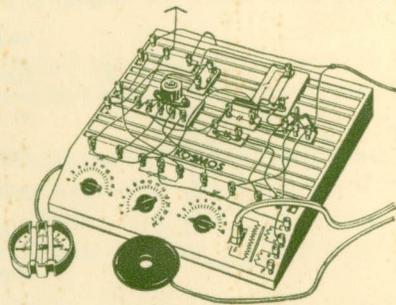


Wer die Welt des Kleinsten kennenlernen will, der braucht »Mikromann«, den KOSMOS-Kasten mit einer ganzen Mikroskopierausrüstung, einschließlich eines selbst zu bauenden Mikroskopes mit 110-facher Vergrößerung. 220 Versuche und zahllose Entdeckungen sind damit zu machen! Ferner gibt es »Optikus und Fotomann«, den Experimentierkasten für 120 Versuche mit Spiegeln und Linsen vom Fotoapparat bis zum Fernrohr und »Technikus« für mehr als 170 Versuche, z. B. Bau von Maschinen aller Art bis zur richtigen Dampfmaschine sowie »Der junge Bautechniker« mit naturgetreuen kleinen Hohlblocksteinen, Balken und Wellplatten für den Nachbau von Brücken, Gewölben oder des eigenen Hauses.

Mitten hinein in die Wunder der Elektronik, das vielleicht interessanteste und vielseitigste Gebiet der modernen Technik, führt der KOSMOS-Experimentierkasten »Radio + Elektronik«. Mehrere hundert Versuche kann man damit machen – schon als 14- oder 15-jähriger, wenn einen der »Radiomann« auf den Geschmack gebracht hat. Mit dem wertvollen Material baut man schnell, ohne zu löten oder zu schrauben, Rundfunkempfänger, Meßgeräte, Steuerungsanlagen, optische und akustische Schalter, ein elektronisches Musikinstrument, ein Nachweisgerät für radioaktive Strahlung oder eine Funkfernsteueranlage und vieles andere. Der Experimentierkasten »Radio + Elektronik« ist so gegliedert, daß der Grundkasten A zunächst ein abgeschlossenes Transistorpraktikum bringt; der Ergänzungssatz B führt dann in die elektronische Steuerungspraxis ein; der Ergänzungssatz C erlaubt Versuche mit der Gasentladungsröhre und auf dem Gebiet der Kerntechnik; der Ergänzungssatz D ermöglicht schließlich Experimente mit Kurzwellen, Funkfernsteuerung und Elektronenröhre.



KOSMOS-Experimentierkästen gibt es in Spielwaren-, Hobby- und Bastelgeschäften. Den ausführlichen vierfarbigen Prospekt bekommt ihr dort ebenfalls. Ihr erhaltet ihn aber auch – Postkarte genügt – direkt von
KOSMOS-LEHRMITTEL · 7000 STUTTGART 1 · POSTFACH 640

RADIOMANN

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

KOSMOS

FRANCKH VERLAG STUTTGART · LEHRSPIELZEUG

Schaltzeichen

| | | | |
|--|--|--|--|
| | Batterie | | Kondensator C |
| | Leitungskreuzung ohne leitende Verbindung | | Drehkondensator |
| | Leitungskreuzung mit leitender Verbindung | | Elektrolytkondensator (Elko) |
| | Leitungsabzweigung mit leitender Verbindung | | Diode D |
| | Schalter S | | Transistor E = Emitter B = Basis C = Kollektor |
| | Glühlampe | | Triode H-H = Heizfaden G = Gitter A = Anode K = Kathode |
| | Widerstand R | | Pentode H-H = Heizfaden G1 = Steuergitter G2 = Schirmgitter G3 = Bremsgitter A = Anode K = Kathode |
| | Potentiometer (Widerstand mit verschiebbarer Anzapfung) P | | Antenne |
| | Spule mit vielen Windungen und Eisenkern | | Erde |
| | Transformator für Niederfrequenz | | Gleichstrom |
| | Hochfrequenzspule L | | Wechselstrom |
| | Hochfrequenzspule mit Anzapfung | | |
| | Hochfrequenztransformator (ineinandergesteckte Hochfrequenzspulen) | | |
| | Kopfhörer | | |
| | Lautsprecher | | |

Widerstände:
 1 Ω = 1 Ohm
 1 $k\Omega$ = 1 Kilo-Ohm (1000 Ω)
 1 $M\Omega$ = 1 Meg-Ohm (1000 $k\Omega$)

Kondensatoren:
 1 pF = 1 Picofarad
 1 nF = 1 Nanofarad (1000 pF)
 1 μ F = 1 Mikrofarad (1000 nF)

Vom Gebirg' zum Ozean, alles hört der

RADIOMANN

Über **100** Versuche

von der Batterie zum selbstkonstruierten Fernempfänger. Mit dieser modernen Experimentierausrüstung für Jung und Alt baut man

Transistorempfänger, Transistorverstärker, Röhrenempfänger, Audion mit Rückkopplung und Reiseempfänger und macht dazu viele Grundlagen- und Detailversuche. Erweiterungsmöglichkeit durch Zukauf einer Röhre und eines Ergänzungskastens.

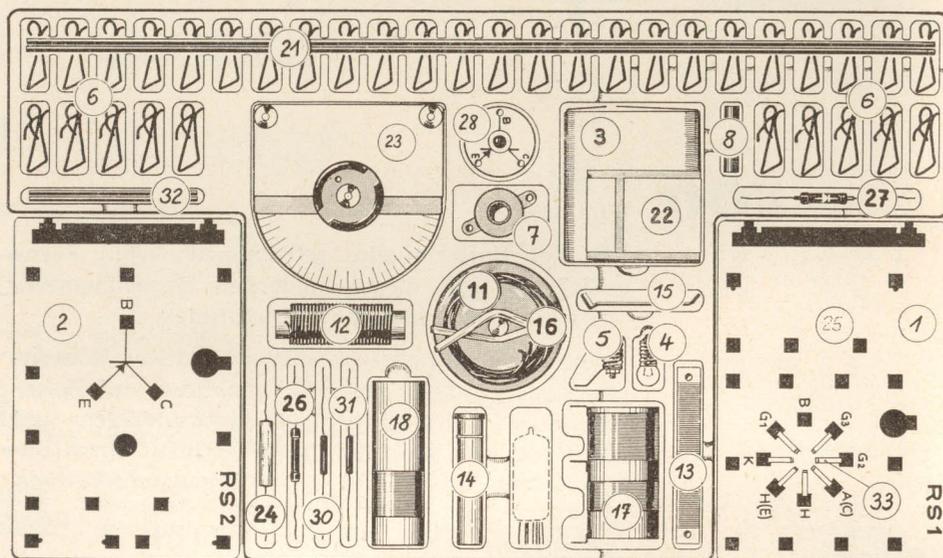
Von Dr. WILHELM FRÖHLICH

16. Auflage
 1963



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 34 Klemmfedern | 62 - 1202.7 | 25 Kopfhörerbügel | 62 - 1205.7 |
| 7 Magnetspule | 62 - 1203.2 | 26 Hochohmwiderstand 2 MΩ 0,25 W | 62 - 1202.6 |
| 8 Eisenkern | 62 - 1203.7 | 27 Diode | 60 - 0033.6 |
| 11 Kopfhörer 2000 Ω | 62 - 1203.6 | 28 Transistor mit Halterung | 62 - 1207.2 |
| 12 3 m Verbindungsdraht | 60 - 0014.2 | 30 Widerstand 4,7 kΩ 0,25 W | 60 - 0031.6 |
| 13 Widerstandstreifen | 60 - 0011.2 | 31 Widerstand 47 kΩ | 60 - 0032.6 |
| 14 Eisenfeilspäne in Aluröhrchen | 62 - 1210.2 | 32 2 Stahlstäbe | 62 - 1202.3 |
| 15 Tasterfeder | 62 - 1204.3 | 33 7 Verbindungsfedern | 62 - 1240.7 |
| 16 Gummiband | 60 - 4606.7 | Anleitungsbuch | 62 - 1261.6 |
| 17 Schwingkreissspule | 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 1963. 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:

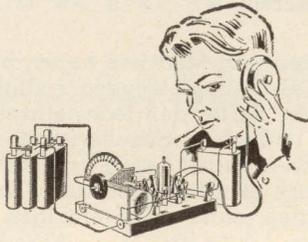
Nach sorgfältiger Entfernung der Isolierschicht am Ende der Verbindungsdrähte (siehe Versuch 2) muß das blanke Drahtende genügend weit in die Klemmfeder eingesteckt werden, so daß es darin einen guten Halt findet (siehe Kapitel 4, Abb. c).

2. Kein Empfang mit dem Diodengerät:

Um mit dem Diodenempfänger einen guten Rundfunkempfang zu erzielen, ist eine Hochantenne erforderlich (vergleiche auch Versuch 41). 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- oder Zentralheizungsrohr haben, wie in Versuch 41 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 (Versuche 45 bis 48). 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 61 bzw. 58 beschrieben sind. Es zeigt sich dann sofort, ob der Transistor in Ordnung ist.



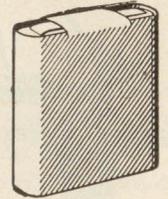
Radiomann ist der gelehrteste unter seinen Brüdern Elektromann, All-Chemist, Optikus, Technikus und Mikromann. Da sitzt er vor seinem schönen Gerät; in dem umgelegten Kopfhörer vernimmt er die Stimme ferner Sender, die er sich mit der Schwingkreisspule und dem Drehkondensator herausgesucht hat. Als planmäßig 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

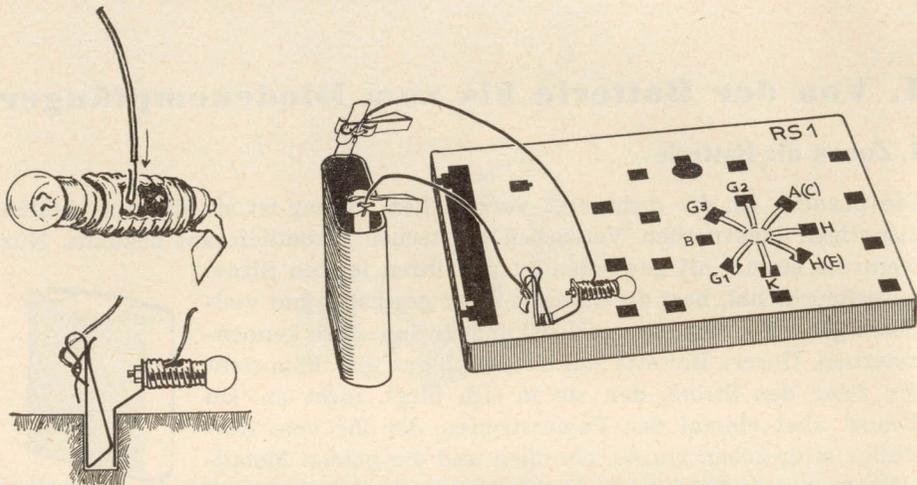
Die brauche ich dir nicht erst vorzustellen. Sicher ist sie dir von deinen bisherigen elektrischen Versuchen als treuer Stromlieferant bekannt. Nur wenn sie einmal alt geworden ist und ihren letzten Strom ausgehaucht hat, hast du sie nicht mehr geschätzt und vielleicht gar erbarmungslos zerlegt, um ihr 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.

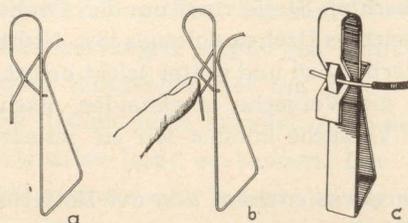
In der Abbildung ist der Strom nach einem etwas entfernt von der Batterie aufgestellten Lämpchen geleitet. Die Lampenfassung setzen wir mit ihrem Bügel in eines der quadratischen Löcher in der Platte RS 1. Wenn du nun in dasselbe Loch eine Klemmfeder mit dem Knick gegen den Lampenbügel einführst, wird 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.



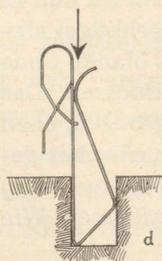
3. Der Strom braucht einen Hin- und Rückweg

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



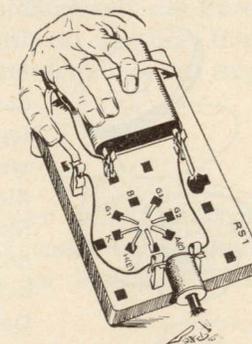
Um mit den Versuchen beginnen zu können, müssen wir zunächst die im Kasten enthaltenen Teile kennenlernen. Bei jedem Versuch in der Elektro- und Radiotechnik ist das Verbinden von Drähten miteinander oder mit anderen Teilen das Hauptproblem. Unser Radiomann enthält sehr praktische Klemmfedern, die alle 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 Widerstandsstreifen 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

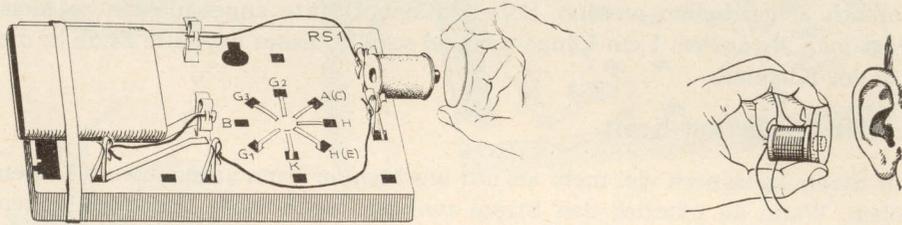
Der Strom kann noch viel mehr als nur leuchten; er kann auch schwere Lasten heben. Wenn du nämlich den Strom zwingst, durch viele Drahtwindungen zu fließen, die um einen Eisenstab gewickelt sind, so bekommt das Eisen in der Spule die Fähigkeit, andere Eisenstücke anzuziehen, es wird magnetisch. Wir schieben 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

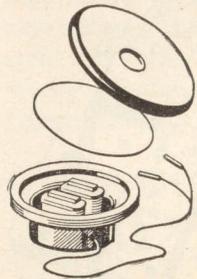
Zuerst haben wir den Strom mit der Zunge geschmeckt, dann haben wir sein Leuchten gesehen, dann seine Kraft bewundert und jetzt wollen wir ihn auch noch hören. Dazu halten wir einfach den Deckel oder den Unterteil einer kleinen Blechdose, wie sie in jedem Haushalt zu finden ist, an die Magnetspule, die 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 wird. Wenn wir den Strom einschalten, zieht die Spule das Eisenblech an und die umgebende Luft wird dadurch erschüttert. Unser Ohr nimmt das dann als Knackgeräusch wahr.



