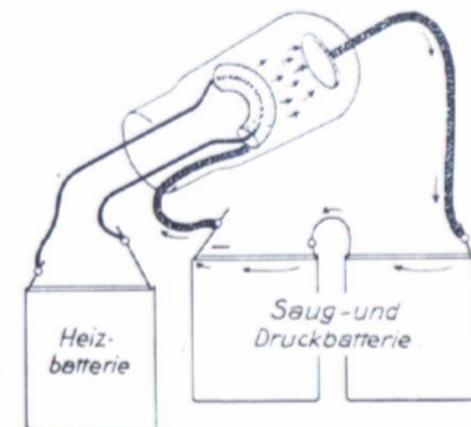
Wenn man eine Röhre, in der der Heizfaden selbst als Kathode dient, mit Wechselstrom heizen wollte, würde sich der Heizfaden bei jedem Stromwechsel, also in jeder Sekunde hundertmal abkühlen und wieder erwärmen. Dieser dauernde Wechsel würde - wie wir aus den nachfolgenden Abschnitten ersehen werden - einen mit der Frequenz des Wechselstromes schwankenden Anodenstrom ergeben, was sich im Kopfhörer als Brummen bemerkbar macht.

Bei indirekter Heizung des Kathodenröhrchens dauert es einige Sekunden, bis die erforderliche Temperatur erreicht ist und das Röhrchen vermag sich dann aber in der Pause zwischen den einzelnen Stromstößen des Wechselstromes nicht merklich abzukühlen und liefert daher einen gleichmäßigen Elektronenstrom nach der Anode.

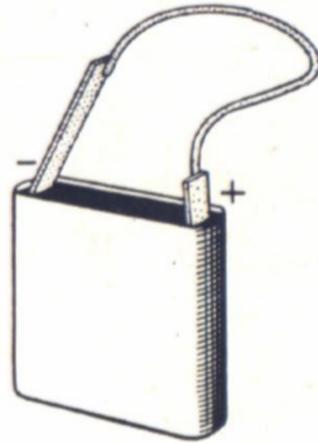
#### 86. Elektronen im leeren Raum

Sobald der Glühdraht und damit die Kathode durch den Strom aus der Heizbatterie genügend erhitzt ist, treten aus der Kathode zahlreiche winzige Elektronen aus und es bildet sich um die Kathode herum eine dichte, aber unsichtbare Elektronenwolke. Die Elektronen sind nämlich unfassbar klein, ihr Durchmesser mißt etwa den millionsten Teil von einem millionstel Millimeter!

Zahlreiche Elektronen fallen auf die Anodenplatte, andere fallen wieder auf die Kathode zurück. Wir wollen die Elektronen aus der Nähe der Kathode absaugen. Nach Versuch 31 dieser Anleitung können wir eine Taschenlampenbatterie als eine solche Elektronenpumpe betrachten, die die Elektronen aus dem kurzen Batteriestreifen heraussaugt, der



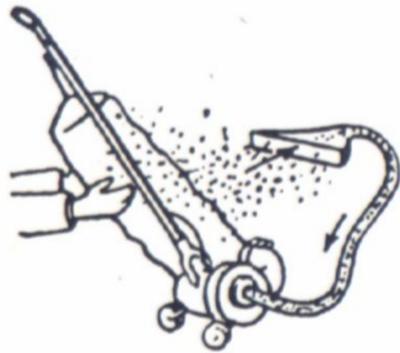
also mit „+“ zu bezeichnen wäre, und die dann die Elektronen durch die Batterie hindurch in den längeren Batteriestreifen hineindrückt, der dadurch also mit Elektronen überfüllt wird (dieser Streifen wird mit „—“ bezeichnet). Zur Verstärkung der Saugwirkung verwenden wir zwei oder gar drei Batterien, zwischen denen die Verbindung eines langen mit einem kurzen Anschlußstreifen ziemlich fest wird, wenn wir sie nach der Abbildung in Versuch



87 zusammenbiegen und mit der Zange etwas knicken. Diese Saug- und Druckbatterie wird mit dem Saugende (+) über eine Klemmfeder nach der mit A bezeichneten Anodenbuchse auf der Grundplatte verbunden. Von dem negativen langen Anschlußstreifen der Batterie, aus dem der Elektronenstrom hinausgedrückt wird, führen wir eine Verbindung zu der mit K bezeichneten Kathode. Über diese Klemmen werden die aus der Anode abgesaugten Elektronen immer wieder in die Kathode gepreßt, von wo sie den Kreislauf von neuem beginnen. Dies ist allerdings nur der Fall, solange die Kathode durch den Strom einer dritten Batterie, der sog. Heizbatterie oder eines Transformators soweit erhitzt ist, daß sie Elektronen aussenden kann. Das Absaugen der Elektronen wird erleichtert, wenn wir von den bisher nicht benutzten Anschlüssen G<sub>3</sub>, dem sogenannten Bremsgitter, eine Verbindung zu der Kathode herstellen und vom Schirmgitter G<sub>2</sub> zu dem Pluspol der Anodenbatterie eine Leitung ziehen.

Den Kreislauf der Elektronen können wir uns anhand eines Staubsaugers veranschaulichen. Der feine Staub soll die Elektronen darstellen. Wir denken uns einen Staubsauger, dessen Motor einen Ventilatorflügel treibt, der die Luft bei dem Mundstück rechts einsaugt und sie mit dem Staub nach links in den Staubbeutel zieht, wo der Staub zurückbleibt. Wir könnten den Staubsaugerbeutel energisch schütteln, bis eine schwache Staubwolke durch sein Gewebe austritt. Wenn man das Mundstück des Staubsaugers richtig hält, würde er die in unserem Bilde aus dem Beutel kommende Staubwolke aufsaugen und den Staub wieder in den Beutel zurückführen. Solange der Motor arbeitet und wir den Beutel tüchtig rütteln, beschreibt der Staub einen fortwährenden Kreislauf.

Auf dem Bild der einfachen Radioröhre hat der Strom der einzeln stehenden Batterie nur die Aufgabe, die röhrenförmige Kathode soweit zu erhitzen, daß massenhaft Elektronen aus ihr austreten. Die verstärkte Doppelbatterie saugt die auf

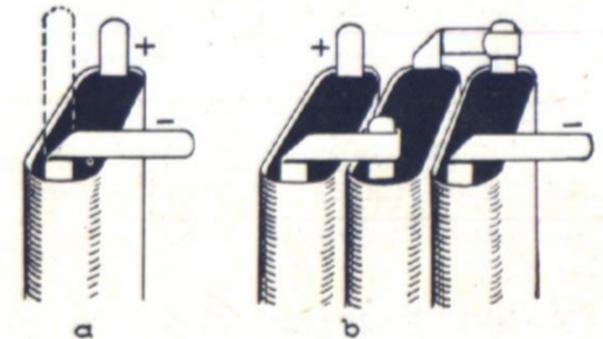


62

die kreisförmige Anodenplatte gefallenen Elektronen rechts ab nach der Batterie und preßt sie aus dem linken Ende der Batterie wieder hinauf in die Metallschicht des heißen Kathodenröhrchens. So entsteht ein fortwährender Kreislauf der Elektronen.

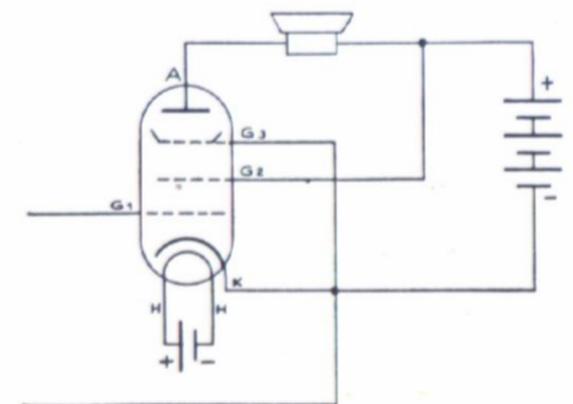
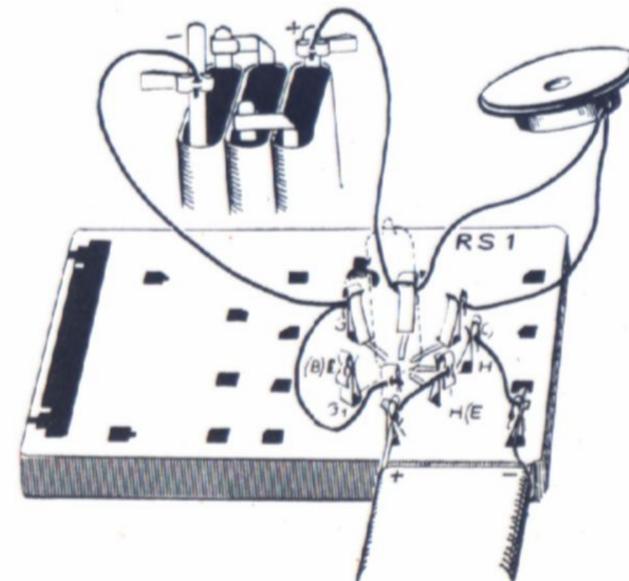
### 87. Die Anodenbatterie saugt Strom aus der Anode

Als Elektronenpumpe benutzen wir vorerst zwei, später drei Taschenlampenbatterien, die ja die Fähigkeit haben, Elektrizität mit ihren kurzen Blechstreifen anzusaugen und in die langen hineinzupressen. Beim Verbinden der drei Batterien muß immer ein langer Streifen der einen Batterie mit dem kurzen Streifen der anderen Batterie verbunden sein. Es bleibt dann in der Batteriereihe einerseits ein langer Streifen und andererseits ein kurzer Streifen übrig. Die Anodenbatterie besteht wegen der besseren Saugwirkung aus drei Einzelbatterien. Die Abbildung zeigt, wie wir diese untereinander verbinden. Der lange Streifen wird abgebogen (am besten mit einer kleinen Zange) und um den kurzen Streifen der nächsten Batterie herumgebogen. Es ist darauf zu achten, daß immer ein langer (minus) mit einem kurzen (plus) Streifen zusammenkommt. Die Spannung dieser Anordnung beträgt bei drei Batterien dann etwa 13 Volt.



Die Elektronen sollen über das Anodenblech abgesaugt werden. Die Versuchsanordnung ist im Aufbau und als Schaltschema in den Abbildungen dargestellt.

63



Sämtliche Anschlüsse zu der Röhre sind jetzt mit Klemmfedern versehen, wobei vorläufig nur das Steuergitter  $G_1$  noch frei bleibt. Der neu hinzugekommene Kopfhörer zeigt uns beim Einschalten der Anodenbatterie, ob im Anodenkreis auch tatsächlich ein Strom fließt. Wir verbinden den kurzen Batteriestreifen durch einen Draht mit dem einen Anschluß des Kopfhörers und mit dem Gitter  $G_2$ . Das andere Ende des Hörers wird mit der Anode A verbunden. Der Pluspol der Batterie saugt nunmehr über den Kopfhörer Elektronen aus dem Anodenblech ab und preßt sie nach dem langen Batteriestreifen. Die Absaugung der Elektronen wird unterstützt durch die von der gleichen Batterieklemme zum Schirmgitter  $G_2$  geführte Leitung. Wenn wir vom negativen Batteriestreifen aus einen Draht zu der Kathode K führen, werden die Elektronen wieder in die Röhre hineingedrückt und beginnen dort ihren Kreislauf von neuem. Es fließt dann auch in dem Draht von der Anode zur Batterie ein ständiger Strom, der mit dem Kopfhörer wahrgenommen werden kann, wenn wir mit dem zur Anode führenden Anschlußdraht des Hörers die Anodenklemme kurz berühren. Man vernimmt dann im Hörer ein deutliches Knacken.

### 88. Drei Mann sind stärker als einer

und so können offenbar 3 Batterien kräftiger saugen und einen stärkeren Strom aus der Anode herausholen, als nur eine einzelne Batterie.