7. Der Kopfhörer

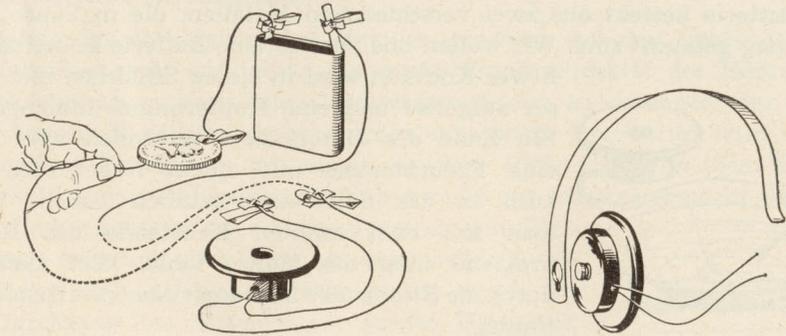
Wenn wir uns vornehmen, recht sorgfältig zu sein, können wir von unserem Kopfhörer den Deckel abschrauben. Wir sehen darunter eine runde Eisenblechscheibe, die von einem Magnet angezogen wird. Dieser Magnet ist allerdings aus besonderem Stahl gefertigt, und deshalb dauernd magnetisch. Darum hält das 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 oder etwas loslassen, je nachdem, wie herum die Batterie angeschlossen ist.



Der Pappiring unter dem Rand der Eisenblechscheibe (Membran) soll gerade soviel Abstand lassen, daß die Membran frei schwingen kann, ohne den Magneten zu berühren. Wenn du den Hörer wieder zusammenschraubst und ihn im Aufbau nach Versuch 6 anstelle der Magnetspule anschließt, hörst du ein lautes Knacken, wenn du ihn mit der Öffnung ans Ohr hältst und den Taster drückst.

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

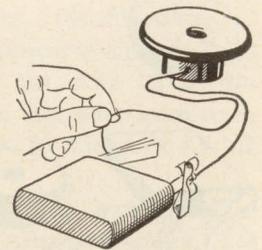


mit dem einen Draht der Fernleitung leicht kratzend über die Unebenheiten fährt. In dem fernen Hörer vernimmt man das Kratzen sehr deutlich.

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

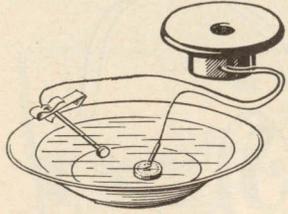
Immer wenn ein Ton an dein Ohr kommt, verdankt er seine Entstehung einem rasch schwingenden Körper, sei es einer schwingenden Saite, wie bei der Violine oder einer schwingenden Zunge wie bei der Mundharmonika. Es soll jetzt einmal ein Ton erzeugt werden. Wir zupfen an der langen Batteriefeder, so daß 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

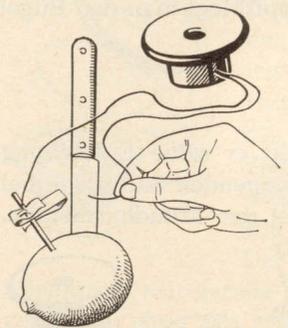
Unser Hörer ist imstande, noch recht schwache Ströme anzuzeigen. Selbst eine alte Taschenlampenbatterie, die kein Lämpchen mehr zum Leuchten bringt, erzeugt noch ein kräftiges Knacken im Hörer.

Eine Batterie besteht aus zwei verschiedenen Metallen, die in Säure oder Salzlösung getaucht sind. Wir wollen uns jetzt so eine Batterie selbst bauen: Etwas Kochsalz wird in einem Schälchen mit Wasser aufgelöst und eine Kupfermünze hineingelegt. Ein Ende des Hörerkabels verbinden wir durch eine Federklemme mit einem Nagel, den wir auch in das Salzwasser tauchen lassen. Wenn man mit dem zweiten Kabelende des Hörers kratzend über die Münze fährt, hört man das durch die Stromstöße hervorgerufene kratzende Geräusch.



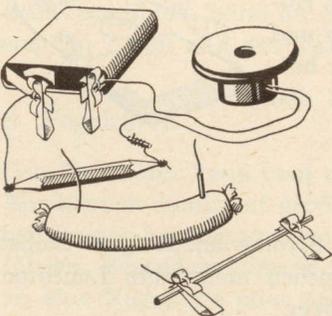
Sicherlich ist der Strom, der aus dem behelfsmäßig zusammengestellten Stromerzeuger (Kupfer-Kochsalz-Eisen) herauskommt, sehr schwach, wohl tausend Mal schwächer als er für ein Lämpchen erforderlich wäre. Der Hörer aber ist offensichtlich imstande, noch äußerst schwache Ströme zu erkennen.

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.

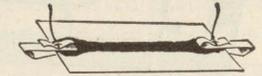
12. Leiter und Nichtleiter



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 setzt dem Durchgang des Stromes großen Widerstand entgegen.



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

So, wie man Gewichte von Körpern in Gramm oder Kilogramm angibt

$$1 \text{ g} = 1 \text{ Gramm}$$

$$1 \text{ kg} = 1 \text{ Kilogramm} (= 1000 \text{ Gramm})$$

werden die Größen von Widerständen in Ohm angegeben. Als Abkürzung dafür wurde der griechische Buchstabe Omega (Ω) gewählt; denn der Anfangsbuchstabe des Namens Ohm hätte zu leicht mit der Ziffer Null verwechselt werden können.

$$1 \Omega = 1 \text{ Ohm}$$

$$1 \text{ k}\Omega = 1 \text{ Kiloohm} (= 1000 \text{ Ohm})$$

$$1 \text{ M}\Omega = 1 \text{ Megohm} (= 1000 \text{ Kiloohm oder } 1\,000\,000 \text{ Ohm})$$

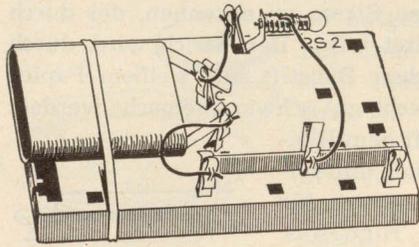
1 M Ω hat also eine Million Ohm! Zum Vergleich die Ohmwerte einiger Teile aus unserem Kasten: Der Widerstandsstreifen Nr. 13 hat etwa 25 Ω , die Wicklung des Kopfhörers fast 2 k Ω . Im Kasten befinden sich aber auch noch drei Hochohmwiderstände, nämlich Nr. 26 mit 2 M Ω , Nr. 30 mit etwa 4,7 k Ω und Nr. 31 mit ungefähr 47 k Ω .

Wenn du sie nacheinander mit Kopfhörer und Batterie prüfst, kannst du sie gut voneinander unterscheiden: bei 2 M Ω knackt es nur ganz leise, bei 4,7 k Ω aber schon viel lauter. Wie du sie sonst unterscheiden kannst siehe V. 56/57.

15. Ein Regulierwiderstand

Auch der Draht auf dem Widerstandsstreifen 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 benutzen jetzt Platte RS 2, weil wir die auf der anderen Platte aufgebaute Magnetspule im nächsten Versuch wieder brauchen.



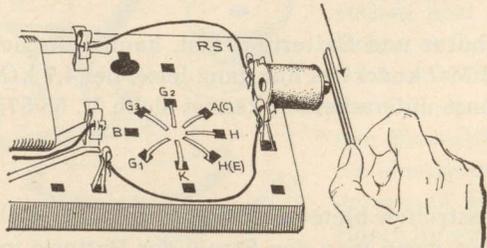
Daß der Strom geschwächt ist, sieht man auch daran, daß es viel schwächere Funken gibt, wenn man den Strom an einer Stelle etwa zwischen Batterie und Lämpchen unterbricht. Man könnte den Widerstand auch dazu brauchen, einen etwa vorhandenen kleinen Elektromotor schneller oder langsamer laufen zu lassen.

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



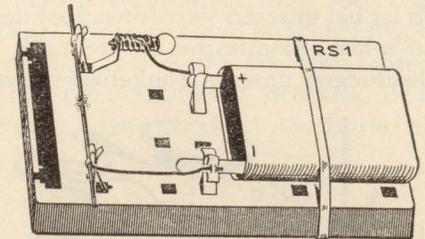
Für die folgenden Versuche benötigen wir die zwei Stahlstifte 32. Wir machen sie magnetisch, indem wir sie mehrmals der ganzen Länge nach über den noch von Versuch 5 her auf der Platte RS 1 befindlichen Elektromagnet ziehen. Wir nehmen beide Stahlstifte dicht

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 Stäben 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 Fernsteuerungsanlage

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 zwei Millimeter betragen sollte, bringen wir nur 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

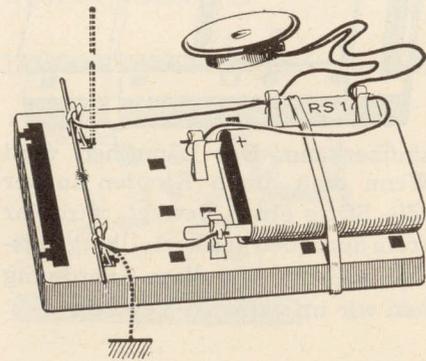
eine Drahtverbindung zwischen beiden besteht. Dies ist eben die Eigentümlichkeit und das Wunderbare des Radios oder des Rundfunks! Rundfunk heißt es, weil in den ersten Anfängen der drahtlosen Nachrichtenübertragung der Funke eine große Rolle gespielt hat. Auch jetzt ist an dem Batteriestreifen ein kleiner 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 10 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-



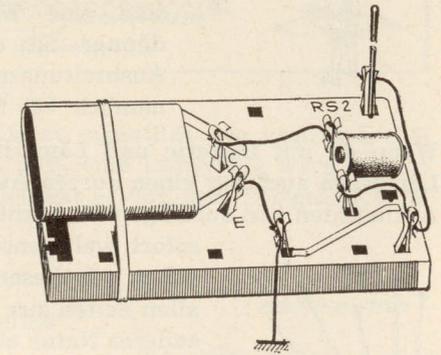
mit durch die Lockerung der Feilspäne der alte Widerstand wieder hergestellt wird. Die Reichweite beträgt jetzt schon etwa 50 cm.

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. In der rechts hinten liegenden Ausparung wird ein Antennenstab 21 mit Hilfe einer Klemmfeder befestigt. Das obere Ende wird etwas umgebogen, damit wir uns nicht verletzen können. Als Gegenstück zur Antenne wird an der linken Klemme des Tasters ein ebenfalls 40 cm langer abgeschnittener Verbindungsdraht ange-

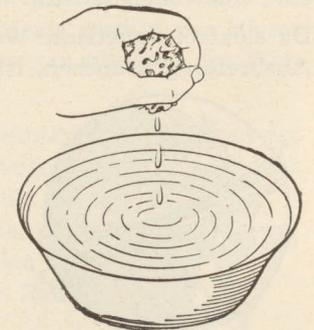
geschlossen, der lose über den Tischrand nach unten hängt. Der Taster kommt auf die rechte vordere Seite der Platte RS 2 und ergibt beim Niederdrücken einen Kontakt mit der rechten Klemmfeder. Die Batterie legen wir in die Mitte der Platte und befestigen sie mit dem Gummiband 16. Drückt man auf die Tasterfeder, 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.

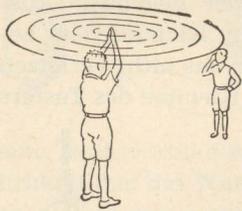
22. Wellentheorie im Waschbecken

Um die geheimnisvolle Fernwirkung unserer Apparate zu verstehen, die wir bisher uns unbekannt 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



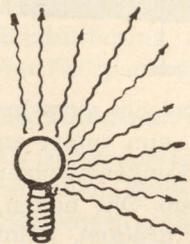
Washbecken. Aus einem nassen Schwamm lassen wir einzelne Tropfen auf die Mitte des Wasserspiegels fallen. Wir beobachten, wie von der getroffenen Stelle aus eine kreisförmige Welle sich ausbreitet, die rasch größer wird und zum Rande läuft. Diese allseitige gleichmäßige Ausbreitung ist eine Eigentümlichkeit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

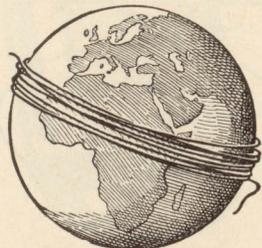
Wenn du mit Batterie und Lämpchen in die Nacht hinausgehst und dein Lämpchen auch nur einen kurzen Augenblick aufleuchten läßt, so wird dieses Aufleuchten von zufälligen Beobachtern auf viele hundert Meter Entfernung



sofort wahrgenommen. Wenn irgendwo etwas leuchtet, gehen von dieser Lichtquelle eine dritte Art Wellen nach allen Seiten aus, eben die Lichtwellen. Sie sind aber ganz anderer Natur als Luft- oder Wasserwellen. Ähnlich, wie z. B. der Eisenkern unseres Elektromagneten seine direkte Umgebung mit einem magnetischen Feld erfüllt, ohne sich zu kümmern, ob sie Luft enthält oder vielleicht ganz leer ist, wie der Weltraum, versetzen die Lichtwellen den Raum von der Lichtquelle ausgehend abwechselnd in magnetische und elektrische Zustände. Das Licht ist also

eine elektromagnetische Welle.

Da elektromagnetische Wellen keine Materie wie Luft oder Wasser zu ihrer Ausbreitung brauchen, ist es ihnen möglich, sich auch im leeren Weltraum auszubreiten. So können also von der Sonne aus Lichtwellen durch den Weltraum bis zu uns gelangen. Da sie keine Materieteilchen bewegen müssen, können sie sich viel rascher ausbreiten als z. B. Luftwellen und haben eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 300 000 Kilometern oder umgerechnet 300 Millionen Metern in der Sekunde. Weißt du, wie weit ein Weg von



300 Millionen Metern 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 Lichtes.

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?

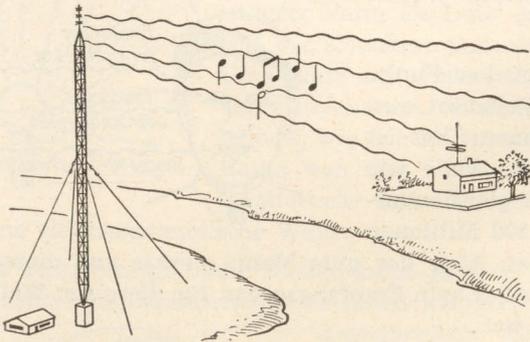
Weil die Menschen kein Organ für die Wahrnehmung elektrischer Wellen haben, hatten sie von ihrem Vorhandensein keine Ahnung. Und doch hat es wohl schon von Anfang der Dinge an elektrische Wellen gegeben, weil eben jeder Blitz solche elektrischen Wellen erzeugt. Die elektrischen Wellen waren vorhanden, 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. 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.

26. Elektrische Wellen tragen Musik in jedes Haus

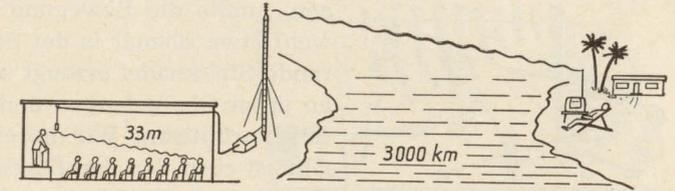


unserem Empfänger werden diese Schwankungen der Wellenstärke in Stromänderungen umgewandelt und dem Kopfhörer zugeleitet. Der verwandelt sie dann in Schall zurück.

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-



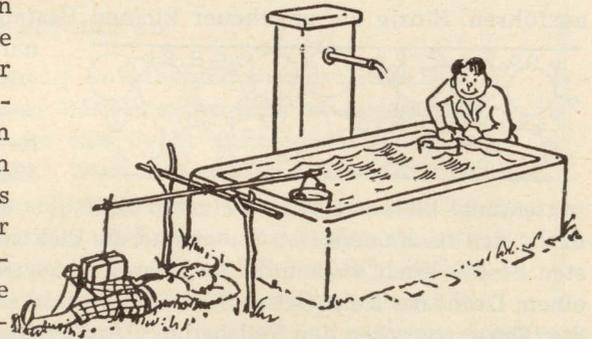
hörer zu gelangen, und welche Zeit von der Radiowelle bis nach Afrika gebraucht wird.

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

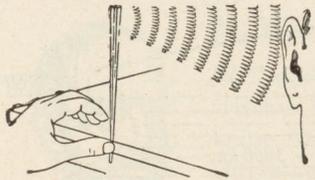
Das hast du wohl auf den ersten Blick verstanden, wie Max und Moritz einander mit Wellenübertragung Zeichen geben. Max taucht den Wasserkessel in der einen Ecke eines Brunnentroges und erzeugt dadurch Wellen. In der anderen Ecke schwimmt ein gleicher Kessel, der zum Teil mit Wasser



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,



gen, 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,

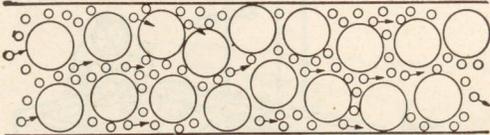
und es ist sehr einleuchtend, daß die Wasserwellen dem Ohr wenig Eindruck machen oder daß die Luftwellen unserer schwirrenden Stricknadel niemals einen Wasserkessel zum Tanzen bringen könnten.

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. Einzige 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.

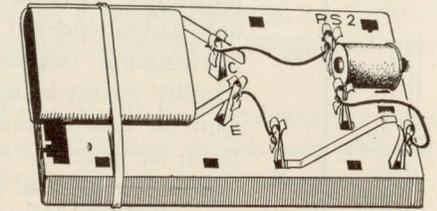
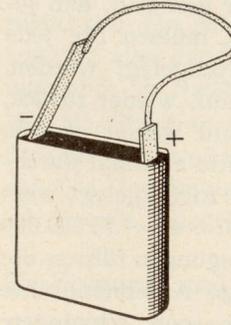


Elektronen sind nämlich einige tausendmal kleiner als die kleinsten Teile, aus denen beispielsweise Kupferdraht sich zusammensetzt. Dabei sind die Elektronen immer bei diesen kleinsten Stoffteilchen vorhanden und deren unzertrennliche Begleiter. Wenn in einem Draht ein elektrischer Strom fließt, sind 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.

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

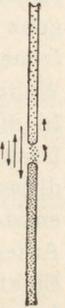
Wenn wir die beiden Enden der Batterie durch einen Draht verbinden, so beginnen die in dem Draht vorhandenen Elektronen zu wandern. Die Batterie ist nämlich eine Art Elektronenpumpe. Sie saugt mit dem kurzen Ende,



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 leergepumpten Draht überspringen.

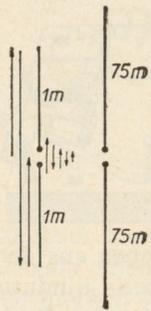
32. Die Elektronen tanzen auf und ab

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.



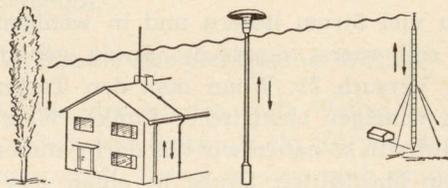
33. Von der Schwingungszahl

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 abtanzen 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 Erd Draht 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.

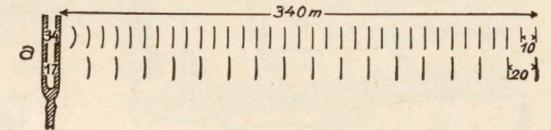
Für die Übertragung in die Ferne sind nur die Wellen wirksam, die durch Ströme verursacht werden, die mehr als 100 000mal je Sekunde wechseln, die also Hochfrequenzströme sind. Die Frequenz der Rundfunksender finden wir jeweils angegeben in kHz, z. B. Stuttgart 575 kHz.

35. Frequenz und Wellenlänge

Neben den Angaben über die Frequenz in kHz ist häufig noch die Wellenlänge in Meter (m) angegeben. 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.

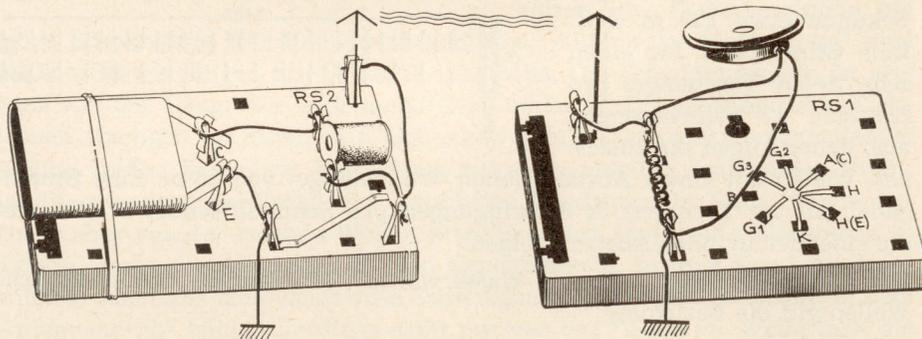
Man bezeichnet als:

| | | | | | | | |
|------------------|-------------------|---------------|--------------|----------|---------------|--------------|--------|
| 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 Fernsender 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.

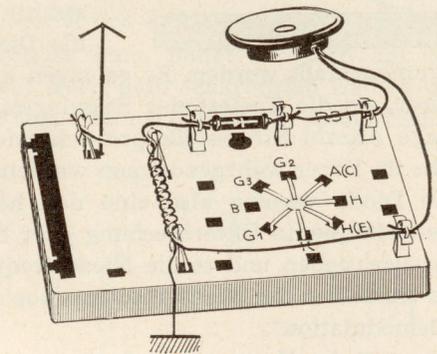
Die Batterie brauchen wir hier nicht mehr, der Kopfhörer wird also direkt an die beiden Klemmen mit der Drahtspule angeschlossen. Die auf- und abschwingenden Elektronen können jetzt durch diese Drahtspule und durch die Kopfhörerspule gehen. Nun wird in etwa 1 m Entfernung von diesem Empfangsapparat der 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 fast 200 Millionen Stromwechsel folgen nämlich zu schnell aufeinander. Die 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 27). Jetzt hören wir plötzlich bei jedem mit dem Taster erzeugten Funken ein Knacken im Hörer. Warum?

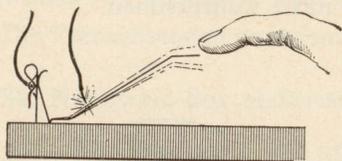
Wir wissen, daß ein Wechselstrom dauernd seine Richtung ändert, also aus positiven und negativen Halbwellen besteht. Bei der positiven Halbwelle wird die Membran im Hörer angezogen, bei der negativen losgelassen. Diese Halbwellen folgen aber bei einem hochfrequenten Strom so rasch aufeinander, daß die Membran 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 zustande kommt, 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 Stromstoß verwandelt, der das 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 den hochfrequenten Wellen aufgezwungene 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

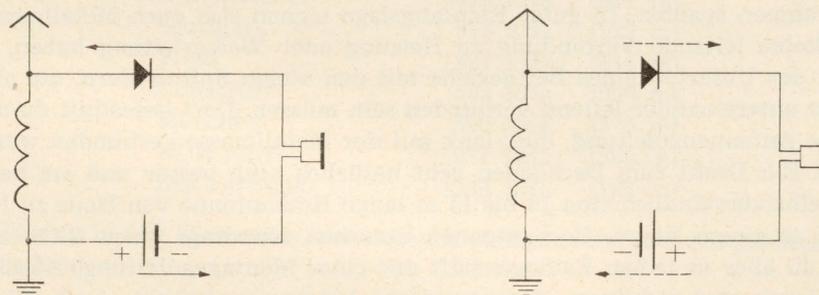
Wenn dein Freund dicht an der Wand die schnellen Funken erzeugt und wir im anderen Zimmer nahe der Wand das Empfangsgerät aufstellen, hören wir in diesem das durch die Wellen verursachte knatternde Geräusch ganz deutlich.

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  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.

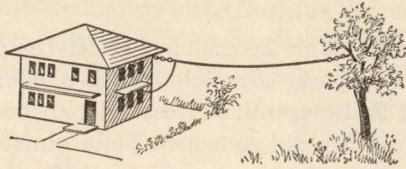


Durchlaßrichtung (starkes Knacken) Sperrichtung (kein Knacken)

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 die Elektronen vom Pluspol der Batterie durch den Stromkreis zum Minuspol bewegen. Das haben auch die Wissenschaftler früher angenommen, bis sich das Gegenteil herausstellte. Die Elektronen werden nämlich beim Minuspol aus der Batterie oder dem jeweiligen Stromerzeuger herausgedrückt und fließen durch den Stromkreis wieder zurück zum Pluspol. Obwohl man jetzt weiß, in welcher Richtung die Elektronen sich wirklich bewegen, hat man bis heute leider die alte Richtungsbezeichnung beibehalten. Man unterscheidet jetzt den Stromfluß (von + nach -) von der Elektronenbewegung (von - nach +), obwohl es in Wirklichkeit nur die Elektronenbewegung gibt. In unseren Schaltplänen geben die Pfeile neben den Leitungen die Elektronenbewegung an.

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 Rundfunkwellen können mit unserer Diode aber nur wahrgenommen werden, wenn wir eine größere Antenne haben; denn die von den Wellen aufgeschauelten Elektronen müssen in der Lage sein, mit der gleichen Frequenz

wie die Elektronen in den Sendedrähnen zu schwingen.

Eine geeignete Antenne für Mittelwelle ist heute fast in jedem Haushalt vorhanden. Wenn du zuhause keine Antenne hast, mußt du es mit einer Behelfsantenne versuchen. Das ist ein Draht, den du möglichst hoch und lang in der Wohnung isoliert ausspannst. Wohnst du in einem oberen Stockwerk, genügt oft schon ein Draht, den du vom Tisch über die Gardinenstange zum Türrahmen spannst. In guter Empfangslage eignen sich auch Metallmassen, die keine leitende Verbindung zu Heizung oder Wasserleitung haben, wie z. B. der Unterteil eines Bettgestells mit den vielen Spiralfedern, die allerdings untereinander leitend verbunden sein müssen. Dort befestigst du dann deine Antennenzuleitung, die blank mit der Metallmasse verbunden werden muß. Ein Draht zum Dachboden geht natürlich noch besser und am besten ist selbstverständlich eine 10 bis 15 m lange Hochantenne von Haus zu Haus oder zu einem Baum. Hochantennen brauchen allerdings einen Blitzschutz, den du aber in jedem Radiogeschäft mit einer Montageanleitung, Abspannisolatoren und richtigem Antennendraht bekommen kannst. Auch gibt es schöne Zimmerantennen zu kaufen, die mit Abstandsisolatoren 2 bis 3 cm von der Wand entfernt und ca 10 cm unter der Decke rund um das Zimmer angebracht werden können. Ehe du so eine Antenne kaufst, probiere zunächst, ob nicht billiger Draht bei der Empfangslage deines Zimmers ausreicht.

Damit auch die Spule zu den ankommenden Schwingungen paßt, ersetzen wir unsere Behelfsspule mit 10 Windungen durch die Schwingkreissspule 17 mit 100 Windungen. Diese Spule wird so eingesetzt, daß die Seite mit den wenigen Windungen nach hinten 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 vorderen Anschluß der Spule kommt, aber so lang sein soll, daß man den sog. Erddraht an eine blanke Stelle der Wasserleitung oder der Heizung anklammern 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, aber noch sehr leise.

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 | (567 m) |
| Stuttgart | 575 kHz | (522 m) |
| Wien | 584 kHz | (514 m) |
| Frankfurt | 593 kHz | (506 m) |
| München | 800 kHz | (375 m) |
| NDR/WDR | 971 kHz | (309 m) |
| Südwestfunk | 1538 kHz | (195 m) |

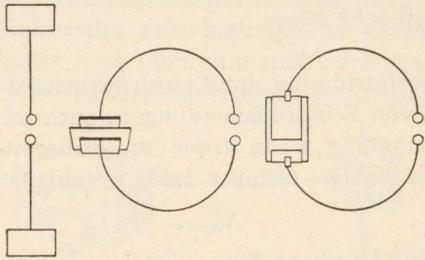
Die Zahlen in den Klammern bedeuten die zu diesen Frequenzen gehörenden Wellenlängen.

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 um so 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-

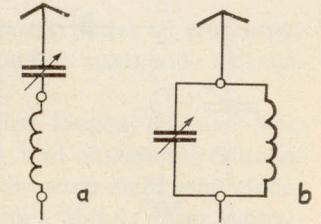
schwingen kann. Wenn man die beiden Drähte zusammenbiegt und die beiden Platten einander direkt gegenüberstellt, so erhält man einen Schwingungskreis. Darin schaukelt die Elektrizität im Kreise hin und her, vergleichbar dem unruhigen Rädchen in der Armbanduhr. Wir können einen Schwingungskreis nach Anweisung 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 Kondensator. In unserem Kasten ist ein Kondensator vorhanden, dessen Isolierschicht aus einem durchsichtigen Stoff besteht. Dieser Kondensator faßt ungefähr gleichviel Elektrizität wie eine Kugel von 90 cm Halbmesser oder 1,8 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. Das Fassungsvermögen eines Kondensators für eine Elektrizitätsmenge nennt man Kapazität.

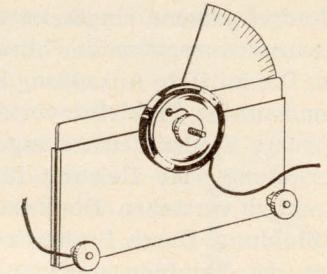
Ein Schwingkreis besteht immer, wie wir jetzt wissen, aus einer Spule und einem Kondensator. Die Abbildung zeigt, wie man Spule und Kondensator zu einem solchen Schwingkreis zusammenschalten kann.

Schalten wir Kondensator und Spule hintereinander, ergibt das die Serien- oder Reihenschaltung, die Abbildung a mit der Antenne zusammenschaltet zeigt. Hier erscheint die Antenne den schwingenden Elektronen durch den Kondensator verkürzt und die Resonanzfrequenz ist größer. Abbildung b zeigt einen Parallelschwingkreis mit angeschlossener Antenne. Jetzt wirkt die Antenne als Vergrößerung des Kondensators und die Resonanzfrequenz ist kleiner.