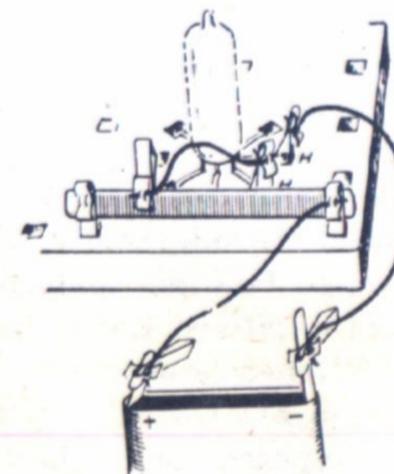
Wir versuchen die Stärke des Stromes zu beurteilen, wenn wir zuerst eine, dann zwei und schließlich drei Batterien anschließen. Das machen wir so, daß wir den Draht, der zur Kathode führt, ablösen und damit den langen Streifen der ersten, dann der zweiten und schließlich der dritten Batterie berühren. Mit einer Batterie ist das Knacken sehr schwach, mit drei Batterien dagegen recht kräftig. Es ist aber doch nicht so, daß wir etwa mit sechs Batterien noch einmal doppelt so viel Strom aus der Anode herausbringen können. Es können schließlich nicht mehr Elektronen abgesaugt werden, als von der Kathode austreten. Wir würden also mit sechs oder gar 8 Batterien nur fast genau so viel Strom bekommen, wie mit unseren drei Batterien.

### 89. Veränderung der Heizung

Die Zahl der ausgeschleuderten Elektronen nimmt ab, wenn der Heizfaden schwächer geheizt wird. Um dies zu untersuchen, setzen wir unterhalb bzw. vor die Röhre auf zwei 7 cm voneinander entfernt stehende Klemmfedern unseren Widerstandsstreifen.

Der bisher direkt zur Heizbatterie führende untere Anschluß des Heizfadens H wird jetzt an eine auf dem Widerstand verschiebbare Klemme ange-

schlossen. Vom rechten Ende des Streifens führt die Leitung zur Batterie, während der andere Batterieanschluß am Heizfaden bleibt. Wir stellen fest, daß das Knacken im Kopfhörer immer leiser wird, je weiter die Klemme auf den Widerstand nach links geschoben wird. Wir können das Heizen des Fadens auch ganz unterlassen. Dann wird aber auch eine sehr große Anodenbatterie keinen merkbaren Strom aus der Anode herausbringen. Aus dem kalten Draht des Heizfadens treten eben keine Elektronen aus.



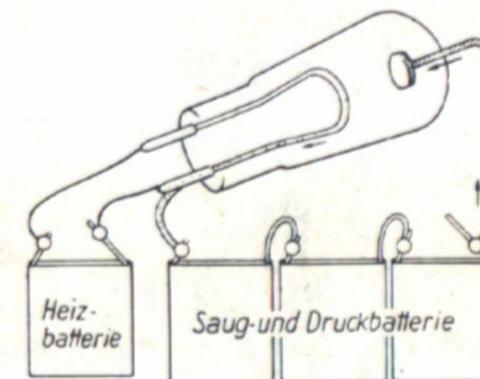
### 90. Die verkehrte Anodenbatterie und die verkehrte Heizbatterie

Ein eifriger Radiomann wird sicher einmal das Mißgeschick erleben, daß er die Anodenbatterie mit der mit + bezeichneten Seite an die Kathode und die Minusseite an die Anode angeschlossen hat und dann werden Elektronen in das Anodenblech hineingepreßt und dafür aus der Kathode herausgesaugt. Ein Knacken im Hörer ist dann aber nicht zu beobachten.

Die Batterie bringt keinen Strom zustande, weil aus dem kalten Anodenblech keine Elektronen austreten können. Wenn also unser Hörer in späteren Versuchen keinen Laut von sich geben will, prüfen wir zuerst, ob die Anodenbatterie richtig angeschlossen ist und wenn dies der Fall ist, muß man sich noch vergewissern, daß der Heizfaden auch wirklich geheizt ist.

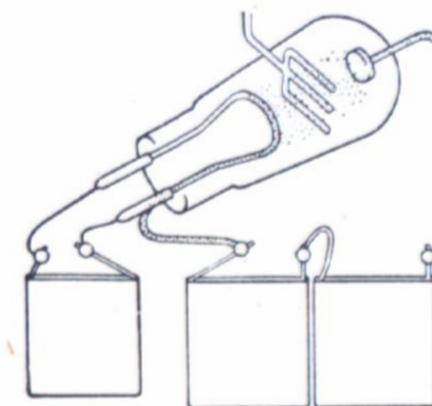
In der Abbildung ist diesmal eine Röhre mit direkter Heizung gezeigt.

Ohne Bedeutung ist es, wie wir die Heizbatterie anschließen. Wir werden dabei überhaupt keinen Unterschied am Hörer beobachten können, wenn die Batterie andersherum angeschlossen wird.



### 91. Der Einfluß des Steuergitters $G_1$

In der Abbildung ist dargestellt, wie wir innerhalb der Röhre auf dem Weg der Elektrizitätsteilchen ein Gitter aufgestellt haben. Zwischen seinen Stäben hindurch können die Elektronen zum Anodenblech fliegen, von wo sie in die Batterie zurückgesaugt und von neuem in die Kathode hineingepreßt werden. An diesem

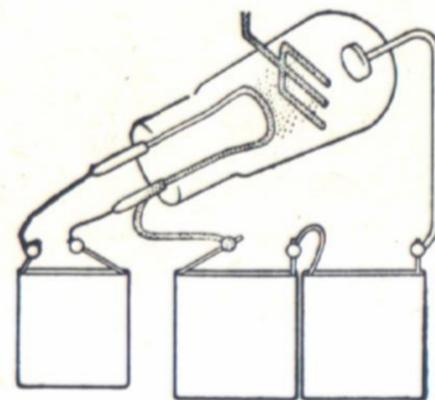
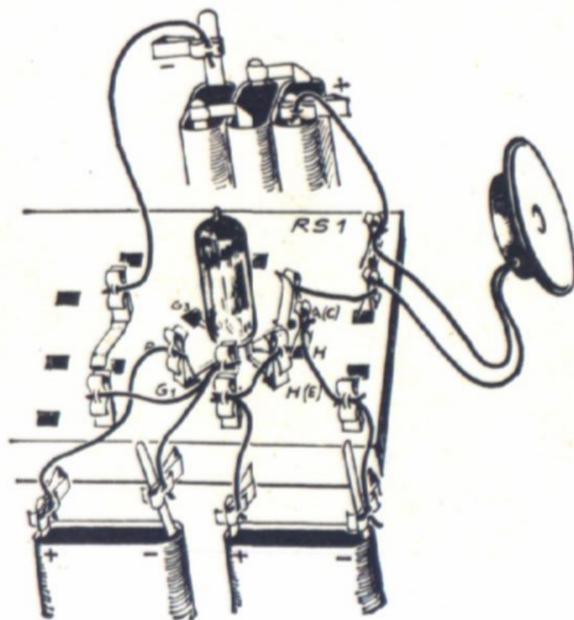


Gitter läßt sich der Elektronenstrom beeinflussen. Es genügt, das Gitter durch eine kleine Zahl Elektronen zu besetzen, dann getrauen sich die von der Kathode kommenden Elektronen nicht mehr zwischen den Gitterstäben hindurch.

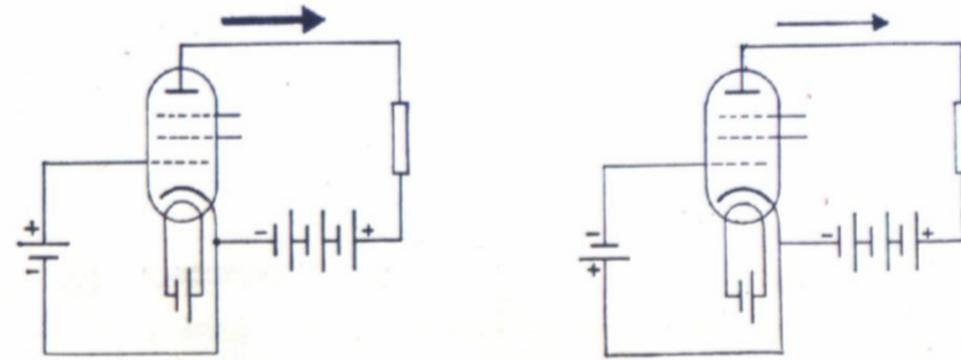
Die Elektronen werden nämlich von den schon auf dem Gitter sitzenden geradezu zurückgestoßen. Elektronen stoßen sich gegenseitig ab, wie gleichnamige Pole der Magnete es bekanntlich auch tun. Sobald das Gitter aus dem negativen Ende einer Batterie, oder aus sonst einer Stromquelle, mit Elektronen besetzt wird, stauen sich die vom Glühfaden ausgehenden Elektronen am Gitter und können nicht zur Anode gelangen. Der Durchgang ist gesperrt, wie in der folgenden Abbildung dargestellt ist.

## 92. Jetzt wird das Gitter besetzt

Zur Besetzung des Gitters mit Elektronen genügt eine alte, fast ausgebrauchte Batterie. Sie muß mit ihrem kurzen Ende über ein kurzes Drahtstück an die Kathode K angeschlossen werden, mit der schon die negative Seite der Anodenbatterie verbunden ist. Mit dem langen Streifen dieser in der Hand gehaltenen Gitterbatterie berühren wir die mit dem Gitterstift  $G_1$  der Röhre



verbundene Klemmfeder. Dadurch gelangen Elektronen aus der Batterie auf das Gitter. Jetzt können diese Elektronen aus der Kathode nicht mehr zur Anode gelangen, weil sie von den Elektronen auf dem Gitter zurückgestoßen werden. Der Anodenstrom ist sehr schwach geworden oder hat sogar ganz aufgehört. Wir merken dies, wenn wir durch Unterbrechung des Anschlusses an der Anodenbatterie das bekannte Knacken erzeugen wollen. Man könnte die Gitterbatterie auch einmal verkehrt schließen, d. h., das lange Ende mit der Kathode verbinden und die Klemme  $G_1$  mit dem kurzen Batteriestreifen berühren. Wir beobachten, daß der Anodenstrom eher stärker fließt als zuvor. Jetzt werden nämlich die Elektronen geradezu aus dem



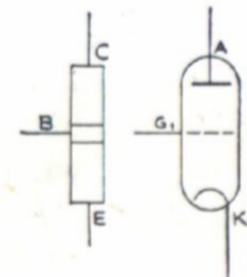
Gitter herausgesaugt und der Anodenstrom kann dann besonders gut fließen.

## 93. Röhre und Transistor, ein Vergleich

Im Transistor fließt ein Strom über die Strecke Emitter-Collector, der durch Stromeinwirkung von der auf dem Stromweg liegenden Basis in seiner Stärke beeinflusst werden kann.

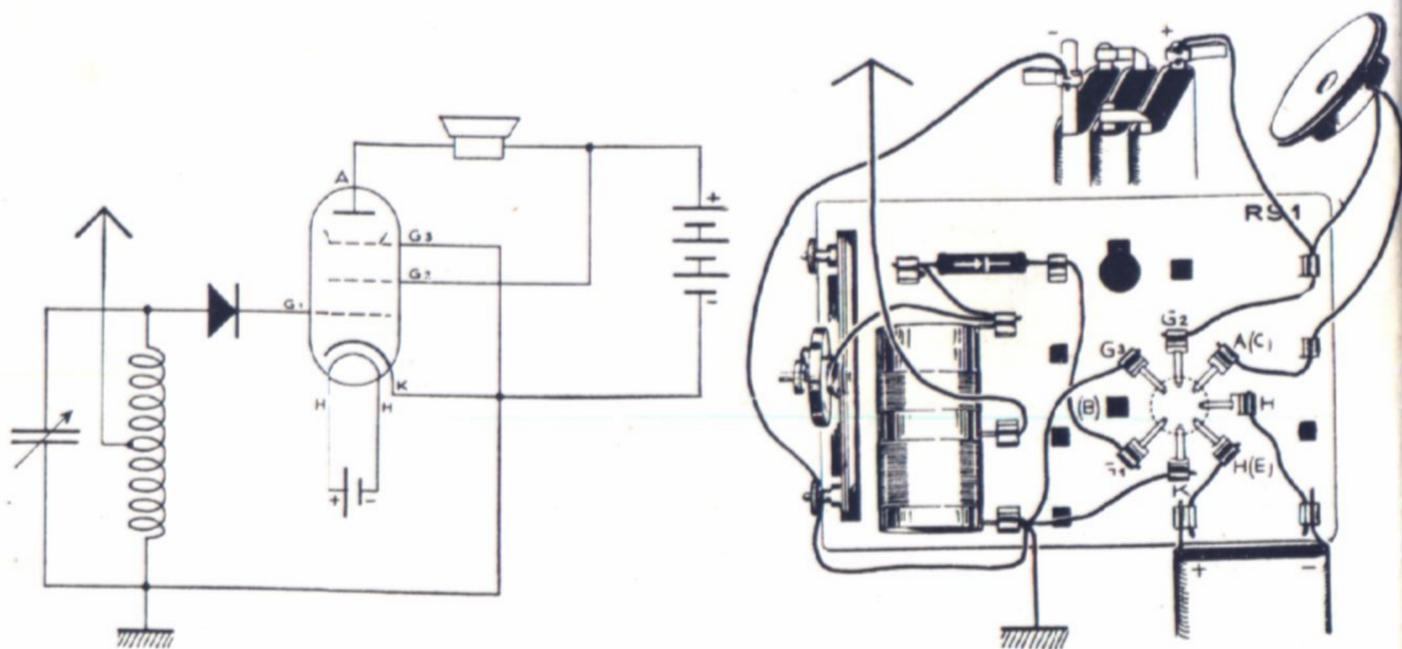
In der Röhre fließt in gleicher Weise ein Strom von der Kathode zur Anode, der durch elektrische Beeinflussung des Gitters in seiner Stärke verändert werden kann.

In beiden Fällen genügen sehr geringe Veränderungen an der Basis oder am Gitter, um große Stromschwankungen im Collector- bzw. Anodenkreis hervorzurufen. Die in unserer Röhre noch zusätzlich enthaltenen zwei Gitter, nämlich Schirmgitter  $G_2$  und Bremsgitter  $G_3$  bringen keine grundsätzlich neuen Erscheinungen mit sich. Sie dienen lediglich der Verbesserung der Röhreneigenschaften. Wie diese beiden Gitter genau wirken, ist erst dem sehr fortgeschrittenen Radiobastler verständlich, weshalb wir hier nicht näher darauf eingehen können. Es genügt, wenn ihr wißt, daß die Stärke des Anodenstroms durch das erste, sog. Steuergitter  $G_1$  beeinflusst, also gesteuert werden kann. Sowohl der Transistor, als auch die Röhre können als Verstärker-Elemente Verwendung finden.



## 94. Die Röhre als Verstärker

Wir wissen, daß in einer an Antenne und Erde angeschlossenen Spule unter dem Einfluß der ankommenden Wellen schwache Wechselströme auf und ab zu fließen beginnen. Sie wurden im Versuch 77 über die Diode nach der Basis des verstärkenden Transistors geleitet, wodurch wir einen besseren Empfang erhielten. In gleicher Weise können wir die Antennenströme über die Diode nach dem Steuergitter  $G_1$  unserer Röhre leiten. Die Anordnung entspricht den umstehenden Abbildungen.



### 95. Die Röhre als Detektor

Durch den Umstand, daß die Germanium-Diode den Strom nur in einer Richtung durchläßt, konnte sie die mit den hochfrequenten Wellen ankommenden niederfrequenten Wellen (Musik und Sprache) hörbar machen. Vom Versuch 90 her wissen wir, daß auch die Röhre den Strom nur in einer Richtung, nämlich von der Kathode zur Anode durchläßt. Sie wirkt also auch wie eine Art elektrisches Ventil und kann darum gleich wie die Diode als Wellenentdecker wirken. Wenn dies zutrifft, könnte in der eben gebauten Empfangsanordnung die Diode weggelassen werden. Nach Entfernen der Diode verbinden wir das hintere Spulenende direkt mit dem Steuergitter  $G_1$  der Röhre. Nun haben wir beim Kondensator schon kennengelernt, daß er für Gleichstrom undurchlässig ist, für Wechselstrom ist er aber mehr oder weniger gut durchlässig. Bei der Spule verhält es sich genau umgekehrt. Sie ist für Hochfrequenz weniger gut durchlässig als für Gleichstrom und Niederfrequenz. Gerade die Niederfrequenz ist aber beim Radioempfang wichtig. Wir müssen jetzt ein Mittel finden, um die niederfrequente Sprach- und Musikschwingung leichter auf das Gitter zu bringen.

### 96. Nah und doch getrennt

Das Gitter darf nicht mit der Spule direkt verbunden sein, weil durch diese unsere Sprach- und Musikfrequenzen zu sehr gedämpft werden. Damit aber der Wechselstrom aus der Antenne ungeschwächt auf das Gitter wirken kann, müssen wir ihn so nahe als möglich an das Gitter heran-

führen. Wir verbinden den Draht, der von der Antenne herkommt, mit einer großen Metallfläche und den Draht, der vom Gitter herkommt, ebenfalls mit einer gleich großen Metallfläche. Beide Metallflächen stellen wir einander gegenüber. Damit sie sich nicht berühren, stellen wir eine isolierende Schicht dazwischen, denn sonst könnten die Elektronen ja doch wieder auf das Gitter gelangen. Eine solche doppelte Metallplatte mit isolierender Zwischenlage ist von uns schon früher als Kondensator benutzt worden. Wir können darum hier auch den kleinen Kondensator verwenden. Er heißt deshalb Gitterkondensator (22).

Im Gegensatz zu dem beim Transistor verwendeten Elektrolyt-Kondensator (mit großer Kapazität) soll der bei der Röhre verwendete Gitterkondensator nur eine Kapazität von ca. 100 pF haben. Daß die Sache auch jetzt noch einen Haken hat, werden wir in den folgenden Versuchen sehen.

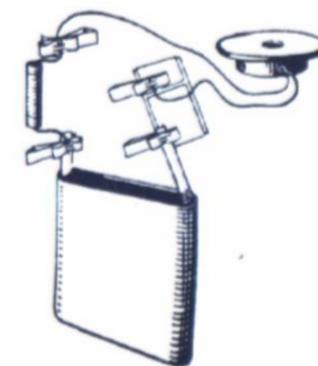
### 97. Sonderbare Wirkung des Kondensators

Wir können einmal an jedem Streifen der Taschenlampenbatterie einen unserer Kondensatoren anschließen. Auf der einen Seite den Telefonkondensator 24, auf der anderen Seite den Gitterkondensator 22 und versuchen, aus den anderen Enden der beiden Kondensatoren den Strom durch den Hörer zu leiten. So sehr wir uns auch anstrengen, wir vernehmen höchstens beim ersten Antippen ein leises Knacken, wesentlich leiser als wir es zu hören gewohnt waren, wenn wir die Hörerdrähte direkt an die Batterie angeschlossen haben.

Das leise Knacken ist bedingt durch einen kleinen Strom, der zum Aufladen der Kondensatoren fließt. Bei weiterem Tippen können wir überhaupt nichts mehr hören.

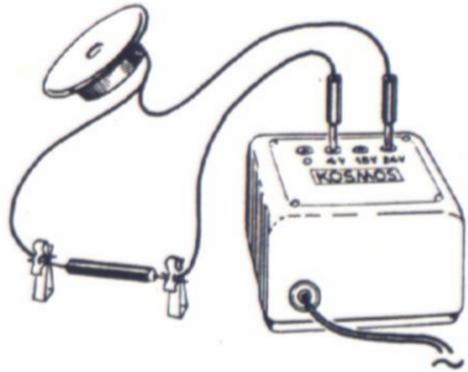
Zum Vergleich können wir ja noch schnell einmal die Klemmen der Batterie selbst berühren.

Wir sehen: Ein Kondensator ist dank der zwischen seinen Metallflächen vorhandenen Isolierschicht für Gleichstrom vollkommen undurchlässig. Wenn wir doch ein deutliches Knacken hören sollten, wäre dies nur ein Zeichen dafür, daß durch Beschädigung der Kondensatoren ihre beiden Metallflächen sich berühren. Ein solcher Kondensator wäre für unsere Zwecke nicht mehr brauchbar. Der Versuch zeigt also, wie man Kondensatoren prüfen kann, ob sie noch gut sind.



### 98. Wechselstrom und Kondensator

Obwohl wir festgestellt haben, daß ein Kondensator den Gleichstrom der Batterie nicht durchläßt, beobachten wir ein lautes Brummen, wenn wir

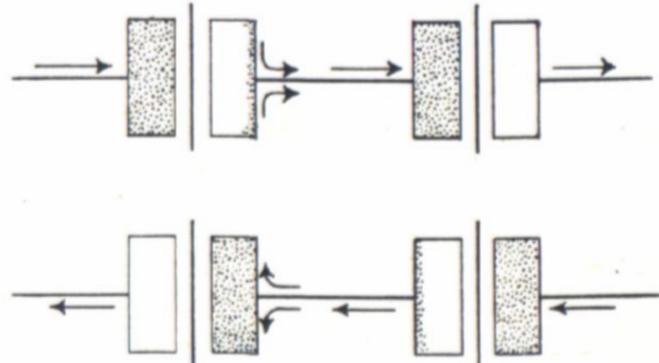


unseren Hörer einerseits an die 4-Volt-Buchse eines Transformators\*) anschließen, andererseits über den Telefon-Kondensator mit der 24-Volt-Buchse des Transformators verbinden. Mit dem Transformator kann man bekanntlich Strom niedriger Spannung aus dem Lichtnetz entnehmen. Es ist, als ob der Kondensator den Wechselstrom durchlasse.

### 99. Scheinbare Durchlässigkeit für Wechselstrom

Die Tatsache, daß zwischen den beiden Kondensatoren der Wechselstrom fließt, ist sinnfällig bewiesen. Dennoch ist es nicht so, daß der Wechselstrom etwa durch die Isolierschichten hindurchginge.

Die Elektronen haben die Eigenschaft, sich gegenseitig abzustößen. Fließt nun im Kondensator oben links auf der Abbildung der Elektronenstrom auf die äußere Platte, so wird diese aufgefüllt. Die Abstoßung der Elektronen wirkt durch das Isolationsmaterial hindurch und treibt die auf der inneren Platte sitzenden Elektronen nach außen.

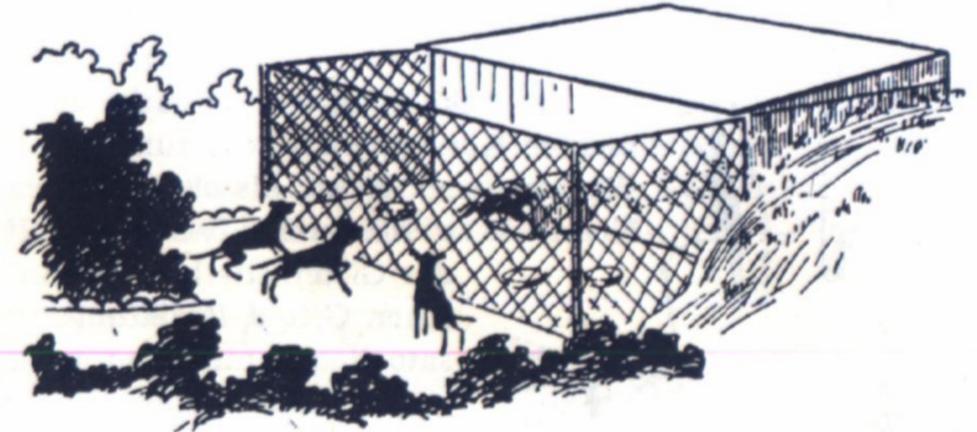


Im Kondensator oben rechts ist die äußere Platte mit dem positiven leeren Draht verbunden. Die Elektronen häufen sich nun hier auf der inneren Platte und durch den Draht, der beide Kondensatoren verbindet, eilen auch noch andere Elektronen in der Richtung nach der leider nicht erreichbaren leeren Platte rechts außen. Wenn der

Strom im Zuleitungsdraht seine Richtung wechselt, wird die positive Platte zur negativen und umgekehrt. Dann eilen die Elektronen immer zwischen den inneren Platten hin und her, um immer der leeren Platte gegenüberzustehen. Somit fließt auch zwischen den inneren Platten ein Wechselstrom. Die Durchlässigkeit ist nur scheinbar, aber in ihren Wirkungen ist sie vorhanden. Wir wollen uns die Wirkungsweise des Kondensators wieder an einem Beispiel klarmachen. Ein Beispiel von Hunden und Kaninchen soll hier helfen. In dem freien Raum vor ihrem Stall sitzen Kaninchen vor ihren Futternapfen. Dieser freie Raum ist durch ein Gitter gegen den Gartenweg abgeschlossen. Ein paar Hunde haben die Kaninchen entdeckt und stürzen mit lautem Gebell auf dem Gartenweg an das Gitter. Obwohl dieses Gitter ein tatsächliches Zupacken der Hunde unmöglich macht, fliehen doch die erschreckten Kaninchen durch den engen Eingangstunnel in ihren Stall. Wenn

\*) Siehe Anzeige auf der inneren Umschlagseite.

die Hunde sich dann aber ziemlich weit entfernt haben, kehren die Kaninchen zu ihrem Futter zurück, und wenn die Hunde wieder gegen das Gitter anstürmen, ziehen sich die Kaninchen unfehlbar wieder zurück. Solange es den Hunden nicht zu dumm wird, immer wieder vor dem hindernden Gitter zu



stehen, müssen die Kaninchen fortwährend den Platz wechseln. Das Hin- und Herlaufen der Hunde bewirkt also ein Hin- und Herlaufen der Kaninchen. Denken wir uns an Stelle der Hunde die Elektrizitätsteilchen, die von der Antenne nach der einen Seite des Gitterkondensators (Versuch 69) und von dort wieder in die Antenne zurückeilen, so entsprechen die Kaninchen den Elektrizitätsteilchen auf der anderen Belagseite des Kondensators. Die Isolierschicht verhindert das Ineinanderfließen der Elektrizitätsteilchen von beiden Belagseiten, wie das Drahtgitter die Berührung der Hunde mit den Kaninchen unmöglich macht.