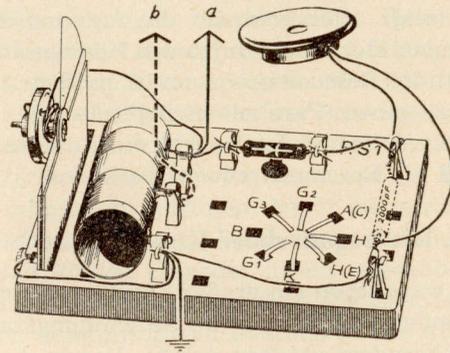
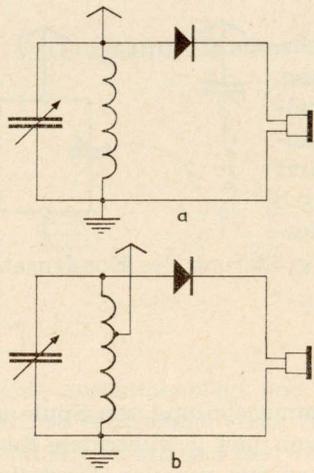
46. Der regulierbare Kondensator

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 um so größer, je größer die einander gegenüberstehenden Flächen sind. In unserem Drehkondensator 23 ist eine halbkreisförmige Blechscheibe zwischen Isolierblättern eingelassen. Diese Scheibe kann man zwischen die Isolierblätter hineindrehen und damit das Fassungsvermögen des Kondensators verändern. Ein schräger Pfeil durch das Schaltzeichen des Kondensators bedeutet, daß dieser veränderlich 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. Dann machen wir ein Stück Draht am einen Ende blank und stecken es von hinten durch die kleine Bohrung im Drehknopf, so daß das blanke Ende vorn herauschaut. Das gelingt uns ganz leicht, wenn wir die Skala ganz zwischen die Platten hineindrehen. Das blanke Ende klemmen wir unter die Rändelmutter am Drehknopf. Nun schlingen wir den Draht als lose Spirale zweimal um die Achse hinter dem Drehknopf, damit wir den Kondensator später bequem einstellen können. Das andere Ende des Drahtes machen wir auch blank und verbinden es mit dem hinteren Spulenanschluß (siehe Abbildung). Der Draht vom vorderen Spulenanschluß wird unter eine der Rändelmuttern geklemmt, die den Drehkondensator an der Platte RS 1 halten. Als Spule dient 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 hintere Spulenklemme, sondern an die mittlere Anzapfung der Schwingkreis-spule. Die Schaltung entspricht jetzt dem Schaltschema b von Versuch 47. Dadurch wird die Antenne loser gekoppelt, wie man sagt, und zwei Sender, die sonst vielleicht gleichzeitig zu hören sind, können besser getrennt werden. Ist der Sender nur zu hören, wenn die Drehkondensatorplatte sehr weit herausgedreht ist, kannst du den Empfang verbessern, wenn du den kleinen Spulenteil kurzschließt, also die hintere und mittlere Spulenklemme miteinander verbindest. Dann ist als Spule nur der andere Wicklungsteil wirksam.

49. Eigenschwingung und Resonanz

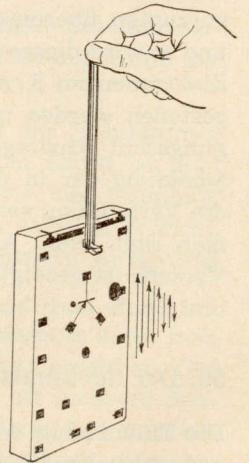
Von Stimmgabeln wissen wir, daß sie immer nur einen Ton geben, weil sie infolge ihrer Größe nur mit einer, ihnen zugehörigen Eigenschwingung

schwingen können. Nicht nur eine Stimmgabel, sondern jedes schwingungsfähige System von Körpern hat meist eine ihm besonders zusagende Schwingungszahl, seine Eigenschwingung.

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 abspringen, 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-

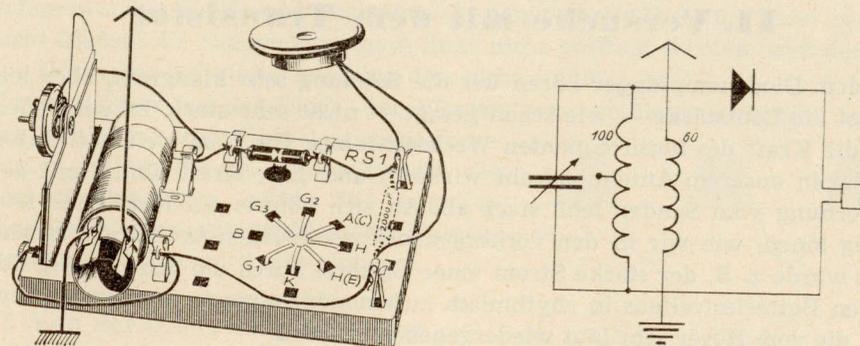


chen und zwar zuerst sehr schnell und dann immer langsamer aufeinanderfolgend. Zuerst macht die angehängte Platte die Schwingungen gar nicht mit. Sie sind ihr zu schnell. Bei einer mittleren, ganz bestimmten Zahl dagegen gerät die Platte in große Auf- und Abbewegungen; aber wenn wir die von der Hand 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 Resonanz 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 wirt 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

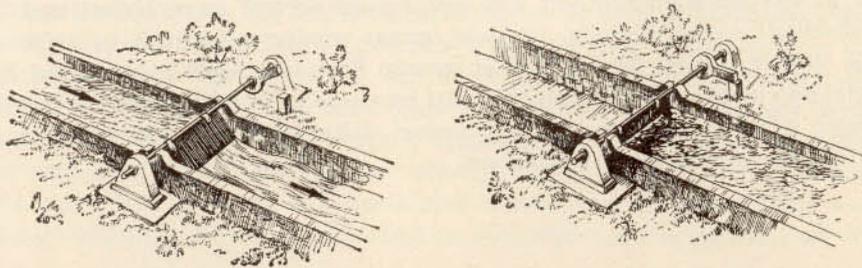
Mit dem Diodenempfänger hören wir die Sendung sehr klangrein, aber leider ist die Lautstärke — wie schon gesagt — nicht sehr stark. Es wird eben nur die Kraft des hochfrequenten Wechselstromes von dem weit entfernten Sender in unserem Antennendraht wirksam und diese Kraft nimmt mit der Entfernung vom 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.

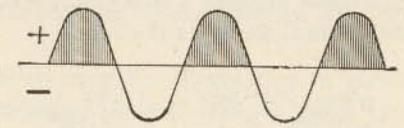
51. Die Diode

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,



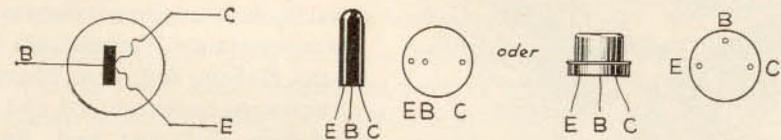
indem es selbst die Klappe wegdrückt. In umgekehrter Richtung kann es aber nicht fließen; die Klappe kann nach links nicht geöffnet werden, weil der auf der Drehachse befestigte Anschlag dies nicht zuläßt.

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 auf dem kleinen Röhrchen herausführen. Die beiden schon erwähnten amerikanischen Wissenschaftler hatten bei ihren Versuchen eine Diode mit zwei Drahtspitzen auf 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.



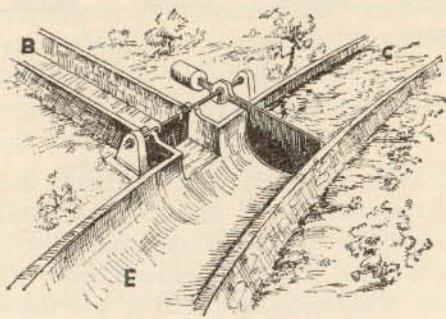
Diese Bezeichnungen müssen wir uns gut merken und später bei den Experimenten darauf achten, daß diese Drähte immer richtig angeschlossen werden, da sonst unser Transistor leicht zerstört wird. Du könntest nun denken, daß es sich beim Transistor um eine etwas bessere Diode handelt. Das ist aber nicht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

53. Was kann der Transistor noch?

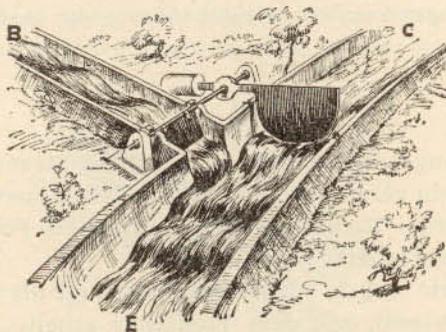
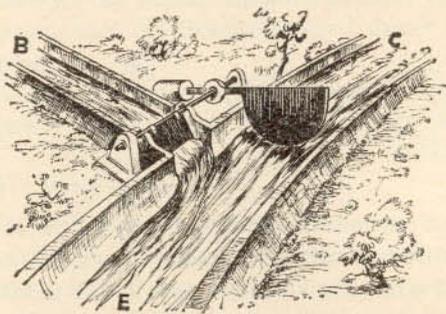
Mit dem Transistor kann man mit geringer Energie den elektrischen Strom beeinflussen. Er wirkt also ähnlich wie ein verstellbares Ventil, mit dem man etwa einen starken Wasserstrom, der eine Turbine mit vielen hundert PS antreibt, ohne große Anstrengung verringert oder verstärkt.

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.



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.



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. 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 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.

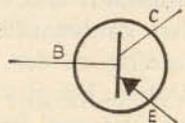
Haben wir einen elektrischen gleichmäßigen Strom, kann es sich nur um einen Gleichstrom, z. B. aus einer Taschenlampenbatterie handeln. Tritt in unserem Modell im Basiskanal der Wasserstrom

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.

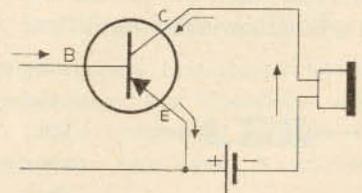
Vielleicht kannst du dir jetzt schon vorstellen, wie ein Transistor in einer Radioschaltung verwendet wird. Man leitet einfach die mit der Antenne von einem Sender eingefangenen winzigen Ströme zur Basis des Transistors, dann kann man aus dem Kopfhörer, der in den Collector-Emitter-Stromkreis eingeschaltet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

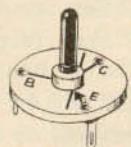


Die nächste Abbildung zeigt, wie Batterie und Kopfhörer an den Transistor angeschlossen werden. Der Vergleich der hier eingezeichneten Stromrichtung mit unserem Schleusenmodell zeigt deutlich die Übereinstimmung mit dem Wasserstrom. Die Batterie dient zur Herstellung des Spannungsunterschieds, also des 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 58 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 Radiomann, 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. Wie kann man Widerstandswerte unterscheiden?

In unserem Kasten haben wir drei Widerstände, nämlich Nr. 26, Nr. 30 und Nr. 31. Woher wissen wir aber, welchen der drei Widerstände wir gerade in der Hand halten?

Natürlich könnten wir sie nach Versuch 14 mit dem Kopfhörer unterscheiden. Aber das ist doch eine sehr umständliche Methode. Besser ist schon, wenn wir sie an ihrem Aufdruck unterscheiden lernen.

Wenn die Widerstände Aufdrucke wie z. B. 4,7 k Ω oder 47 k Ω oder 2 M Ω haben, ist das natürlich ganz einfach.

Leider gibt es aber auch Widerstände, die keinerlei Zahlenaufdruck aufweisen. Die Widerstände werden nämlich auch in Radio- und Fernsehgeräte eingebaut und dort stört es, wenn sie mit Zahlen bedruckt sind. Man kann den Zahlenaufdruck nämlich nur von einer Seite lesen. Befindet er sich zufällig an der Unterseite, müßte man den Widerstand jedesmal erst umdrehen, bei automatisch in die Geräte eingebauten Widerständen käme das sehr oft vor, denn der Automat sieht ja nicht, an welcher Seite die Zahlenaufdrucke sich befinden.

Also hat man die Ziffern der Zahlenaufdrucke durch Farbringe ersetzt. Jede Farbe entspricht einer Ziffer:

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

Wie liest man nun diese Farbringe? Man beginnt mit dem Farbring, der nahe an einem Anschlußende ist (manchmal ist das ganze Widerstandsende mit einer Farbkappe überzogen, die dann für die erste Ziffer gilt). Die zweite Ziffer ist der zweite Ring. Der dritte Ring ist aber nicht etwa die dritte Ziffer, sondern gibt die Anzahl der Nullen an, die auf die ersten beiden Ziffern folgen.

Gelb, violett, rot heißt also 4 7 und zwei Nullen, also 4700 Ω , was dasselbe ist, wie 4,7 k Ω . Gelb, violett, orange sind 47 k Ω , rot, schwarz, grün bedeutet schließlich 2 0 und 5 Nullen, also 2 M Ω .

Manchmal ist noch ein vierter Farbring vorhanden. Der hat dann nichts mehr mit dem Widerstandswert zu tun, sondern gibt an, um wieviel Prozent der Widerstandswert des Widerstandes vom aufgedruckten Wert abweichen darf (ein silberner Ring bedeutet z. B., daß 10 Prozent Abweichung erlaubt sind).

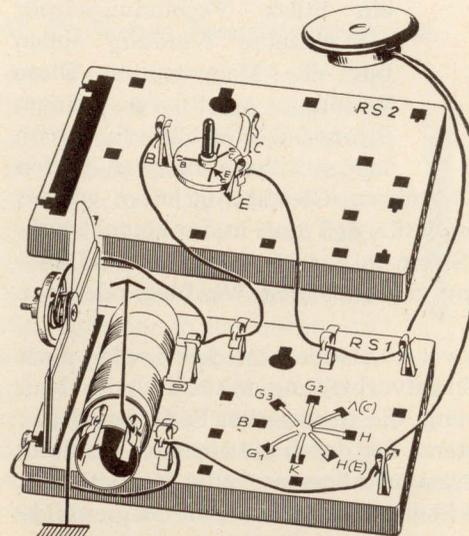
57. Warum 47 und nicht 50 k Ω ?

Die in der Radiotechnik gebräuchlichen Widerstände haben eine erlaubte Abweichung von $\frac{1}{10}$ ihres aufgedruckten Wertes nach oben und unten. Der Fachmann sagt dazu, die „Toleranz“ betrage ± 10 Prozent.

Ein Widerstand mit Aufdruck 47 k Ω hat also nicht genau 47 k Ω , sondern man weiß von ihm lediglich, daß er bestimmt größer ist, als 42 k Ω und bestimmt kleiner als 52 k Ω . Deshalb braucht man nicht mehr jeden Widerstandswert herzustellen, sondern nur noch eine Reihe von Widerstandswerten, deren mögliche Abweichungsbereiche gerade aneinander grenzen. So hat z. B. der nächst kleinere Widerstand dieser internationalen Toleranzreihe den Aufdruck 39 k Ω und der nächstgrößere den Aufdruck 56 k Ω . Die gesamte Reihe lautet: 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68 und 82. Da einige Fabriken jedoch noch runde Zwischenwerte herstellen, kann unser Kasten enthalten:

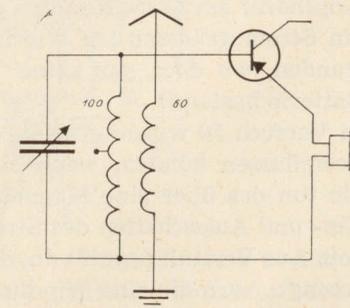
| | |
|------------------------|----------------------------------|
| Als Widerstand Nr. 26: | 2 M Ω oder 2,2 M Ω |
| Als Widerstand Nr. 30: | 4,7 k Ω oder 5 k Ω |
| Als Widerstand Nr. 31: | 47 k Ω oder 50 k Ω |

In Text und Abbildungen ist jeweils nur einer der beiden möglichen Werte angegeben. Der andere Wert kann aber ohne Weiteres genauso benutzt werden.