### 100. Warum ein Telefonkondensator?

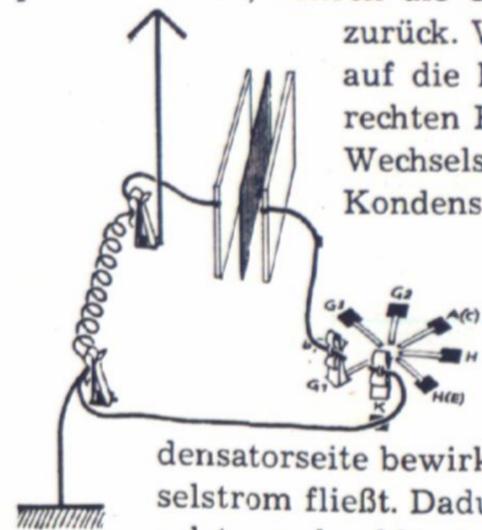
Wir werden später sehen, daß wir den Telefonkondensator bei den Empfängerschaltungen direkt also parallel zum Kopfhörer anschließen. Warum? Er soll dort den schnellen von der Antenne kommenden Wechselstrom leicht hindurchlassen, den langsamen hörbaren Stromschwankungen, die von der Anode kommen, oder gar dem Batterie-Gleichstrom soll er den Weg versperren, damit sie über den Hörer verlaufen müssen. Den hochfrequenten Rundfunkwellen wird der weitläufige Weg durch die vielen Spulenwindungen im Hörer erspart. Ohne Telefonkondensator würden die hochfrequenten Wellen in den vielen Windungen der Spule viel zu sehr geschwächt. Für sie bleibt darum der Weg über den Kondensator offen, der für Batteriestrom ungangbar ist.

### 101. Zwischen Gitterkondensator und Gitter

Die Wirkungsweise des Gitterkondensators können wir uns jetzt folgendermaßen erklären:

Jedes Mal, wenn die linke Kondensatorplatte von Elektronen aus der Antenne besetzt wird, wirkt die Abstoßung durch die Isolierschicht hindurch, die Elektronen der rechten Kondensatorplatte fliehen nach dem G<sub>1</sub>-Stecker der

Röhre und nach dem damit in Verbindung stehenden Gitter. Sobald die Antennen-Elektronen in die Antenne hinauflaufen und die linke Kondensatorplatte räumen, kehren die Gitterelektronen in die rechte Kondensatorplatte zurück.



Wenn von der Antenne ein rascher Wechselstrom auf die linke Kondensatorfläche zufließt, fließt von der rechten Kondensatorfläche zum Gitter ein genau gleicher Wechselstrom. Es ist, als ob der Wechselstrom durch den Kondensator hindurchgeflossen sei. Die Elektronen auf der Gitterseite können nur in dem Raum zwischen Gitter, Zuleitung und rechter Kondensatorfläche hin- und herlaufen. Aus diesem engen Raum können sie nirgends hin entweichen. Der Wechselstrom auf der einen Kondensatorseite bewirkt einfach, daß auf der anderen wieder ein Wechselstrom fließt. Dadurch scheint es, als ob ein Kondensator für Wechselstrom durchlässig sei.

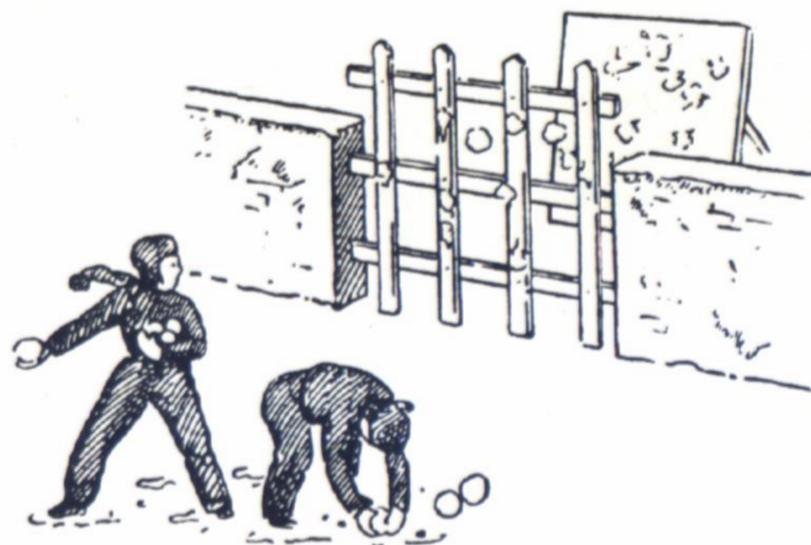
Der Wechselstrom auf der einen Kondensatorseite bewirkt einfach, daß auf der anderen wieder ein Wechselstrom fließt. Dadurch scheint es, als ob ein Kondensator für Wechselstrom durchlässig sei.

Dadurch scheint es, als ob ein Kondensator für Wechselstrom durchlässig sei.

### 102. Schneeballen und verirrte Elektronen

Im Versuch 95 haben wir gelesen, daß die Röhrenschaltung trotz des eingefügten Gitterkondensators immer noch nicht einwandfrei ist. Warum und was dagegen zu tun ist, werden wir jetzt erfahren.

Jungen werfen mit Schneebällen nach einem hinter dem Gartentor stehenden Brett und bemühen sich, sie durch die Zwischenräume der Gitterstäbe nach dem Ziel zu bringen.



So gut sie auch zielen mögen, es wird nicht ausbleiben, daß ein Teil ihrer Schüsse von der gewünschten Bahn abweicht und auf den Gitterstäben landen wird, die sich nach und nach mit Schneebällen besetzen.

In der Radoröhre müssen Elektrizitätsteilchen, die Elektronen, durch die Maschen des Gitters hindurch nach der Anode sausen. Dabei kommt es vor, daß einzelne Elektronen sich auf das Gitter verirren und dort aufprallen. Einmal auf dem Gitter gelandet, gibt es für sie keine Möglichkeit mehr, von ihm wegzukommen. Aus dem kalten Gitter können sie nicht wieder auffliegen, um ihre Reise nach der Anode fortzusetzen. Nach und nach sammeln sich

sich auf dem Gitter an. Sobald die Antennen-Elektronen in die Antenne hinauflaufen und die linke Kondensatorplatte räumen, kehren die Gitterelektronen in die rechte Kondensatorplatte zurück. Wenn von der Antenne ein rascher Wechselstrom auf die linke Kondensatorfläche zufließt, fließt von der rechten Kondensatorfläche zum Gitter ein genau gleicher Wechselstrom. Es ist, als ob der Wechselstrom durch den Kondensator hindurchgeflossen sei. Die Elektronen auf der Gitterseite können nur in dem Raum zwischen Gitter, Zuleitung und rechter Kondensatorfläche hin- und herlaufen. Aus diesem engen Raum können sie nirgends hin entweichen. Der Wechselstrom auf der einen Kondensatorseite bewirkt einfach, daß auf der anderen wieder ein Wechselstrom fließt. Dadurch scheint es, als ob ein Kondensator für Wechselstrom durchlässig sei.

immer mehr versprengte Elektronen auf dem Gitter, bis es schließlich zu dicht besetzt ist. Ein mit Elektronen besetztes Gitter wirkt aber abstoßend auf die Elektronen, die von der Kathode her durch die Maschen des Gitters nach der Anode fliegen wollen.

Schließlich hört jeder Stromdurchgang nach der Anode wegen der Aufladung des Gitters auf. Ein Abfließen der Ladung ist durch Anbringung des Gitterkondensators unmöglich gemacht. Die Isolierschicht des Kondensators bildet ein unübersteigbares Hindernis für das Freiwerden des Gitters.

### 103. Der rettende Bleistiftstrich

Wenn jemand in Gefahr ist zu ertrinken, greift er nach jedem Strohalm, um sich daran festzuhalten und zu retten. So wird in unserem Versuch ein einfacher Bleistiftstrich die letzte Rettung sein für die Elektronen.

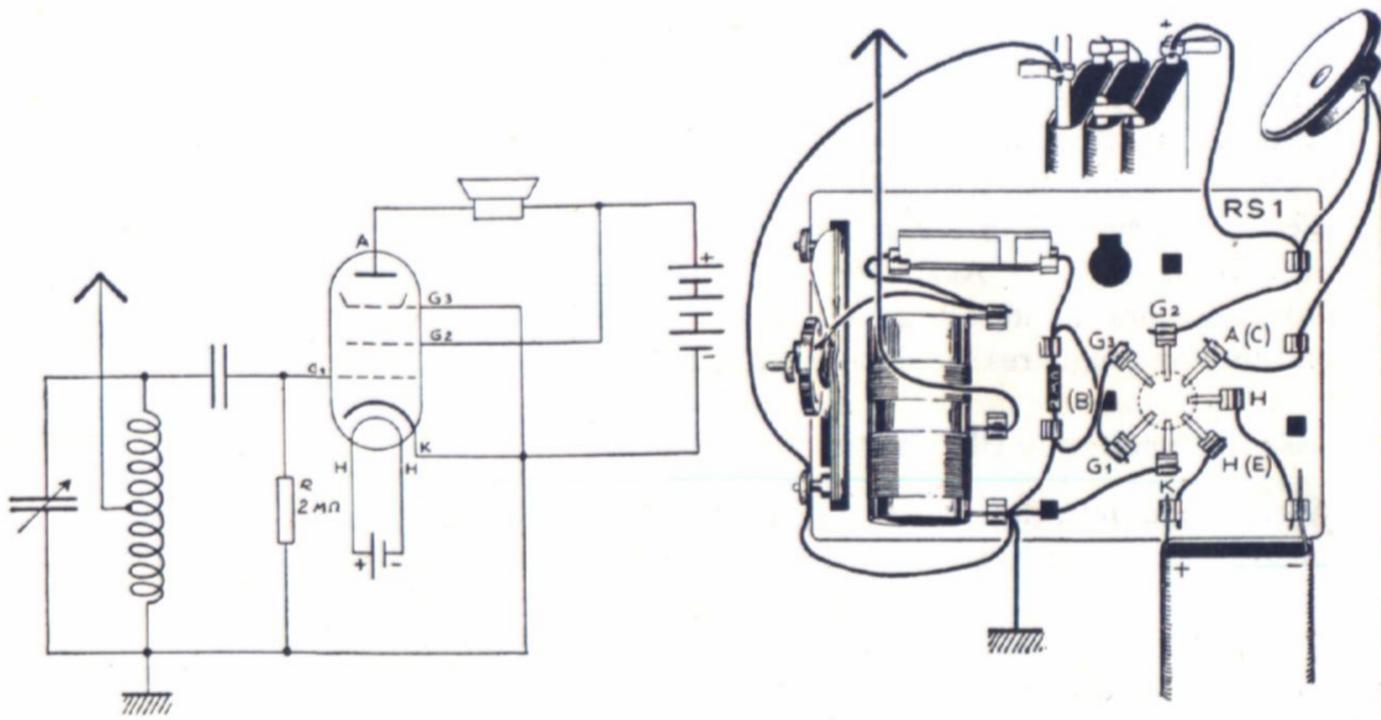
Wir haben uns nämlich entschlossen, den Elektronen einen Weg zu schaffen, damit sie nach der Kathode zurückfliegen können. Wir könnten einfach die Gitterklemme durch einen Draht mit der Kathode verbinden, dann würde jedoch unsere Röhre nicht mehr arbeiten. Durch die Ableitung wären wieder zu wenig Elektronen auf dem Gitter, außerdem würde der Draht auch für die Hoch- und Niederfrequenz eine unerwünschte Ableitung bedeuten. Es ist gut, wenn das Gitter einige, aber ja nicht zu viel Elektronen hat. Um zu erreichen, daß nur ein Teil der Elektronen abgeleitet wird, zwingen wir sie, vom Gitter einen Weg zu gehen, der ihnen einen sehr hohen Widerstand bietet.