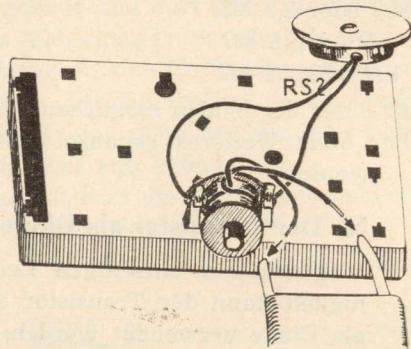
58. Der Transistor als Diode

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. Allerdings ist der Empfang nur leise, weil sich unser Transistor nicht besonders als Diode eignet; denn er hat ja eine ganz andere Aufgabe zu erfüllen: die Verstärkung schwacher Niederfrequenzwechselströme. Wenn wir ohne große Hilfsmittel feststellen wollen, ob unser Transistor auch verstärkt, müssen wir ihm einen ganz schwachen Stromstoß zuleiten, den man direkt im Kopfhörer nur ganz leise hört, aber als lautes Knacken wahrnimmt, wenn man ihn zuvor durch den Transistor geschickt hat. Wir wollen unseren Transistor auf diese Weise prüfen. Den dazu nötigen ganz schwachen Stromstoß werden wir mit der Magnetspule erzeugen.

59. Induktionsstrom



Wir bauen die Magnetspule auf, verbinden den Kopfhörer mit ihren Anschlüssen und stecken den Eisenkern ins Spulenloch. Dann schlingen wir ein Stück Verbindungsdraht als einzelne Windung außen um die Magnetspule. Diese Windung wird von einem Stromstoß durchflossen, wenn wir mit ihren blanken Enden

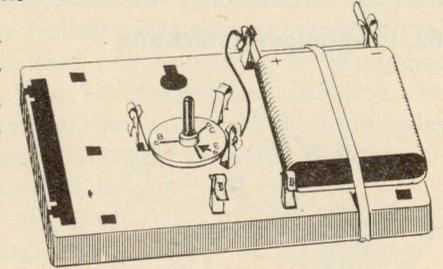
kurz die Anschlußstreifen der Batterie berühren. Gleichzeitig hören wir im Kopfhörer ein leises Knacken als Zeichen dafür, daß auch in der Magnetspule ein Strom geflossen ist. Wie ist dieser Strom in der Magnetspule wohl entstanden, wo doch gar keine Verbindung zur einzelnen Windung oder der Batterie bestand?

In Versuch 50 wurde gezeigt, daß sich zwei ineinandergesteckte Spulen auch beeinflussen können, wenn sie keine Drahtverbindung miteinander haben. Sie tun das über eine Magnetfeldänderung, die in unserem Falle durch das Ein- und Ausschalten des Stromes entstand, der durch die einzelne Windung floß. Aus Versuch 5 weißt du, daß eine stromdurchflossene Spule Magnetismus erzeugt. Auch die eine Windung ist eine kleine Spule. Durch die Magnetfeld-

änderung wurden die Elektronen in der Magnetspule verschoben: es entstand also ein kleiner sogenannter Induktionsstrom. Er eignet sich gut zur Verstärkungsprüfung unseres Transistors. Allerdings muß der Transistor zuvor noch richtig angeschlossen werden.

60. 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.

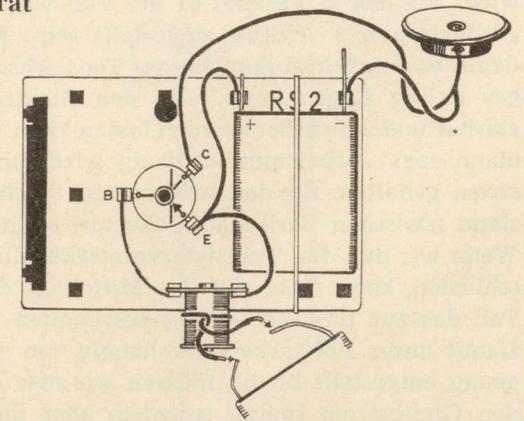


Die Anschlußfedern der Batterie werden in zwei an der hinteren Kante der Platte eingesteckte Klemmfedern angeschlossen und zugleich von diesen festgehalten. Von der kurzen positiven Batteriefeder ziehen wir eine Verbindung nach der Klemme E. Dieser Anschluß verbleibt dort für alle folgenden Versuche. 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.

Achtung! Die lange Batterieanschlußfeder ist der Minuspol, die kurze der Pluspol. Beim Schaltzeichen wird dagegen plus als langer Strich gezeichnet.

61. Einfaches Transistorprüfgerät

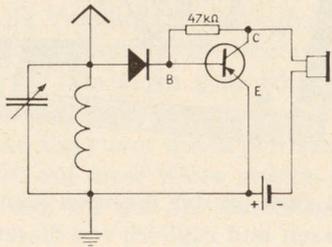
Wir verbinden das Ende der Magnetspule mit dem Emitter E des Transistors, an den bereits der Pluspol der Batterie angeschlossen ist. Der andere Magnetspulenanschluß wird mit der Basis B verbunden. Ein Kopfhöreranschluß kommt an den Collector C, der andere an den negativen Pol der Batterie (lange Anschlußfeder). Wenn wir jetzt mit den beiden Enden der einen auf die Magnetspule



aufgewickelten Windung die Anschlußstreifen einer zweiten Batterie berühren, hören wir das Knacken, das vorhin nur leise zu hören war, laut ver-

stärkt im Kopfhörer. Der Induktionsstrom, den wir der Basis zugeleitet haben, hat also — verglichen mit der Transistorerklärung von Abschnitt 53 — das geschlossene Schleusentor kurz geöffnet. Die Batterie hatte dadurch Gelegenheit, einen stärkeren Stromstoß durch den Kopfhörer zu schicken als es die Magnetspule vorher allein konnte.

62. Empfangsverstärkung



Wir entfernen die Magnetspule aus der vorigen Schaltung und verbinden Basis und Emitter des Transistors direkt mit dem Diodenempfänger aus Versuch 47 bzw. 50. Jetzt schwankt der den Kopfhörer durchfließende Batteriestrom im Takte der Niederfrequenz. Deshalb hören wir die Musik jetzt lauter und sagen, der Transistor habe sie verstärkt. Auf richtige Polung der Diode

achten! Wenn wir zwischen Collector und Basis noch den 47 k Ω -Widerstand schalten, wird der Empfang lauter und reiner.

63. Warum ein Kondensator

Wenn ein Transistorverstärker richtig gehen soll, genügt es nicht, daß das geschlossene „Schleusentor“ ab und zu vom Basisstrom etwas angehoben wird, wie das in Versuch 61 der Fall war. Vielmehr muß die Ruhelage des „Schleusentores“ richtig eingestellt sein: Es soll genau halb geöffnet sein, damit es den Schwankungen des Tonwechselstromes aus dem Diodenempfänger richtig folgen kann, also den Elektronenstrom durch den Transistor stärker und schwächer werden lassen kann. Diese Mitteleinstellung (der Fachmann sagt „Arbeitspunkt“ dazu) wird durch einen schwachen Basisgleichstrom gehalten, für den bei unserem jetzigen Verstärker der 47 k Ω -Widerstand (zwischen Basis und Collector) sorgt.

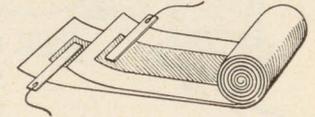
Wenn wir nun den Transistorverstärker direkt an den Diodenempfänger anschließen, kann diese günstige Mittellage dadurch geändert werden, daß ein Teil des zur Basiseinstellung bestimmten Stromes über die Diode abfließt. Damit unser Verstärker unabhängig von solchen äußeren Einflüssen immer genau eingestellt bleibt, müssen wir also etwas vor die Basis schalten, das den Gleichstrom sperrt, trotzdem aber die niederfrequenten Ton-Wechselströme zur Basis durchläßt.

Dazu ist ein Kondensator geeignet; denn er läßt merkwürdigerweise Wechsel-

strom durch, obwohl er wegen seiner Isolierschicht den Gleichstrom sperrt. Wie das kommt, sehen wir in Teil III Abschnitt 99. Vorher wollen wir aber erst noch etwas mehr über Kondensatoren erfahren.

64. Ein Rollblock

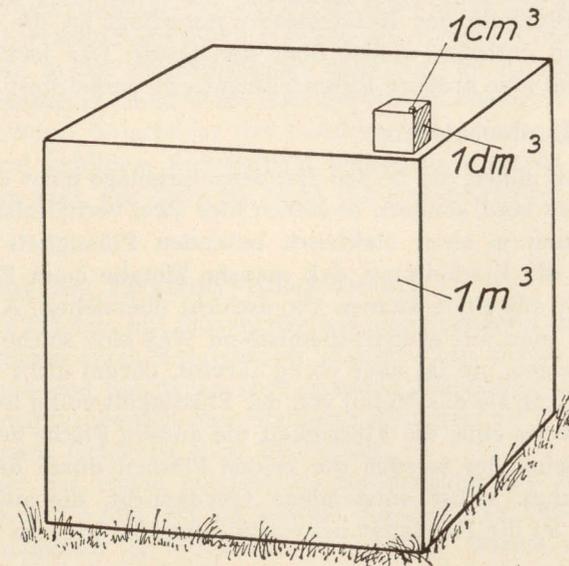
In Versuch 44 und 45 ist gesagt, daß ein Kondensator grundsätzlich aus zwei leitenden Flächen besteht, die durch eine Isolierschicht getrennt sind. Je größer die sich gegenüberstehenden Flächen sind und je dünner die trennende Isolierschicht ist, desto mehr Elektronen kann ein Kondensator speichern. Im Kondensator Nr. 24 (Telefonkondensator) sind zwei dünne Aluminiumbänder zusammen mit einer Isolierfolie aufgerollt. Man sagt deshalb „Rollkondensator“ zu dieser Art von Kondensatoren. Da Kondensatoren auch „Blocks“ genannt werden, weil sie den Gleichstrom blockieren, sagt man statt „Rollkondensator“ oft „Rollblock“.



65. Fassungsvermögen der Kondensatoren

Das Fassungsvermögen von Gefäßen oder Behältern kann man angeben in Kubikzentimetern (Probiergläser), in Litern (Gießkannen) oder in Kubikmetern (Stauseen). Das Fassungsvermögen oder die Kapazität von Kondensatoren wird angegeben in Mikrofarad (μF), oder für Kleinkondensatoren in Picofarad (pF). Ein Picofarad ist der millionste Teil eines Mikrofarad.

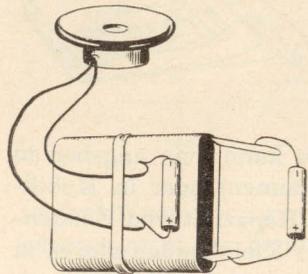
Die Kapazität des Gitterkondensators beträgt etwa 100 pF, die des Tele-



fonkondensators 2000 pF und die des Elektrolytkondensators (Versuch 67 bis 72) 10 μ F. Der abgebildete Würfel mit 1 m Kantenlänge faßt 1000 kleinere Würfel, wie der auf seiner Ecke stehende. Dieser faßt wieder 1000 ganz winzige Würfel, wie der ganz obenauf. 1 pF verhält sich nun zu 1 μ F wie der Würfel mit 1 m Kantenlänge zum ganz winzigen Würfel.

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 be-



festigen 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 70

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

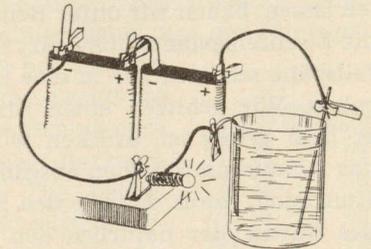
heißen so, weil bei ihnen die beiden Kondensatorbeläge nicht durch isoliertes Papier getrennt sind, sondern es stehen hier zwei verhältnismäßig kleine Aluminiumplättchen in einer elektrisch leitenden Flüssigkeit (Elektrolyt). Wir kennen alle die Erscheinung, daß manche Metalle beim Erhitzen „anlaufen“, 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.

Wie die Abbildung zeigt, verbinden wir das kurze Ende der einen mit dem langen Ende einer zweiten Batterie. Jetzt hängen wir einen breiten Streifen Aluminiumfolie (aus Schokoladenpackungen) in die Lösung und verbinden ihn über das Lämpchen mit dem Minuspol (freies langes Ende) der Doppelbatterie. Wenn wir jetzt den Stahlstab Nr. 32 mit dem Pluspol verbinden, brennt das Lämpchen, sobald wir ihn vorsichtig so in die Lösung tauchen, daß er die Aluminiumfolie nicht direkt berührt (sonst bekommt das Lämpchen zuviel Strom).



Die Elektronen können also dauernd vom Aluminium durch die Lösung zum Stahl fließen. Vertauschen wir die äußeren Anschlüsse der Doppelbatterie, nimmt das Leuchten schnell ab und erlischt dann ganz. Die chemische Zelle, die unser Glas darstellt, ist stromundurchlässig geworden. Infolge der chemischen Zersetzung hat sich am Aluminium Sauerstoff angelagert, der auf der Oberfläche der Aluminiumfolie eine hauchdünne und unsichtbare Schicht von Aluminiumoxyd bildet, das den Strom nicht leitet und so als Sperrschicht wirkt. Wir überzeugen uns durch nochmaliges Wechseln der Anschlüsse, daß die Elektronen in der ursprünglichen Richtung von Aluminium zum Stahl immer noch fließen können. 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 elektrolytische Behandlung formiert.

69. Erklärung des Elektrolyt-Kondensators

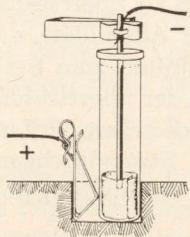
Zwei leitende Flächen mit dazwischenliegender Isolierschicht bilden, wie wir wissen, zusammen einen Kondensator. Darum kann unsere Sperrschichtzelle aus Aluminium und der daran angrenzenden Flüssigkeit ebenfalls als Kondensator betrachtet werden (der Stahlstab dient nur als Zuleitung zur Flüssigkeit 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 30 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 einen Stahlstift 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 Alurohr einen festen Halt gibt und gleichzeitig den positiven Pol des Elektrolyt-Kondensators darstellt. Auf den Stahlstift stecken wir ebenfalls eine Klemmfeder, die den negativen Pol des Kondensators darstellt.

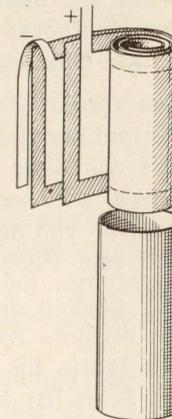


Der Kondensator muß aber zuerst *f o r m i e r t* werden, indem man den Stift einige Minuten mit der langen Batteriefeder und den vom Aluminium des Bechers kommenden Draht mit der kurzen Batteriefeder verbindet (Versuch 68). Nun prüfen wir die Kapazität des Kondensators entsprechend Versuch 66. Dabei merken wir, daß der selbstgemachte Becherkondensator auch Geräusche im Kopfhörer erzeugt, wenn wir ihn vorher nicht aufgeladen haben. Mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln

können wir nicht verhindern, daß neben der Kondensatorwirkung noch Erscheinungen vorhanden sind, wie sie in einer Batteriezelle auftreten. Das ist der Grund, weshalb ein handelsüblicher Elektrolytkondensator etwas besser geht. Wenn du dir einen solchen kaufen willst, muß du einen Elektrolytkondensator 10 μF für 12/15 Volt verlangen (siehe Einzelteilliste). Außer in einigen der folgenden Versuche kannst du ihn noch brauchen, wenn du dir später den Radiomann-Zusatzkasten NF wünschst, mit dem du neben vielen anderen interessanten Versuchen deinen Radiomann-Empfänger zu einem richtigen Lautsprecher-Radioapparat erweitern kannst.

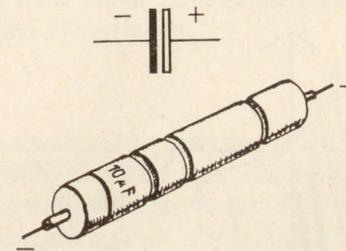
71. Der gewickelte Elektrolyt-Kondensator

Durch Vergrößerung der Aluminiumfläche, also durch Verwendung gewickelter Aluminiumbänder, kann eine sehr große Kapazität von vielen Mikrofara erreicht werden. Bei handelsüblichen Elektrolytkondensatoren (auch Elkos genannt) ist ein Aluminiumband mit einem doppelten Streifen aus saugfähigem Filzpapier zusammengewickelt und in eine Metallhülse gesteckt. Dabei liegt der Pluspol als Mittelanschluß am Aluminiumband und der Minuspol außen am Gehäuse, also gerade umgekehrt wie bei unserem selbstgemachten Becherkondensator. Die Abbildung zeigt das Innere des Elkos. Das Aluminiumband, dessen Anschluß nach oben zeigt, ist der Plusbelag. Seine Oberfläche trägt die Oxydschicht, die als Kondensatorisolation wirkt. Die beiden schraffiert gezeichneten Blätter sind mit Elektrolytflüssigkeit getränktes Filzpapier und stellen den Minusbelag des Kondensators dar. Die zwischen ihnen liegende Metallfolie soll nur dafür sorgen, daß jede Stelle des getränkten Filzpapiers gut leitende Verbindung zum Gehäuse bekommt. Durch guten Verschluß ist dafür gesorgt, daß der Elko innen dauernd feucht bleibt. Er kann also nicht auslaufen wie unser selbstgemachter Becherkondensator.



72. Hochvolt- und Niedervolt-Kondensatoren

Die isolierende Oxydschicht muß so dick sein, daß sie der anliegende Spannung standhält. Hochvoltelkos haben deshalb eine dickere Oxydschicht als Niedervoltelkos. Die dadurch geringere Kapazität gleicht man durch Vergrößern der Oberfläche aus. Hochvoltelkos sind deshalb größer als Niedervoltelkos gleicher Kapazität. Elkos müssen immer richtig gepolt angeschlossen werden. Deshalb sind an ihrem Schaltzeichen plus und minus angegeben. Am Elko selbst sind Plus- und Minuseite ebenfalls gekennzeichnet. Als Minuszeichen gilt oft ein schwarzer Ring, den du aber nicht mit den Rillen verwechseln darfst, die oft auch an der Plusseite rings um den Elko laufen. Wird nämlich ein Elko mit vertauschten Polen angeschlossen, so besteht die Gefahr, daß ihn chemische Vorgänge für immer unbrauchbar machen.



73. Der Anschluß-Kondensator

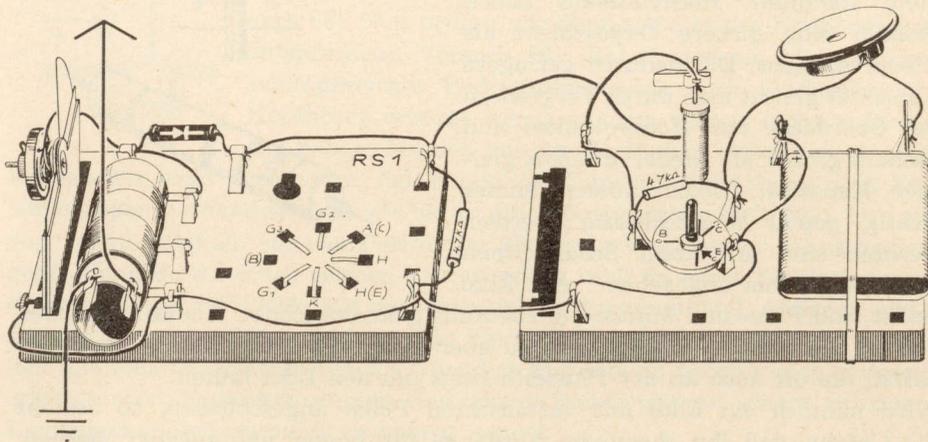
Jetzt sind wir in der Lage, den Kondensator, den wir für die Vollendung des Versuches Nr. 63 brauchen, tatsächlich zwischen Basis und Diode einzufügen.

Zunächst müssen wir an unserem Diodenempfänger aus Versuch 47 oder 50 noch eine kleine Änderung vornehmen: Wir haben ihm ja den Kopfhörer genommen. Den ersetzen wir jetzt in der Schaltung durch den $4,7\text{ k}\Omega$ -Widerstand. Wir nehmen also den Diodenempfänger und schließen dort, wo zuerst der Kopfhörer mit seinen Enden eingeklemmt war, die beiden Enden des $4,7\text{ k}\Omega$ -Widerstandes an.

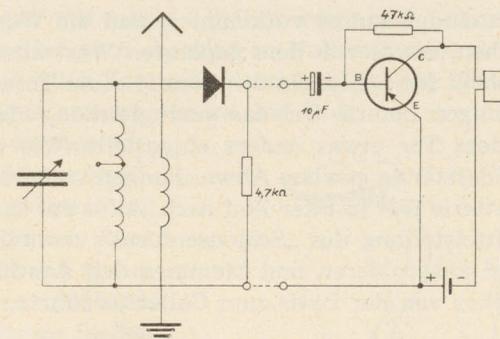
Das vordere Ende der Spule bleibt, wie bei Versuch 62, mit Emitter und Pluspol der Batterie verbunden. Zwischen den Basisanschluß des Transistors und das Ende der Diode, das vorhin mit dem Kopfhörer verbunden war, setzen wir den Elektrolytkondensator ein. Sein Minuspol kommt an die Basis — von der nach wie vor der $47\text{ k}\Omega$ -Widerstand zum Collector führt — und sein Pluspol wird mit dem Ringende der Diode verbunden.

Wir denken daran, daß der Pluspol unseres selbstgebauten Kondensators der seitliche Anschluß ist, mit dem die Aluminiumhülse in der Aussparung der Platte RS 2 gehalten wird. Der Minuspol ist der Stift, den wir mit der Basis (B) des Transistors verbinden.

Um den Empfang recht lautstark zu bekommen, können wir nun alle Antennenversuche wiederholen, die wir mit den Diodenempfängern aus den Versuchen 47 und 50 gemacht haben. Im Schaltplan ist als Beispiel der Diodenempfänger aus Versuch 50 dargestellt. Bei unserem Transistor hat es nicht



viel Sinn, den Empfang z. B. durch Verwendung von zwei Batterien lauter machen zu wollen. Es kann sein, daß er dann nicht mehr rein ist, weil wir einen sogenannten Vorstufentransistor haben, der seine volle Verstärkung schon bei einer Batteriespannung von $4,5\text{ Volt}$ abgibt. Mehr als zwei $4,5\text{ Volt}$ -Batterien soll man für Transistorversuche nie nehmen!



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, so daß 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 53 dargestellt war. Die Leistung des Transistors kann noch durch Maßnahmen verbessert werden, wie in den folgenden Versuchen beschrieben.

75. Der Transistor ist wärmeempfindlich

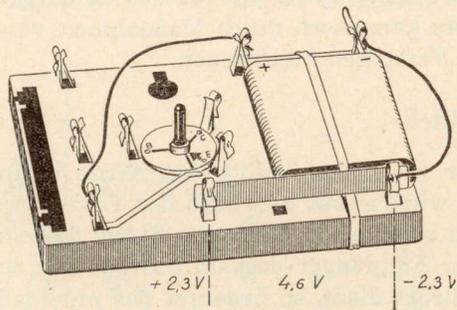
Wußtest du schon, daß ein Transistor wärmeempfindlich ist? Wenn es in deinem Zimmer im Sommer sehr heiß wird, merkt dies auch der Transistor. Er hat Wärme sehr gern und läßt dann einen etwas stärkeren Strom fließen. Du verstehst jetzt aber schon, daß der Empfänger deshalb nicht lauter zu gehen braucht. Wenn nämlich mehr Strom fließt, so bedeutet das nur, daß sich die Mittelstellung des „Schleusentores“ verstellt hat. Die in deinem Zimmer vorkommenden Temperaturen werden aber kaum so hoch werden, daß du es an der Qualität der Musik bemerken kannst, wie sich der Arbeitspunkt durch Erwärmung verschiebt. Da wirst du eher mit einem anderen Grund zur Abweichung des Arbeitspunktes zu tun haben: Bei der großen Schwierigkeit in der Herstellung von so kleinen Bauteilen, wie es Transisto-

ren sind, kann es vorkommen, daß die Werte, die die fertigen Transistoren haben, etwas von dem geplanten Wert abweichen. Stell dir einmal vor, die Fabrik für Schleusentore könnte diese Tore nur mit gewissen Größenabweichungen liefern. Um das auszugleichen, wird dann die mittlere Öffnung bei jedem Tor etwas anders eingestellt. Wie du weißt, haben ja auch unsere Widerstände gewisse Abweichungen voneinander und auch die Spannung der Batterie läßt mit der Zeit nach. Alles das kannst du ausgleichen, wenn du die Mittelstellung des „Schleusentores“ verstellbar machst. Wir wollen das einmal ausprobieren und klemmen den Anschluß des 47 k Ω -Widerstandes, der bisher von der Basis zum Collector führte, vom Collector ab.

76. Der Spannungsteiler

Zum Aufsuchen der günstigsten Spannung benützen 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.



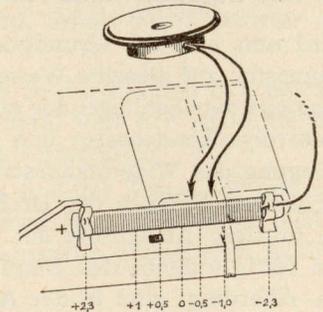
Der Strom der vielleicht nicht mehr ganz frischen Batterie fließt in einem ganz einfachen Kreislauf durch den Widerstand. Dieser bekommt die ganze Spannungsdifferenz von z. B. 4,6 Volt zu spüren, die an der Batterie zur Verfügung steht und wird sich durch den Strom dabei erwärmen. Weil die Batterie durch 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.

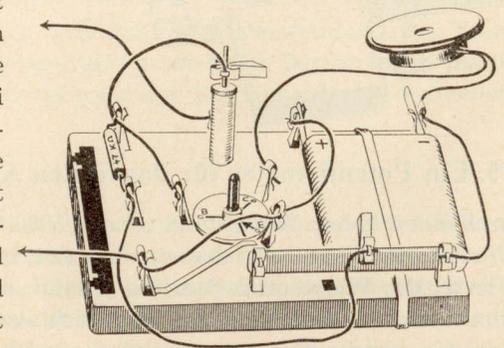


77. Potentiometer zum Auffinden des besten Arbeitspunktes

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 47 k Ω 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 angeschlossen. Wir können nach links zu positiven Spannungen oder 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.

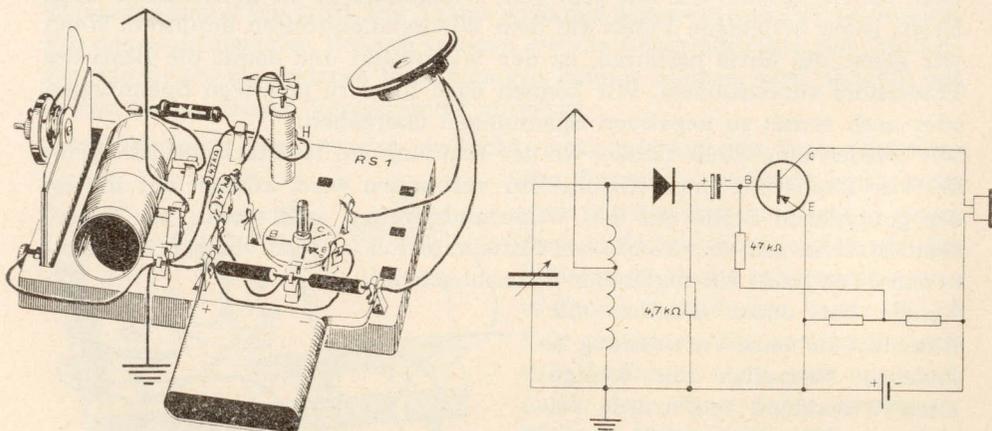
Leider hat unser Streifen mit Rücksicht auf seine Verwendung in anderen Versuchen nur wenige Ohm Widerstand und würde bei dauernder Einschaltung die Batterie in kurzer Zeit erschöpfen. Die in der Radiotechnik zusammen mit Transistoren verwendeten Potentiometer haben einen Widerstand von 1 000 oder gar 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 selbstgebaute Elektrolyt-Kondensator und unten rechts wieder die Möglichkeit zur Anbringung des Widerstandsstreifens 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 Widerstandsstreifen eingebauten Widerstände abgebildet. Vorläufig tasten wir noch mit dem freien Ende des $47\text{ K}\Omega$ -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 77 festgestellt haben, daß der beste Arbeitspunkt sich im linken Viertel des Widerstandsstreifens 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 $47\text{ K}\Omega$ -Widerstand kommt, an die Verbindung zwischen unseren neuen Widerständen geführt wird, erhält der Transistor die richtige Spannung für die Basis.

Weil der Batteriestrom jetzt $1000\ \Omega$ Widerstand zu durchlaufen hat, beträgt der Stromverbrauch nur etwa 4 mA (Milliampere) und der Anschluß des Spannungsteilers belastet die Batterie nur noch unmerklich.

In den meisten Fällen wirst du aber feststellen, daß der Transistor und der Widerstand so genau stimmen, daß der Versuchsaufbau nicht mehr leistet, als der Empfänger aus Versuch 73, der einen wesentlich einfacheren Aufbau hatte.

III. Versuche mit Radoröhren

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 Radoröhre durch Lee de Forest die erste Möglichkeit zur Verstärkung der ankommenden Wellen und mit der Einführung der Radoröhre begann die gewaltige Entwicklung der Radiotechnik bis zum allgemeinen Rundfunk und Fernsehen von heute.