In einem der ersten Versuche (Nr. 13) haben wir festgestellt, daß ein Bleistiftstrich durch den darin enthaltenen Graphit den Strom ganz wenig zu leiten vermag. Wir bestreichen einen 3 cm langen und 1 cm breiten etwa postkartenstarken Streifen Papier so viele Male mit einem weichen schwarzen Bleistift, bis der Streifen ganz schwarz geworden ist. Dieser Streifen soll einerseits an das rechte Ende des Gitterkondensators und andererseits an die Kathode angeschlossen werden. Die Klemmen dazu kommen in die ungefähr in der Mitte der Grundplatte liegenden Aussparungen.

### 104. Der Aufbau des Röhrenempfängers

Der im Schemabild mit  $2\text{ M}\Omega$  bezeichnete Gitterableitwiderstand muß so schlecht leiten, daß sein Widerstand etwa  $2\,000\,000\text{ Ohm}$  oder  $2\text{ Megohm}$  beträgt. Weil es nicht ganz leicht ist, gerade diesen Widerstandswert durch das Bestreichen des Papierstreifens zu erreichen, ist dem Kasten der Hochohmwiderstand beigegeben (26).

Wir können diesen Widerstand anstelle des Papierstreifen-Widerstandes in die Schaltung einbauen. Nachdem wir den Aufbau von Versuch 94 bzw. 95



vor uns haben, ist es leicht, mit einigen Änderungen und Ergänzungen die neue Schaltung nach den Abbildungen aufzubauen.

Die rechte Abbildung gibt eine Ansicht des Zusammenbaus. Man überzeuge sich, daß die Drahtverbindungen dem Schema entsprechen. Es erleichtert den Aufbau der Schaltung, wenn Spule und Gitterkondensator erst nach dem Verdrahten in die Klemmen eingesetzt werden. Die Heizbatterie kann für alle Röhrenversuche immer in die gleichen Klemmen eingesetzt werden.

### 105. Das Audion

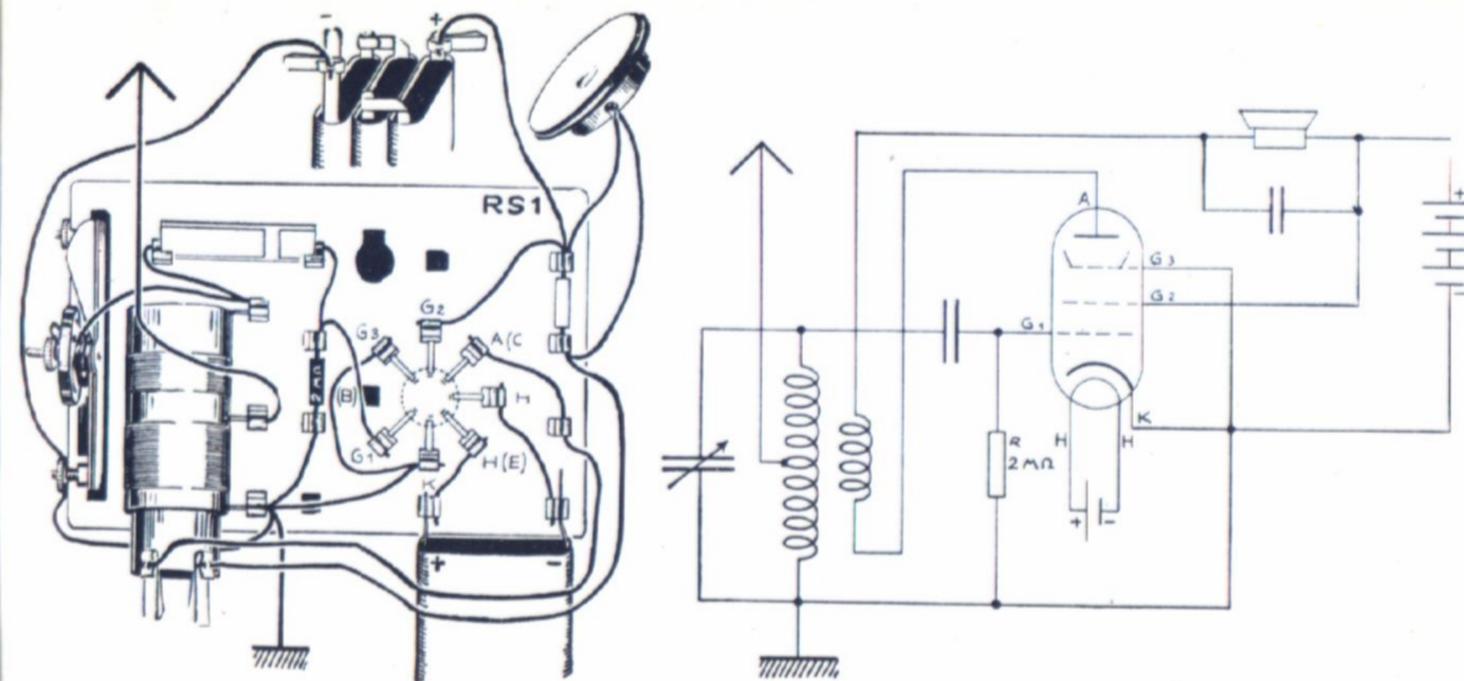
Durch den Ableitwiderstand wird vermieden, daß sich das Gitter zu sehr mit Elektronen auflädt und so den Stromdurchgang verhindert. Andererseits ist es notwendig, daß ein Teil der zufällig darauf geratenen Elektronen auf dem Gitter bleibt und diesem damit eine mäßig negative Vorspannung erteilt (auch die Basis des Transistors arbeitet am besten mit einer zusätzlich erteilten negativen Vorspannung). Erst durch diese automatische Aufladung wird die Röhre befähigt, neben der Verstärkung auch die Gleichrichtung und damit die Hörbarmachung der ankommenden Wellen zu bewirken. Es ist jetzt möglich, mit unserem Apparat einige Sender lautstark zu hören. Nach dem Lateinischen *audire* = hören, nennt man einen Empfangsapparat wie den unseren ein Audion. In jedem größeren Empfänger ist eine Röhre so geschaltet, daß sie als Audion wirkt.

### 106. Die Rückkopplung

Die Rückkopplung ist ein Mittel, das die Leistungsfähigkeit unseres Empfangsapparates wesentlich steigert. Wenn man nämlich den schwachen An-

tennenstrom durch die Röhre leitet, bewirkt er einen bedeutend verstärkten Wechselstrom in der Anodenleitung. Dieser verstärkte Strom kann nun zurückgeleitet werden in eine zweite Spule, die dicht neben der Eingangsspule steht, oder wie in unserem Falle, in die Schwingkreisspule eingeschoben wird. Zwei nahe gegenüberstehende Spulenströme beeinflussen sich gegenseitig. Sie sind miteinander gekoppelt. Daher nennt man diese Zurückführung des Stromes in eine zweite Spule und die damit erzielte Beeinflussung der Eingangsspule eine Rückkopplung.

Wenn nun der verstärkte Anodenstrom in der in die Schwingkreisspule gesteckten Rückkopplungsspule 18 rasch wechselt, veranlaßt er den Strom in der Schwingkreisspule zu noch kräftigerem Wechsel. Dank dieser nun kräftigeren Wechselströme am Gitter, macht der Anodenstrom abermals stärkere Schwankungen. Diese werden wiederum der Rückkopplungsspule zugeführt und veranlassen einen noch kräftigeren Gitterstrom. Dieser wird dann im Anodenstrom besonders kräftige Wechsel hervorrufen, die im Hörer laut vernehmbar sind. So wird durch die Rückkopplung die Lautstärke ein Vielfaches der sonst erreichbaren. Die Rückkopplung kann aber auch zu kräftig wirken, wenn die Rückkopplungsspule zu weit in die Schwingkreisspule hineingeschoben worden ist. Der Empfang verschwindet und es entsteht ein unschönes Pfeifen im Kopfhörer. Wir müssen uns bemühen, die Rückkopplung so zu betätigen, daß dieses Rückkopplungspfeifen vermieden wird. Es überträgt sich nämlich auf die Empfangsapparate in der Umgebung und wird von den Besitzern dieser Geräte als böse Störung empfunden. Wer aber vorsätzlich oder gar böswillig den Rundfunkempfang seiner Mitmenschen stört, kann empfindlich bestraft werden. Um diese Störungen zu vermeiden,

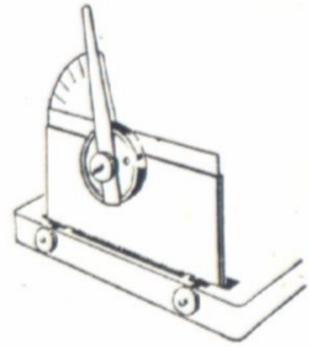


ist unsere Rückkopplungsspule mit Sorgfalt zu handhaben. Die Drahtverbindung wird von der Anode A der Röhre nun zuerst an die linke Klemme der Rückkopplungsspule geführt und von der rechten Klemme der Spule wird der Strom zurückgeleitet nach dem Telefonkondensator.

### 107. Ganz Europa spricht zu uns

Abends, zu einer Zeit, da sicher zahlreiche Rundfunksender zu hören sein müssen, schalten wir den Apparat an Außenantenne und Erdleitung und schieben die Rückkopplungsspule etwa zur Hälfte in die Schwingkreisspule ein. Wenn wir dann am Drehkondensator drehen, hören wir im Kopfhörer das bekannte Pfeifen, das jedesmal anzeigt, daß an dieser Stelle eine Station gehört werden kann.

Um deutlich zu hören, müssen wir jeweils die Rückkopplungsspule sofort etwas zurückziehen, bis das Pfeifen eben verschwindet. Nach einigem Nachregulieren des Kondensators hört man dann die Musik sehr deutlich. Wir finden so einen Sender nach dem anderen. Aus fernen Ländern hören wir Sprache und Musik so schön und rein, wie kaum mit einem viel teureren Empfänger.



Ein Kartonstreifen als Hebel an den Drehknopf geschraubt, erleichtert die genaue Einstellung. Es könnte immerhin sein, daß du nicht gleich richtig hörst, dann hast du vielleicht trotz großer Sorgfalt irgend einen Fehler gemacht. Um ihn zu finden, betrachte die Schaltung im vorigen Versuch und versuche alle Leitungen des einfachen Audions zu erkennen. Überzeuge dich, daß alle im Schema gezeichneten Leitungen auch in deinem Gerät enthalten sind und nach-

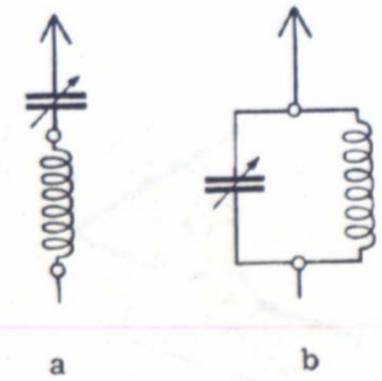
her suche auch die Leitungen zu der Rückkopplungsspule. Wenn alles richtig gemacht ist, die Röhre und die Batterien noch unbeschädigt sind, mußt du Erfolg haben.

### 108. Die verkehrte Rückkopplung

Bei der Taschenlampe ist es gleichgültig, ob der Strom beim Lampengewinde oder beim Bodenplättchen eintritt. Das Lämpchen leuchtet so oder so. Anders ist es bei der Rückkopplung. Wenn sie verkehrt angeschlossen ist, also der rechte Anschluß der Spule mit der Anode und der linke mit dem Kopfhörer, so versagt sie. Wir können am Drehkondensator drehen soviel wir wollen, es ertönt kein Pfeifen und wir hören wahrscheinlich auch keine Musik. Um den Fehler zu beheben, brauchen wir nur die beiden Anschlüsse an der Spule zu vertauschen und haben dann sofort das Zwitschern beim Drehen des Kondensators und damit auch wieder Empfang.