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

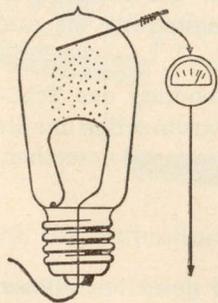
80. Eine Experimentieröhre

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 teureren 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



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

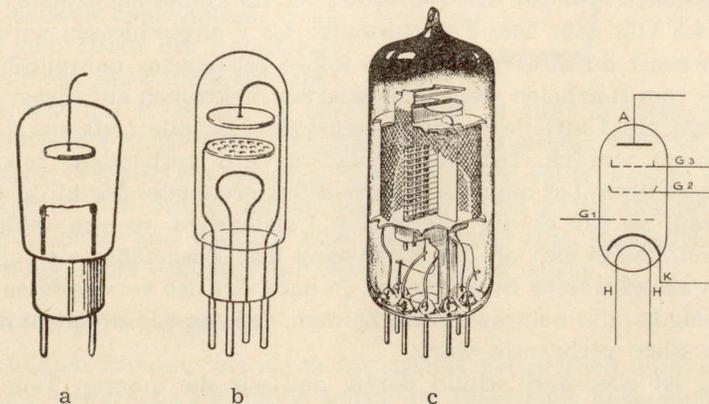
(* EF 98, Bestell-Nr. 62-1209.2

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 durchlochtetes 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

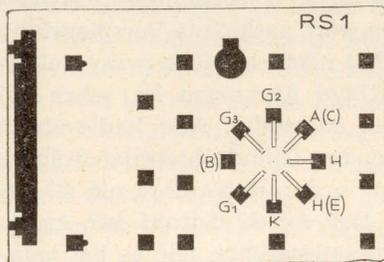


Zylinders, durch welchen der Heizfaden führt. Das Gitter wird durch eine locker gewickelte Spirale dargestellt (Abb. c).

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 6,3 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

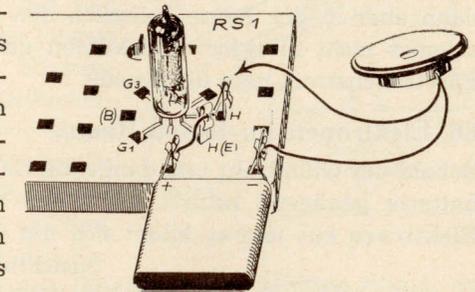
Röhre meist nicht genau erkennen können. Immerhin sehen wir, daß das Anodenblech die Form eines zylindrischen gelochten Blechringes hat. Durch die seitlichen Löcher dieses Anodenblechs können wir außerdem die Drahtspirale eines der drei Gitter erkennen.

84. Der erste Röhrenversuch

Für die Versuche mit der Radoröhre 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 Schwingkreisspule 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, G₁, G₂ oder G₃, 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 6,3 Volt-Anschluß verbinden. (Bei Versuch 94 besser nur mit 4 V).

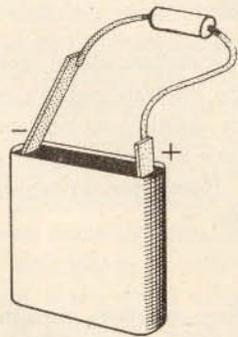
Wenn man eine Röhre, in der der Heizfaden selbst als Kathode dient, mit Wechselstrom heizen wollte, würde sich der Heizfaden bei jedem Stromwechsel, also in jeder Sekunde hundertmal abkühlen und wieder erwärmen. Dieser dauernde Wechsel würde - wie wir aus den nachfolgenden Abschnitten ersehen werden - 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

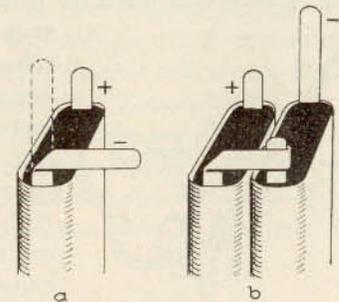
Sobald der Glühdraht und damit die Kathode durch den Strom aus der Heizbatterie genügend erhitzt ist, treten aus der Kathode zahlreiche winzige Elektronen aus und es bildet sich um die Kathode herum eine dichte, aber unsichtbare Elektronenwolke. Die Elektronen sind nämlich unfäßbar klein, ihr Durchmesser 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 herausaugt, der



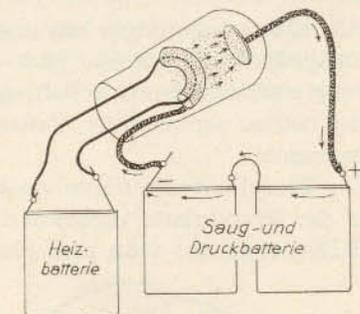
also mit „+“ zu bezeichnen wäre, und die dann die Elektronen durch die Batterie hindurch in den längeren Batteriestreifen hineindrückt, der dadurch also mit Elektronen überfüllt wird (dieser Streifen wird mit „-“ bezeichnet).

Zur Verstärkung der Saugwirkung verwenden wir zwei Batterien, die wir so hintereinanderschalten, daß der kurze Anschlußstreifen der einen mit dem langen Anschlußstreifen der anderen Batterie fest verbunden wird. Abbildung a und b zeigen, wie wir (am besten mit einer kleinen Zange) das Ende des langen Streifens um den kurzen Streifen der anderen Batterie herumbiegen müssen.



Um guten Kontakt zu bekommen können wir die kurze Feder etwas krümmen und beide Batterien mit dem Gummiband doppelt umschlingen. Die Doppelbatterie hat jetzt wieder an einer ihrer Batterien einen freien kurzen Anschlußstreifen (+) und an der anderen Batterie einen langen freien Anschlußstreifen (-). Würden wir

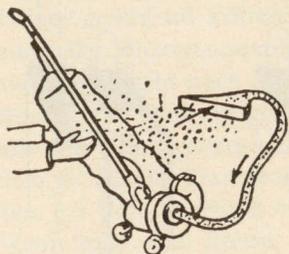
nun das Saugende der als Saug- und Druckbatterie arbeitenden Doppelbatterie, also das kurze Plusende, mit der Klemmfeder in der mit A bezeichneten Anodenbuchse auf der Grundplatte verbinden, den negativen langen Anschlußstreifen dagegen mit der Klemmfeder in der mit K bezeichneten Kathodenbuchse, so würden die aus der Anode abgesaugten Elektronen von der Batterie immer wieder in die Kathode hineingepreßt, wo sie den Kreislauf von neuem beginnen müßten.



Dies ist jedoch nur der Fall, wenn die Kathode durch die dritte Batterie, die den Heizdraht zum Glühen bringt, erhitzt wird. Aus einer kalten Kathode würden die Elektronen nicht austreten können. Das Absaugen von Elektronen wird erleichtert, wenn wir von den bisher nicht angeschlossenen Anschlüssen auch Leitungen wegführen und zwar müssen wir den Anschluß G_1 mit K, den Anschluß G_3 ebenfalls mit K und den Anschluß G_2 mit der Verbindungsstelle der beiden als Doppelbatterie zusammengeschalteten Batterien verbinden.

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.



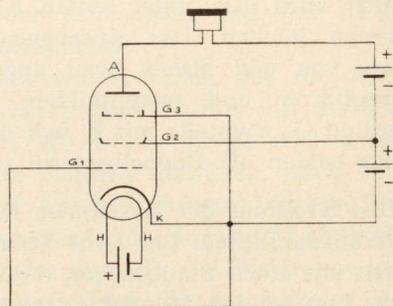
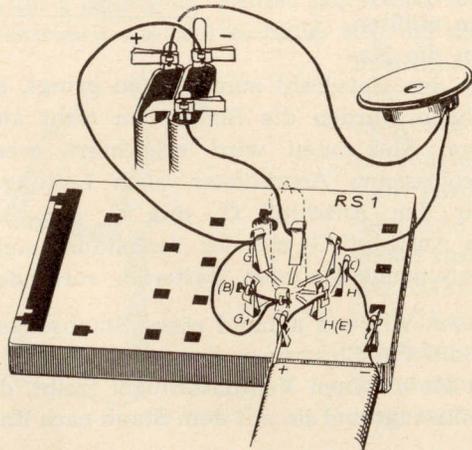
Auf dem Bild der einfachen Radoröhre hat der Strom der einzeln stehenden Batterie nur die Aufgabe, die röhrenförmige Kathode soweit zu erhitzen, daß massenhaft Elektronen aus ihr austreten. Die verstärkte Doppelbatterie saugt die auf

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 Elektronen aus der Anode

Als Elektronenpumpe benutzen wir die im vorigen Abschnitt beschriebene Doppelbatterie, die wir jetzt „Anodenbatterie“ nennen. Ihre Spannung beträgt zwischen 8 und 9 Volt; denn sie setzt sich ja aus den Einzelspannungen der beiden verwendeten Batterien zusammen, die knapp 4,5 für jede Batterie betragen.

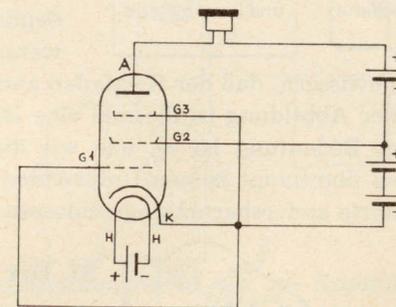
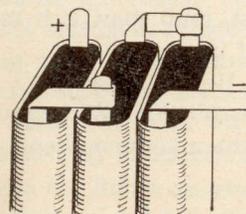
Die Einzelbatterie, deren Anschlüsse mit den Klemmfedern in den Buchsen H der Grundplatte verbunden sind, nennen wir „Heizbatterie“. Sie muß viel Strom abgeben; denn zum Heizen der Kathode braucht der Heizfaden etwa



soviel Strom, wie unser Lämpchen zum Leuchten. Die Anodenbatterie muß dagegen nur wenig Strom liefern und hält deshalb etwa achtzigmal länger. Nachdem sämtliche Röhrenanschlüsse mit Klemmfedern versehen sind, verbinden wir die Pole der Heizbatterie mit den beiden Klemmfedern H und legen die Klemmfeder A über den Kopfhörer an den Pluspol (kurzer Anschluß) der Anodenbatterie. Die Klemmfeder G₂ wird an die Verbindungsstelle der beiden Einzelbatterien unserer Anodenbatterie mit einem Draht angeschlossen. Die Klemmfedern K und G₁ werden mit Klemmfeder G₃ verbunden, von der ein weiterer Draht weggeführt. Wenn wir mit diesem Draht den Minuspol (langer Anschluß) der Anodenbatterie berühren, hören wir im Kopfhörer ein Knacken als Zeichen, daß jetzt der Anodenstrom durch den Kopfhörer zu fließen beginnt. Natürlich müssen wir warten, bis die Kathode angeheizt ist.

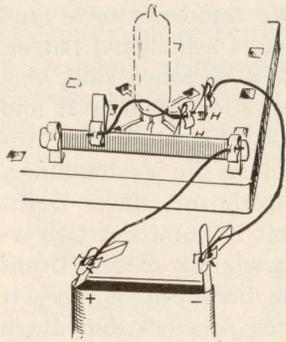
88. Drei Mann sind stärker als einer

und so können drei Batterien kräftiger an der Röhre saugen, als eine einzelne. Mehr Elektronen, als die Kathode aussendet, kann man allerdings auch mit der größten Kraft nicht aus der Röhre herausaugen. Obwohl der Lautstärkezuwachs bei Verwenden einer dritten Batterie in den späteren Schaltungen nur gering ist, zeigen die folgenden Abbildungen, wie die dritte Batterie zugeschaltet werden kann. G₂ bleibt angeschlossen wie bisher, die dritte Batterie wird zwischen K und bisherigem Minuspol der Anodenbatterie eingefügt:



89. Veränderung der Heizung

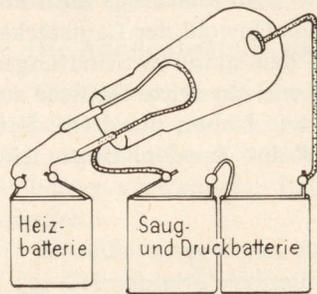
Die Zahl der ausgeschleuderten Elektronen nimmt ab, wenn der Heizfaden schwächer geheizt wird. Um das zu zeigen, bauen wir ein Potentiometer: Der bisher direkt zur Heizbatterie führende untere Anschluß des Heizfadens H wird jetzt an eine auf dem Widerstand verschiebbare Klemme ange-



geschlossen. 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

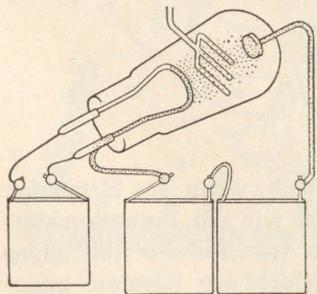
Ein eifriger Radiomann wird sicher einmal das Mißgeschick erleben, daß er die Anodenbatterie mit der mit + bezeichneten Seite an die Kathode und die Minusseite an die Anode angeschlossen hat und dann werden Elektronen



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.

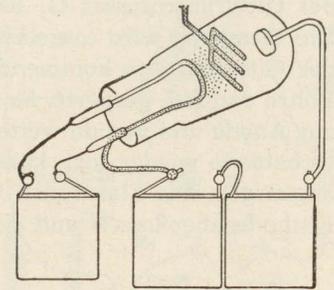


91. Der Einfluß des Steuergitters G_1

In der Abbildung ist dargestellt, wie wir innerhalb der Radioröhre 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. Mit diesem

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

Die von der Kathode kommenden Elektronen werden nämlich von den schon auf dem Gitter sitzenden Elektronen 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 zweiten Abbildung dargestellt ist.



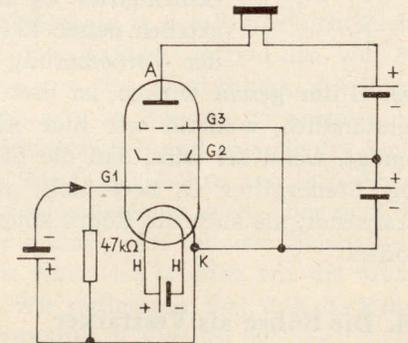
92. Jetzt wird das Gitter besetzt

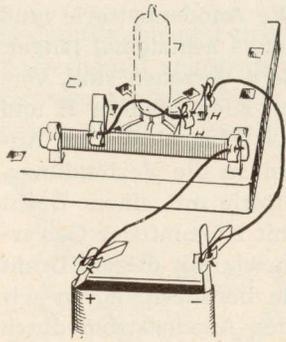
Zur Besetzung des Gitters mit Elektronen genügt eine alte, fast ausgebrauchte Batterie, die wir Gitterbatterie nennen wollen. Ehe wir sie aber benutzen können, müssen wir erst eine entsprechende Schaltung herrichten. Dazu blättern wir zurück zu Versuch 87 auf Seite 62.

Wenn wir aus der dort abgebildeten Schaltung den Verbindungsdraht zwischen Gitter G_1 und Kathode K herausnehmen und dafür den $47\text{ k}\Omega$ -Widerstand einfügen, erhalten wir die Schaltung nach nebenstehendem Schaltplan (wenn du genug Batterien hast, kannst du natürlich auch die Schaltung nach Versuch 88 entsprechend umbauen).

Wenn die Röhre angeheizt ist, fließt der Anodenstrom, sobald die Anodenbatterie angeschlossen wird. Außer dem Einschaltknacken hören wir im Kopfhörer aber nichts; denn die Membran spricht ja nur auf Anodenstromänderungen an. Solche Anodenstromänderungen wollen wir jetzt mit unserer Gitterbatterie hervorrufen.