### 109. Empfang verschiedener Wellenlängen

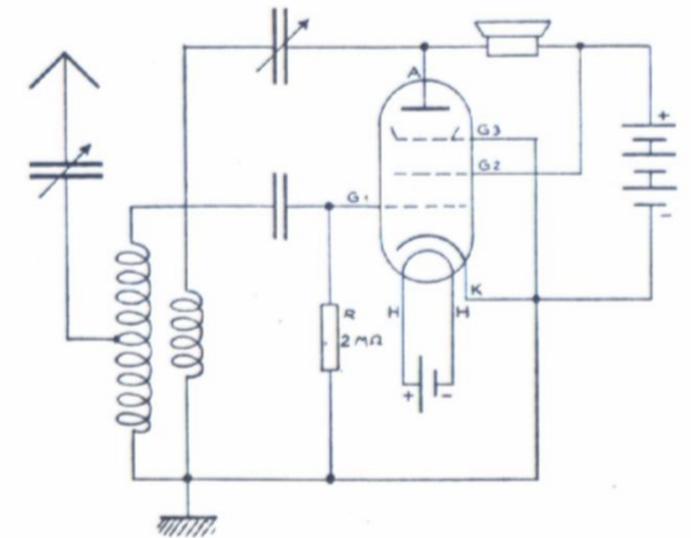
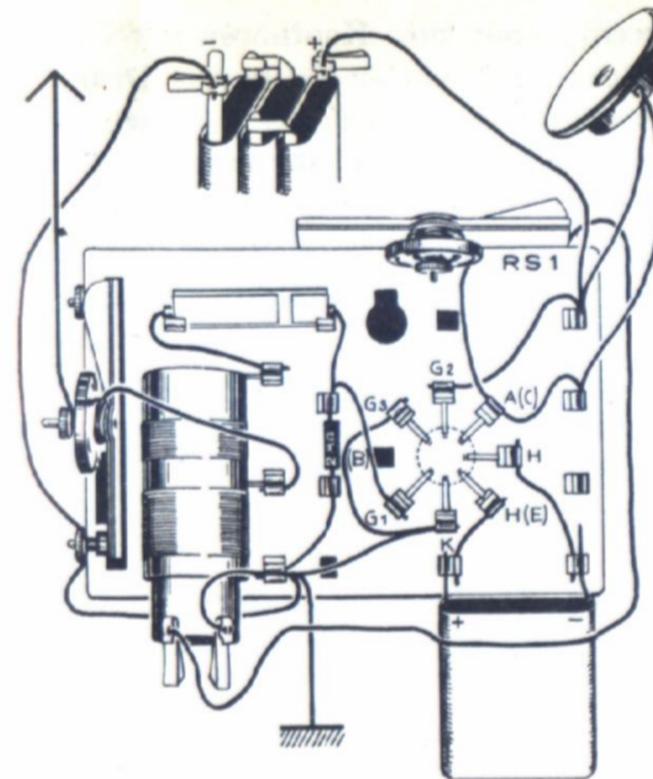
Durch Änderung der Schwingkreisschaltung kann man den empfangenen Wellenbereich in gewissen Grenzen ändern. Man kann Kondensator und Schwingkreisspule hintereinander oder nebeneinander schalten. Die Serien- oder Hintereinanderschaltung nach Abbildung a bringt Sender mit etwas kürzerer Wellenlänge. Mit der Parallelschaltung nach Abbildung b kann man evtl. sogar Langwellensender empfangen, besonders dann, wenn unsere Antenne etwas kürzer, also etwa zwischen 5 und 10 Meter lang ist.



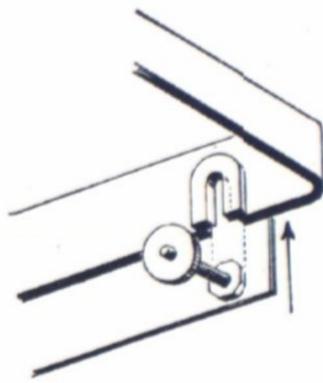
Übrigens ist es nicht allzu schwierig, sich durch Bewickeln von selbstgefertigten Papprollen mit größerer oder kleinerer Windungszahl Spulen für andere Wellenbereiche anzufertigen.

### 110. Rückkopplung mit Regelung durch Kondensator

Beim Einstellen der Rückkopplung durch Verschieben der Spulen geschieht es allzuleicht, daß durch zu feste Kopplung Eigenschwingungen auftreten, die das häßliche Pfeifen verursachen, das wir wegen Störung der Nachbarn verhindern müssen. Das Pfeifen läßt sich leichter vermeiden, wenn die Einstellung der Rückkopplung unter Verwendung eines zweiten Drehkonden-



sators vorgenommen wird. Dieser zweite Kondensator müßte allerdings vom Lieferanten deines Radiomann-Kastens nachbezogen werden. Wir schieben diesen Kondensator von der Rückseite her an die Grundplatte und lassen



seine Befestigungsschrauben in die dafür vorgesehenen Schlitze eingreifen. Dann können diese Schrauben von der Unterseite der Platte her festgezogen werden. Bei Verwendung des Kondensators brauchen die Spulen nicht mehr ineinander verschoben zu werden und wir verkeilen die beiden Spulen daher durch Dazwischenschieben einiger Streichhölzer.

Im Schema des früheren Versuches 106 mußte der Strom aus der Anode zuerst nach links durch die Rückkopplungsspule und von dort wieder weiter durch den Kopfhörer zur Anodenbatterie fließen. Im Schema zum neuen Versuch 110 sehen wir, daß bei der Anschlußklemme der Anode A der Stromweg sich nach links und rechts teilt. Eine Leitung führt nach links zum Drehknopf des neu hinzugekommenen Rückkopplungskondensators. Von ihm geht die Leitung weiter zur kleinen Spule, deren anderes Ende wird mit der Klemmfeder verbunden, die auch an die Erdleitung angeschlossen ist. Wir verfolgen diese Leitungsführung im Schaubild. Sie geht dort von der Befestigungsklemme des Rückkopplungskondensators um die Platte herum an die rechte Anschlußfeder der kleinen Spule und von der linken Anschlußfeder führt eine kurze Leitung nach der Federklemme, die auch den Anschluß der Erdleitung hält.

Die im Schema von der Anode nach rechts über den Kopfhörer zur Batterie führende Leitung finden wir im Schaubild wieder als kurzes Drahtstück von der Anode zur Klemme des Kopfhörers und von der zweiten Klemme des Kopfhörers führt eine Leitung nach oben an die Batterie. Der bisher zwischen die beiden zum Kopfhörer führenden Klemmen eingesetzte Telefonkondensator ist hier absichtlich weggelassen. Je mehr die Drehplatte des Rückkopplungskondensators zwischen die Metallplatte hineingedreht wird, umso kräftiger wird die Wirkung der Schwingkreisspule. Wir wissen aus früheren Versuchen, daß ein Kondensator für Wechselstrom gewissermaßen durchlässig ist. Darum kann über diese nach links führende Leitung der bereits verstärkte hochfrequente Wechselstromanteil des Anodenstroms sehr gut weiterfließen. Für den eigentlichen Anodenstrom, d. h. den von der niederfrequenten Stromschwankung der Musik überlagerten Gleichstrom ist dieser Stromweg durch den Kondensator gesperrt. Darum fließt der die Musik tragende Anodenstrom nach rechts über den Kopfhörer zu dem Plus-Ende der Anodenbatterie ab.

Es ist noch zu erklären, warum der sonst zwischen den Hörerklemmen befind-

liche Telefonkondensator unbedingt weggenommen werden muß. Er mußte nämlich früher den Weg für die Hochfrequenz darstellen, solange der Nebenweg über die Rückkopplung nicht vorhanden war. Jetzt soll aber alle Hochfrequenz über den neuen Weg zu der Rückkopplungsspule fließen. Durch die Betätigung des Rückkopplungskondensators läßt sich die Stärke des durch die Rückkopplungsspule fließenden Wechselstromes verändern. Jetzt hast Du wie bei den richtigen Radioapparaten zwei Drehknöpfe zu betätigen und kannst auf das behelfsmäßige Verschieben der Spule verzichten.

### 111. Kopplung mit einem einfachen Kondensator

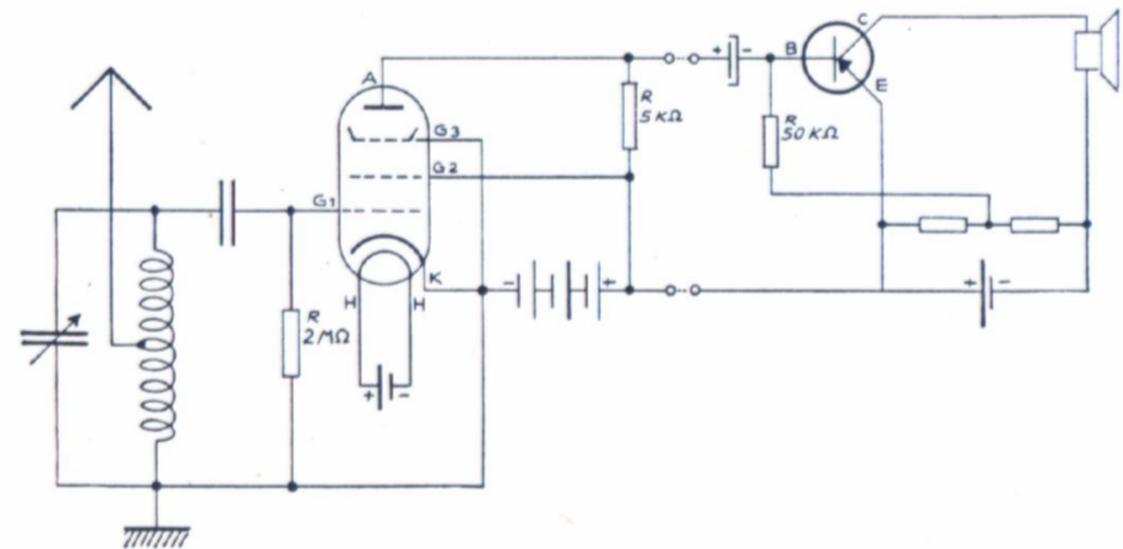
Wer den zweiten Drehkondensator noch nicht besitzt, kann trotzdem eine Kopplung über einen Kondensator durchführen, indem er nämlich an Stelle dieses Drehkondensators den Telefonkondensator von 2000 pF in die Schaltung einbaut. Er muß hier aber dann die Rückkopplung wieder regulieren durch Verschieben der Spule.

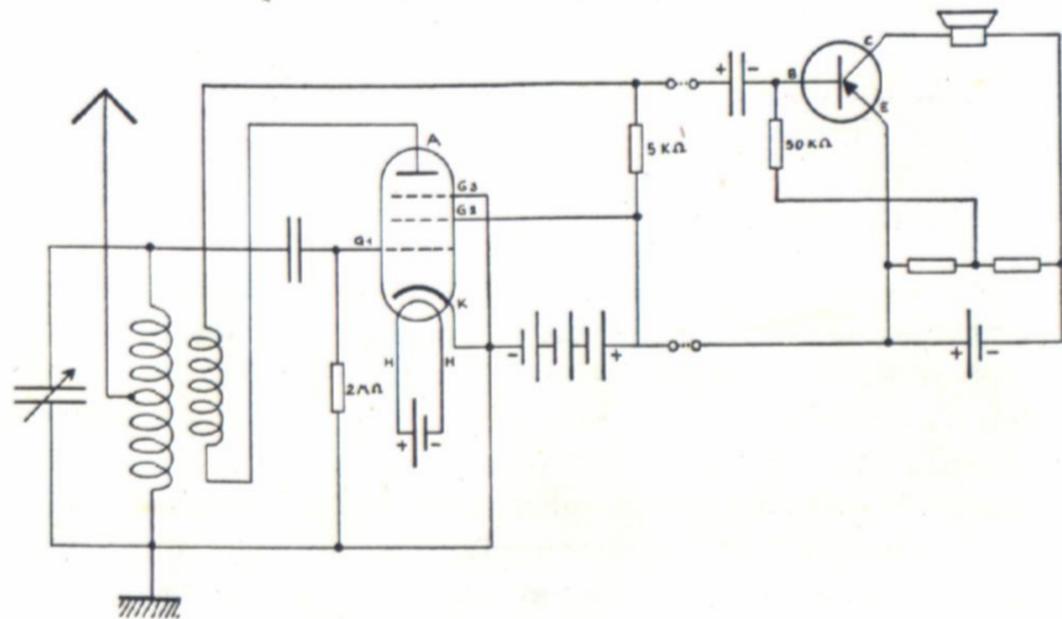
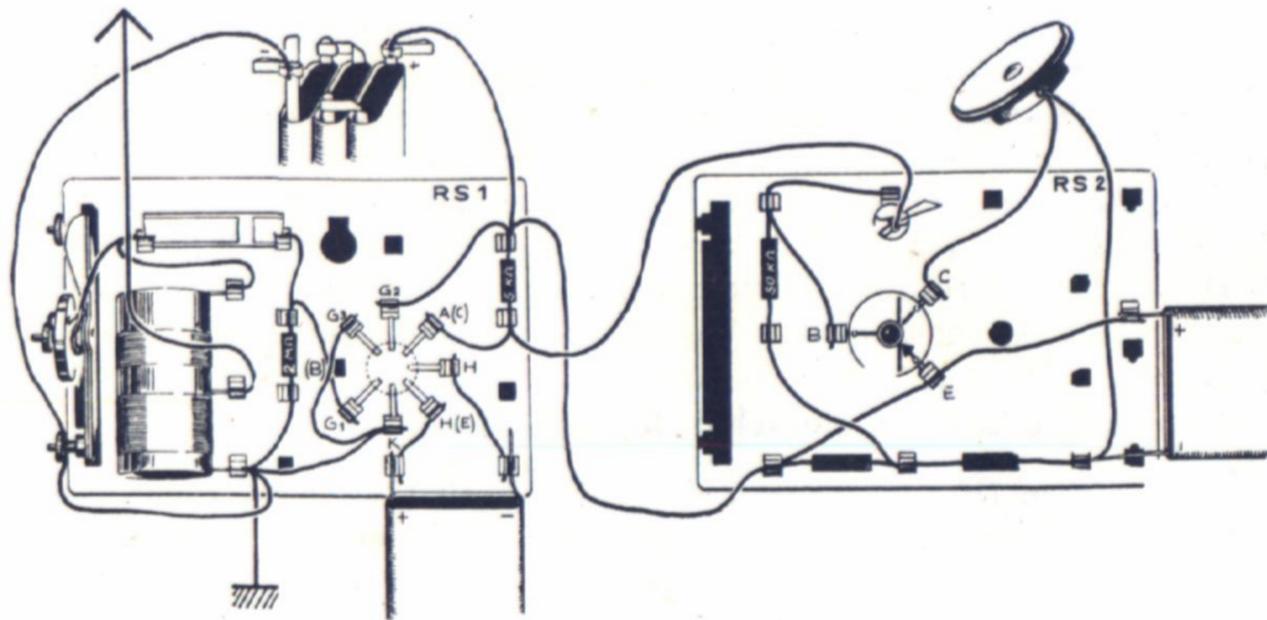
Mit diesem recht leistungsfähigen Gerät, das kaum noch einen Wunsch offen läßt, können wir nun Abend für Abend schöne Sendungen hören.

### 112. Lauter, immer lauter

In den Versuchen mit den Transistoren haben wir die über den Diodenempfänger kommende Sendung durch Anschluß an den Transistor-Verstärker auf größere Lautstärke gebracht (siehe Versuch 77 und 78).

Wir könnten nun auf den Gedanken kommen, die an sich schon verstärkte Sendung unseres Röhrenempfängers vom Versuch 103 nochmals mit dem Transistor zu verstärken. Dies ist möglich, weil wir den Transistorverstärker auf der Platte RS 2 mit Teilen, die im Röhrenempfänger nicht gebraucht wurden, noch aufgebaut stehen haben oder ihn noch einmal auf dieser





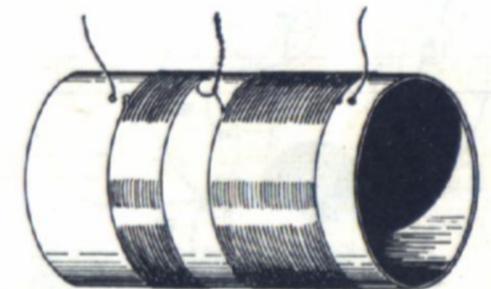
Platte schnell zusammenstellen können. Zum Einstellen des Transistor-Arbeitspunktes können wir, falls wir die beiden dazu benötigten kleinen Widerstände noch nicht haben, wieder die Schaltung von S. 56 nehmen. Den Kopfhörer nehmen wir beim Empfänger ab und schließen ihn wieder in bekannter Weise am Collector des Transistors und am Minus-Pol der Transistorbatterie an. Durch das Wegnehmen des Hörers aus der Anodenleitung des Empfängers ist jetzt aber der Weg für den Anodenstrom unterbrochen und der Röhrenempfänger kann nicht mehr arbeiten. Wir müssen als Ersatz für den entfernten Kopfhörer einen Widerstand zwischen diese beiden Klemmfedern einsetzen, an denen wir dann die zu verstärkende Anodenspannung abgreifen können. Wir verwenden dazu den Widerstand  $30 \text{ mit } 5 \text{ k}\Omega$ . Jetzt erscheint die Sendung tatsächlich nochmals verstärkt.

Es ist möglich, daß die Verstärkung doch nicht so viel zugenommen hat, wie wir erwartet hatten. Dies wäre nur der Fall, wenn die Widerstandsverhältnisse vom Ausgang des Röhrengerätes zum Eingang des Transistors einander genau angeglichen würden, was nur unter Benutzung eines Spezialtransformators möglich wäre, den wir leider nicht haben.

### 113. Zwei Empfänger

Wenn wir für die Rückkopplung des Röhrenempfängers einen zweiten Kondensator gekauft haben, besitzen wir eigentlich so ziemlich alles Material, um auf den beiden Grundplatten zwei selbständige Empfänger zu bauen: Einen Röhrenempfänger für unseren Arbeitsplatz zu Hause und einen leichter zu transportierenden Reiseempfänger mit Transistorverstärkung.

Für den Reiseempfänger fehlt uns noch die Spule. Für einen erfolgreichen Radiomann dürfte es nicht allzu schwer sein, eine Kartonrolle anzufertigen und darauf 60 und 40 Windungen eines etwa 0,3 mm starken isolierten Leitungsdrahtes aufzuwickeln. Die Spule wird dann einfach auf die Platte gelegt und man befestigt die drei Drahtanschlüsse mit den Klemmfedern. Die Batterie ist wie immer auf die Platte gelegt.



### 114. Hausempfänger mit Netzanschluß

Als Hausempfänger dient uns das Röhrengerät mit Rückkopplung durch Verschiebung der beiden Spulen aus Versuch 106. Damit der Empfänger für uns ständig betriebsbereit ist und wir unabhängig werden von den sich immer wieder erschöpfenden Batterien wollen wir ihn mit Strom aus dem Lichtnetz betreiben, wie es bei großen Radiogeräten üblich ist.

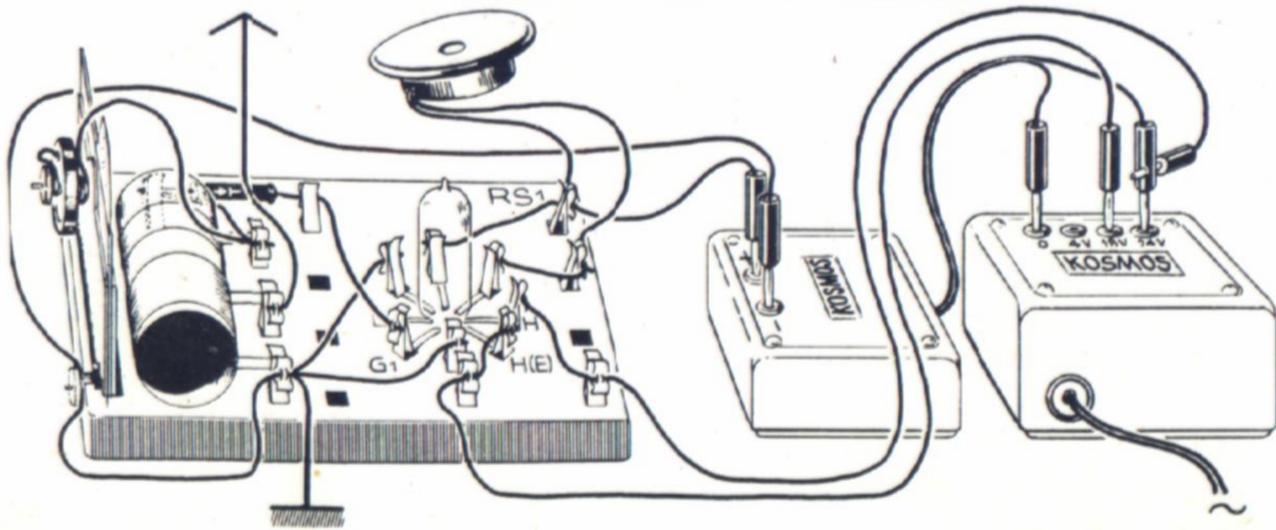
Wer den KOSMOS-Transformator besitzt, findet daran zwischen den beiden rechten Buchsen einen Anschluß zur Entnahme eines Wechselstromes von 6 Volt. Diese beiden Buchsen können wir durch zwei Drähte direkt mit den beiden Klemmen H verbinden und heizen so die Röhre mit Wechselstrom. Unsere Röhre eignet sich hierzu, weil sie indirekt geheizt ist. Nun brauchen wir keine der sich immer rasch erschöpfenden Heizbatterien mehr zu kaufen.

### 115. Anodenstrom aus dem Lichtnetz

Für die 12 Volt Anodenspannung haben wir jeweils drei Taschenbatterien zusammengeschaltet. Diese Anodenbatterien verbrauchen sich nicht so schnell, aber trotzdem wäre es schön, wenn wir auch den Anodenstrom aus dem

Transformator beziehen könnten. Wir können versuchsweise die bisher zur Anodenbatterie führenden Drähte an die 24 Volt des Trafos anschließen. Der Empfänger liefert an Stelle von Musik nur ein lautes Brummen, das von den rasch aufeinanderfolgenden entgegengesetzten Stromstößen des Wechselstromes herrührt. Zur Speisung der Anode kann nämlich nur gleichmäßig fließender, also Gleichstrom Verwendung finden.

Mit einer den Strom nur in einer Richtung durchlassenden Gleichrichterzelle, die also in der Wirkung unserer Anode gleicht, kann man erreichen, daß der Strom immer nur in der einen Richtung fließt. Weil aber seine Stärke fort-



während zu- und abnimmt, erhältst du im Empfänger doch noch ein Brummen. Um die Stromstöße zu einem gleichmäßig fließenden Strom umzuwandeln, schließt man an den Gleichrichter eine Siebkette an, die aus zwei Elektrolytkondensatoren von großer Kapazität und einem passenden Widerstand besteht. Gleichrichter und die Bestandteile zur Siebkette sind zu einem kompakten Gerät, dem „KOSMOS-Netzanodengerät“ zusammengefaßt. Dieses kann vom Lieferanten des Radiomann bezogen werden.

Die Abbildung zeigt den Zusammenbau des Netzanodengerätes mit dem Transformator. Jetzt fließt der Strom ruhig zur Anode und wir hören aus dem Gerät die Musik so schön, wie mit Strom aus den Batterien. Wenn wir hören wollen, müssen wir nur den Stecker an der Lichtleitung einsetzen und haben einen schönen Empfang.

### 116. Der Reiseempfänger

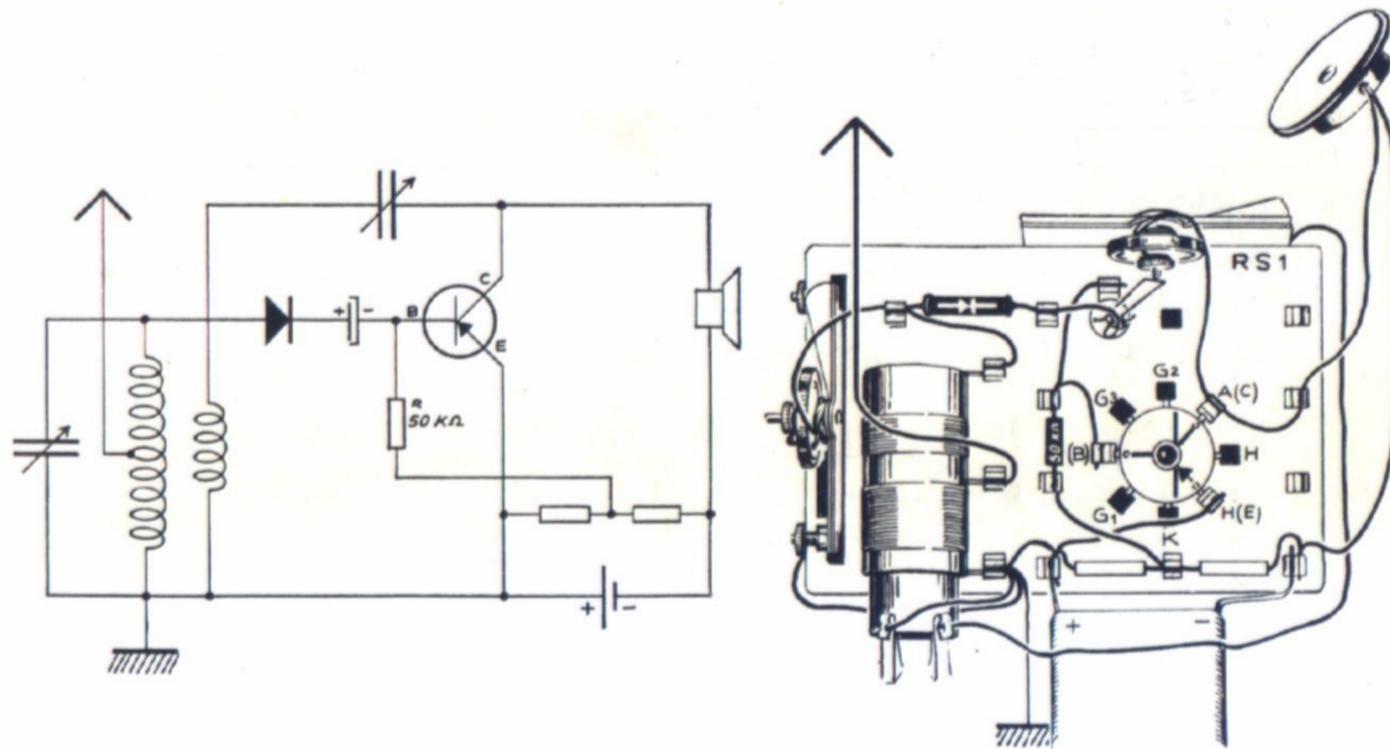
den wir mit dem Transistor gebaut haben, läßt sich in einer passend zugerichteten Schachtel bequem transportieren. Den Antennendraht von etwa 8 bis 10 m Länge und ein genügend langes Drahtstück für eine Erdleitung

nehmen wir gesondert mit. Im Zimmer ziehen wir die Antenne nach der Zimmerdecke hinauf und führen sie mit etwas Abstand von der Wand an dieser entlang. Für den Erdanschluß ist eine Verbindung mit dem blanken Teil einer Wasserleitung oder eines Heizkörpers recht günstig.

### 117. Transistorenempfänger mit Rückkopplung

Wenn wir verreisen, hat der Hausempfänger eine Zeit lang Ruhe. Wir können es verantworten, seinen Drehkondensator vorübergehend abzunehmen, um das bewährte Prinzip der Rückkopplung auch auf unseren Transistorempfänger anzuwenden und so eine größere Lautstärke zu erzielen.

In den beiden Abbildungen ist zuerst das Leitungsschema und dann die Anordnung der Teile auf der Platte RS 1 dargestellt.



Das Lesen von Schaltplänen ist unserem Radiomann nun schon so geläufig geworden, daß keine weiteren Erklärungen mehr gegeben werden müssen. Mit diesem Rückkopplungsempfänger erreichen wir, trotz der bescheidenen Mittel, eine recht gute Lautstärke.

### 118. Am Strand und im Zelt

Der Transistor-Verstärker mit Rückkopplung gibt so lauten Empfang, daß schon eine kurze Antenne, die man etwa vom Tisch aus nach einer Zimmer-ecke hinaufspannt, oder eine wie im Versuch 41 beschriebene Zimmerantenne für den Empfang ausreicht.

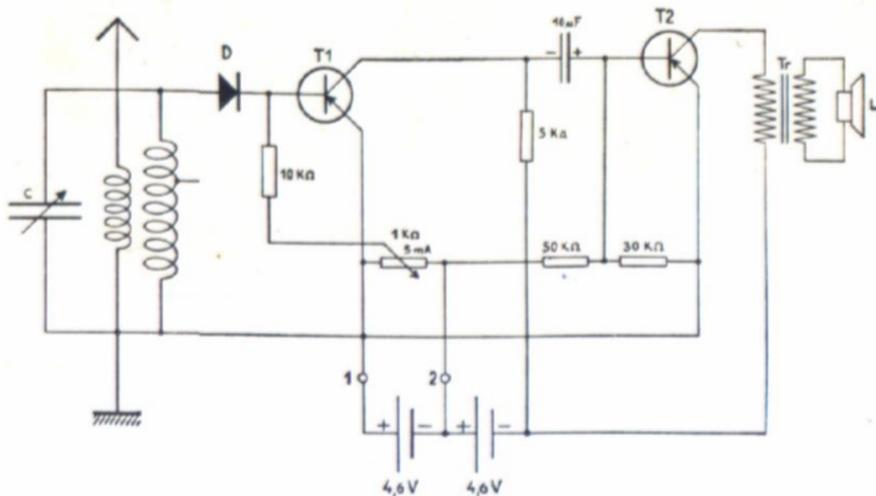
Im Garten, am Strand oder im Zelt wird man einen solchen Antennen- draht mit einem an ein Isolationsstück beliebiger Art gebundenen Stück Schnur von mehr als Antennenlänge mit sich führen. Wenn man an die



Schnur einen Stein bindet, kann man diesen vom Boden aus über die Astgabel eines in der Nähe stehenden Baumes werfen, und damit die Antenne hochziehen. Statt der Erdleitung genügt ein sog. Gegengewicht. Man schließt den Erd- draht einfach an ein Fahrrad an oder versieht ihn mit einem Metallgegenstand und versenkt ihn im Wasser. Weil die Transistorempfänger sehr wenig Raum einnehmen und nur wenig Strom verbrauchen, finden sie immer weitere Verbrei- tung. Die Beschäftigung mit dem Wunder des Radio hat dir nun sicher viel Freude gemacht. Es ist etwas Schönes um die Wissenschaft und die Technik, wenn man sich darin auskennt.

### Ausblick

Die Arbeit mit dem vielseitigen Material hat uns mit den Grundlagen der Radiotechnik vertraut gemacht. Wir haben nun auch soviel Übung im Lesen von Schaltbildern, daß wir unsere Wünsche immer höher schrauben. Es bie-



tet keine Schwierig- keit mehr, verwickelte Schaltbilder mit Ver- ständnis zu lesen und entsprechende Geräte durch Zukauf von Ein- zelteilen zu verwirk- lichen. Ein Transistor- empfangen für Laut- sprecherempfang, wie ihn das Schalthema darstellt, ist eine feine Sache.

Man braucht dazu allerdings einen zweiten Transistor (OC 72, OC 604 spez. oder OC 308), einen Übertrager (0,5 Watt; primär 2000  $\Omega$ , sekundär 8  $\Omega$ ); den Lautsprecher (10  $\Omega$ ; 0,5 Watt für 300 — 7000 Hz) und einige billige Wider- stände (oder ein Potentiometer von 1 k $\Omega$ ). Bei den Schaltungspunkten 1 und 2 kann nach Auftrennen der Batterie- zuleitungen ein zweipoliger Ausschalter eingebaut werden. Es sei der Erfindungs- gabe des Radiomann überlassen, diese Teile in ein hübsches Gehäuse einzubauen. Das Gerät wird ihm den Orts- sender in Zimmerlautstärke bringen.

### KOSMOS-Transformator Bestell-Nr. 12 - 1011.5

Dieser Trafo ist eine wertvolle Ergänzung zu den KOSMOS-Experimentier- und Schülerversuchskästen. Zusammen mit dem Netzanodengerät eignet er sich be- sonders für Experimente auf dem Gebiet der Radiotechnik.

Die Ausgangsbuchsen auf der Oberseite des Transformators liefern folgende Wech- selspannungen: 4, 6, 14, 18, 20, 24 Volt. Die 4 Volt-Wicklung ist bis 1,5 A belastbar, die 6—24 V-Wicklung bis 0,75 A. Blau lackiertes Metallgehäuse, anschlussfertig für 220 V Wechselstrom mit 1 m Kabel und Formstecker versehen. Größe: 6,5x7x5 cm.

### KOMOS-Netzanodengerät Bestell-Nr. 12 - 2011.5

Liefert für kleine Rundfunkempfänger eine geglättete Anoden-Gleichspannung von 20 V zum Betrieb von Röhren. Speziell für die Verwendung mit dem KOSMOS- Lehrspielzeug Radiomann geeignet. Das Netzanodengerät wird an die 20 V-Wick- lung des KOSMOS-Transformators angeschlossen. Höchstbelastung 50 mA. Blau lackiertes Metallgehäuse 6,5x7x3 cm, mit Kabel und Bananensteckern.

### KOSMOS-Gleichrichter Bestell-Nr. 12 - 1211.5

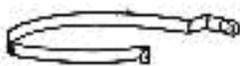
Zusammen mit dem KOSMOS-Transformator ersetzt dieser Gleichrichter die Bat- terien der KOSMOS-Experimentierkästen, denn er wandelt Wechselspannungen in Gleichspannung. Anschließbar an 1—25 V  $\approx$ , Entnahme 1—20 V = (nicht geglättet). Höchstlast 1 A. Bei Überlastung schaltet sich das Gerät selbsttätig ab. In blauem Metallgehäuse, 6,5x7x3 cm, mit Kabel und zwei Bananensteckern zum Anschluß an den KOSMOS-Transformator. Format und Äußeres entsprechen dem KOSMOS- Netzanodengerät.

Wer von euch möchte als erfolgreicher Radiobastler nach den Versuchen mit dem Radiomann in die Geheimnisse der modernen Elektronik eindringen und die fol- genden interessanten Apparate bauen: **Transistor-Rundfunkempfänger, Prüf- und Meßgeräte, Transistorverstärker, Sender, Tongenerator, Frequenzmesser, Licht- schranke, akustische Schalter, Ladegeräte für Kleinakkus, elektronische Zähler, auto- matische Türöffner, Multivibrator usw.?**

Mit dem neuen **KOSMOS-Experimentierkasten „Radio + Elektronik“** kann sich jeder technisch Interessierte spielend mit den Grundlagen, Anwendungen und Aus- wirkungen der Elektronik in Theorie und Praxis vertraut machen.

Keine Vorkenntnisse oder besondere handwerkliche Fähigkeiten sind erforderlich, um die vielerlei Versuchsanordnungen und Geräte zusammensetzen. Im Hand- umdrehen ist jeder Apparat **ohne Schrauben und Löten** durch einfaches Einstecken der Experimentierteile auf dem beigegebenen Kunststoffchassis aufgebaut und sind die Drahtverbindungen mit Hilfe der neuartigen KOSMOS-Klemmen hergestellt. Be- reits ein Dreizehnjähriger kann ohne Schwierigkeit die vielen reizvollen und span- nenden Experimente durchführen.

Die letzten Fortschritte auf dem Gebiet der Elektronik wurden bei der Zusammen- stellung der Versuche berücksichtigt. Der Grundkasten A, Best.-Nr. 60 - 1311.1, bildet zusammen mit dem Anleitungsbuch von H. Richter ein vollständiges, systematisches Transistor-Praktikum. Mit dieser hochmodernen Experimentierausrüstung können über 100 Versuche mit betriebsfähigen Geräten ausgeführt werden. Der Ergän- zungskasten B, Best.-Nr. 61 - 1411.1, macht uns in über 80 Versuchen mit all den geheimnisvollen automatischen Apparaturen bekannt, die wir von den selbsttätig gesteuerten „denkenden“ Maschinen her kennen; und der Ergänzungskasten C, Best.-Nr. 61 - 1511.1, ermöglicht sogar neben vielen anderen Geräten den Bau eines Geigerzählers mit optischer und akustischer Anzeige.

	Best.-Nr.	DM
	Rückkopplungsspule .....	62-1205.2 1,—
	Antennenstab .....	62-1201.3 —15
	Gitterkondensator .....	60-0012.2 —50
	Drehkondensator .....	62-1206.2 2.50
	Telefankondensator .....	62-1201.6 —55
	Kopfhörerbügel .....	62-1205.7 1.20
	Hochohmwiderstand 2 MΩ ....	62-1202.6 —35
	Diode .....	60-0033.6 1.90
	Transistor mit Halterung .....	62-1207.2 8.80
	Widerstand 5 kΩ .....	60-0031.6 —35
	Widerstand 50 kΩ .....	60-0032.6 —35
	Stahlstab .....	62-1202.3 —10
	Verbindungsfeder .....	62-1240.7 —10
	Anleitungsbuch .....	62-1261.6 4.50
	Röhre .....	62-1205.6 6.30

### Die Röhre

Bei der für die Versuche verwendeten Röhre handelt es sich um eine Pentode mit folgenden elektrischen Werten:

Anodenspannung	bis 30 Volt
Anodenstrom	3 mA
Heizspannung	4,5—6,3 Volt $\approx$
Heizstrom	180—300 mA
Außenwiderstand	6 kΩ

Diese Röhre kann schon mit Anodenspannungen von ca. 9 Volt (zwei Taschenlampenbatterien) betrieben werden. Die Heizung kann auch mit