Wir verbinden dazu den kurzen Plusanschluß der Gitterbatterie mit der Kathode K (die schon mit G_3 und dem einen Ende des $47\text{ k}\Omega$ -Widerstandes verbunden ist) über ein Stück Verbindungsdraht. Jedesmal wenn wir nun mit dem langen Minus-Anschlußstreifen der Gitterbatterie die Klemmfeder

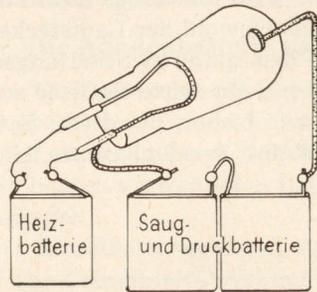




geschlossen. Vom rechten Ende des Streifens führt die Leitung zur Batterie, während der andere Batterieanschluß am Heizfaden bleibt. Wir stellen fest, daß das Knacken im Kopfhörer immer leiser wird, je weiter die Klemme auf den Widerstand nach links geschoben wird. Wir können das Heizen des Fadens auch 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

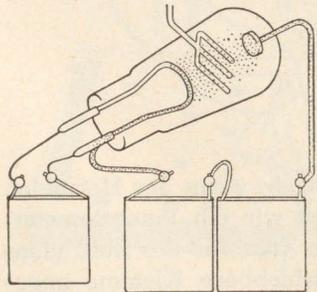


in das Anodenblech hineingepreßt und dafür aus der Kathode herausgesaugt. Ein Knacken im Hörer ist dann aber nicht zu beobachten. Die Batterie bringt keinen Strom zustande, weil aus dem kalten Anodenblech keine Elektronen austreten können. Wenn also unser Hörer in späteren Versuchen keinen Laut von sich 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.

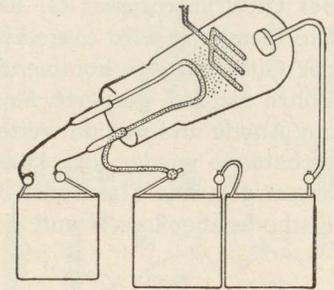


91. Der Einfluß des Steuergitters G_1

In der Abbildung ist dargestellt, wie wir innerhalb der Radioröhre 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. Mit diesem

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

Die von der Kathode kommenden Elektronen werden nämlich von den schon auf dem Gitter sitzenden Elektronen 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 zweiten Abbildung dargestellt ist.



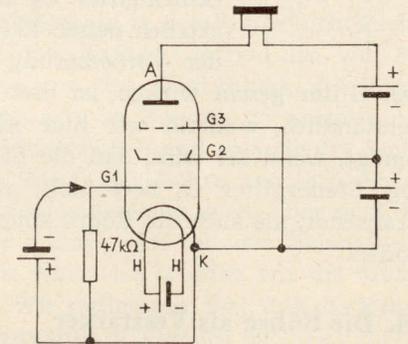
92. Jetzt wird das Gitter besetzt

Zur Besetzung des Gitters mit Elektronen genügt eine alte, fast ausgebrauchte Batterie, die wir Gitterbatterie nennen wollen. Ehe wir sie aber benutzen können, müssen wir erst eine entsprechende Schaltung herrichten. Dazu blättern wir zurück zu Versuch 87 auf Seite 62.

Wenn wir aus der dort abgebildeten Schaltung den Verbindungsdraht zwischen Gitter G_1 und Kathode K herausnehmen und dafür den $47\text{ k}\Omega$ -Widerstand einfügen, erhalten wir die Schaltung nach nebenstehendem Schaltplan (wenn du genug Batterien hast, kannst du natürlich auch die Schaltung nach Versuch 88 entsprechend umbauen).

Wenn die Röhre angeheizt ist, fließt der Anodenstrom, sobald die Anodenbatterie angeschlossen wird. Außer dem Einschaltknacken hören wir im Kopfhörer aber nichts; denn die Membran spricht ja nur auf Anodenstromänderungen an. Solche Anodenstromänderungen wollen wir jetzt mit unserer Gitterbatterie hervorrufen.

Wir verbinden dazu den kurzen Plusanschluß der Gitterbatterie mit der Kathode K (die schon mit G_3 und dem einen Ende des $47\text{ k}\Omega$ -Widerstandes verbunden ist) über ein Stück Verbindungsdraht. Jedesmal wenn wir nun mit dem langen Minus-Anschlußstreifen der Gitterbatterie die Klemmfeder

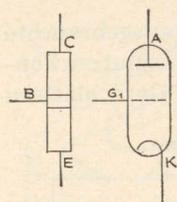


des Gitteranschlusses G_1 berühren, hören wir im Kopfhörer ein Knacken: Die Membran wird losgelassen, weil kein Anodenstrom mehr fließt. Die aus der Gitterbatterie kommenden Elektronen haben das Gitter besetzt und die Röhre dadurch gesperrt. Es können keine Elektronen mehr von der Kathode zur Anode und von da weiter zum Kopfhörer gelangen. Nehmen wir die Gitterbatterie wieder fort, knackt es abermals: Jetzt wird die Membran wieder angezogen. Die Elektronen vom Gitter sind über den $47\text{ k}\Omega$ -Widerstand zur Kathode abgeflossen und der Weg durch die Röhre ist wieder frei.

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.

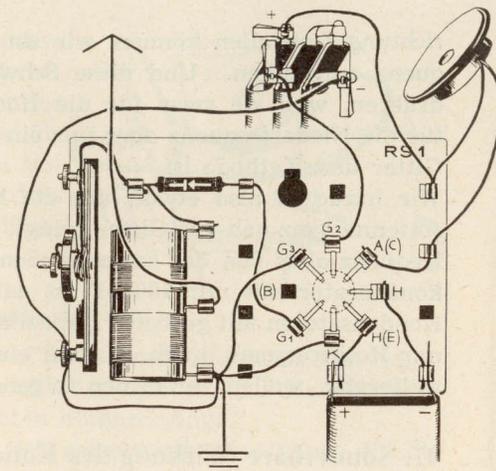
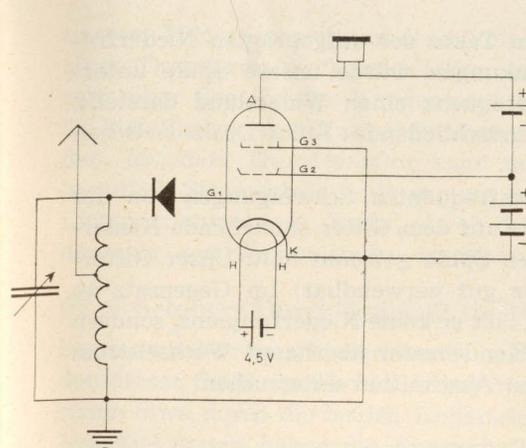


In beiden Fällen genügen sehr geringe Veränderungen an der Basis oder am Gitter, um große Stromschwankungen im Collector- bzw. Anodenkreis hervorzurufen. Die in unserer Röhre noch zusätzlich enthaltenen zwei Gitter, nämlich Schirmgitter G_2 und Bremsgitter G_3 bringen keine grundsätzlich neuen Erscheinungen mit sich. Sie dienen lediglich der Verbesserung der Röhreigenschaften. 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

In Versuch 62 hatten wir den Tonwechselstrom aus dem Diodenempfänger zur Basis des Transistors geleitet. Da wir jetzt wissen, daß auch die Röhre verstärken kann, wollen wir einmal das Gitter G_1 der Röhre mit dem Diodenempfänger verbinden. Die Abbildungen auf der nächsten Seite zeigen, wie wir die Tonwechselspannung zum Gitter leiten müssen. Die Diode ist jetzt anders herum gepolt eingebaut, weil sonst laute Musik teilweise verzerrt klingen würde. Wir hören: Die Röhre verstärkt besser als der Transistor.



95. Die Röhre als Detektor

Was wohl geschieht, wenn wir das Gitter G_1 gegen die Kathode positiv machen, die Batterie zwischen Gitter und Kathode aus Versuch 92 also umpolen? Wir wollen es lieber nicht versuchen; denn es fließt dann ein Gitterstrom, weil das Gitter den Anodenstrom aufnehmen müßte. Wir erkennen daraus, daß die Strecke Gitter-Kathode die Elektronen nur in der Richtung von der Kathode zum Gitter durchläßt. Zurück können sie in der Röhre nicht mehr, weil das Gitter kalt ist. Die Strecke Gitter-Kathode wirkt also wie ein Ventil, wie eine Diode. Wir können uns von der Möglichkeit, die Röhre als Diode zu benutzen, überzeugen, wenn wir in Versuch 85 anstelle der Basis des Transistors das Gitter der Röhre anschließen und anstelle des Emitters die Kathode der Röhre. Die übrigen Gitter der Röhre und ihre Anode brauchen bei diesem Versuch nicht angeschlossen zu sein, wohl aber muß die Kathode geheizt sein. Die Heizanschlüsse müssen also mit der Heizbatterie verbunden werden. Nachdem die Kathode warm ist, werden wir die Musik genauso hören, wie vorher mit der Diode. Wir stellen also fest, daß die Röhre sich besser zur Diode eignet, als der Transistor in Versuch 58.

96. Nah und doch getrennt

Wenn die Strecke Gitter-Kathode selbst wie eine Diode arbeitet, brauchen wir doch eigentlich keine Diode mehr davorzuschalten? Natürlich stimmt das. Und doch können wir das Spulenende nicht direkt an das Gitter führen. Wohl hätten wir dann die hochfrequenten Schwingungen aus der Antenne direkt am Gitter. Sie würden uns aber nichts mehr nützen. Wir brauchen doch die hochfrequenten Schwingungen am Gitter, damit wir nach der Gleich-

richtung feststellen können, wie sie im Takte der aufgeprägten Niederfrequenz schwanken. Und diese Schwankungen würde unsere Spule unterdrücken, weil sie zwar für die Hochfrequenz einen Widerstand darstellt, für die Niederfrequenz aber nur ein kurzschließendes Stück Draht zwischen Gitter und Kathode ist.

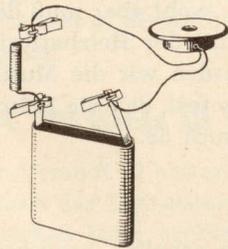
Wir brauchen also etwas, das die hochfrequenten Schwingungen von der Antenne ganz nah ans Gitter bringt, die auf dem Gitter entstehende Niederfrequenz aber von der kurzschließenden Spule getrennt hält. Unser Gitterkondensator mit nur 100 pF ist dafür gut verwendbar: Im Gegensatz zu Kondensatoren mit größerer Kapazität, läßt er keine Niederfrequenz, sondern nur Hochfrequenz durch. Warum ein Kondensator überhaupt Wechselstrom weitergibt, wollen wir in den folgenden Abschnitten untersuchen.

97. Sonderbare Wirkung des Kondensators

Wir können einmal an den einen Streifen der Taschenlampenbatterie unseren Telefonkondensator Nr. 24 anschließen. Das freie Ende des Kondensators verbinden wir über den Kopfhörer mit dem anderen Anschlußstreifen der Batterie. Ob wohl ein Strom durch den Kopfhörer fließt? So sehr wir uns auch anstrengen, wir vernehmen höchstens beim ersten Antippen ein leises Knacken, wesentlich leiser, als wir es hören, wenn wir mit den Hörerdrahtenden die Batterieanschlüsse direkt berühren.

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.

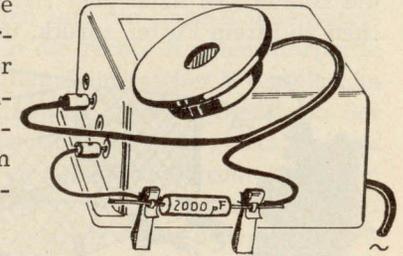


Wir sehen: Ein Kondensator ist dank der zwischen seinen Metallflächen vorhandenen Isolierschicht für Gleichstrom vollkommen undurchlässig. Wenn wir doch ein deutliches Knacken hören sollten, wäre dies nur ein Zeichen dafür, daß durch Beschädigung des Kondensators seine beiden Metallflächen sich berühren. 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 niederer Spannung aus dem Lichtnetz entnehmen. Es ist, als ob der Kondensator den Wechselstrom durchlasse.



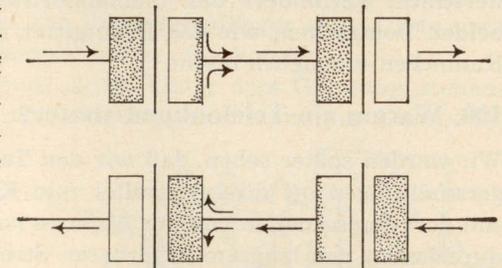
99. Scheinbare Durchlässigkeit für Wechselstrom

Sogar zwischen zwei hintereinander an den Transformator geschalteten Kondensatoren fließt ein Wechselstrom! Dennoch ist es nicht so, daß der Wechselstrom etwa durch die beiden 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

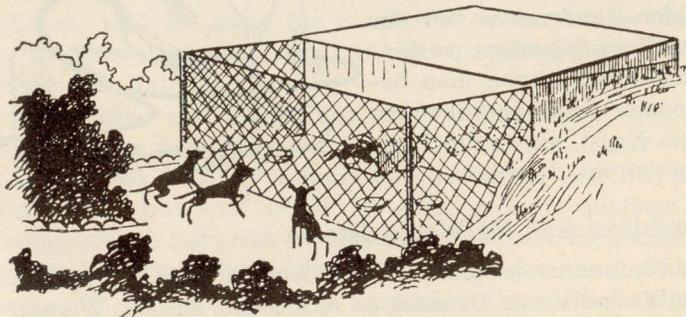
leeren Draht verbunden. Die Elektronen häufen sich nun hier auf der inneren Platte und durch den Draht, der beide Kondensatoren verbindet, eilen auch noch andere Elektronen in der Richtung nach der leider nicht erreichbaren leeren Platte rechts außen. Wenn der

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 gegenüberzustellen. 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 Beschreibung des KOSMOS-Experimentiertransformators Seite 84.

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 hindernenden 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 96) 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?

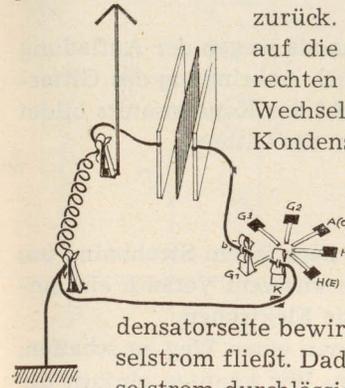
Wir werden später sehen, daß wir den Telefonkondensator bei den Empfängerschaltungen oft direkt parallel zum Kopfhörer anschließen. Warum? Er soll dort den schnellen von der Antenne kommenden Wechselstrom leicht hindurchlassen, den langsamen hörbaren Stromschwankungen, die von der Anode kommen, oder 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_1 -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.

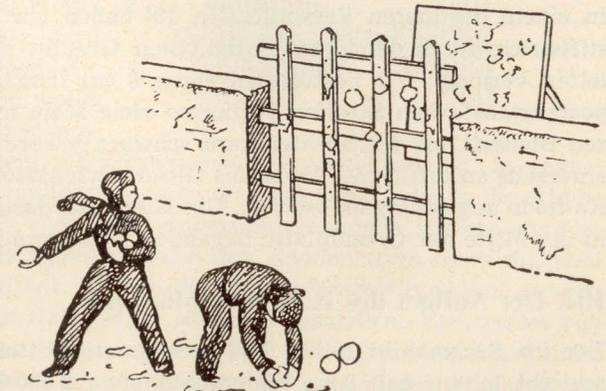
102. Schneebälle und verirrte Elektronen

Obwohl wir die Diode in der Schaltung von Versuch 94 durch den Gitterkondensator Nr. 22 ersetzt haben, geht der Röhrenempfänger ohne Diode noch nicht richtig. Gleich wirst du erfahren, woher das kommt.

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 Röhre 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



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.

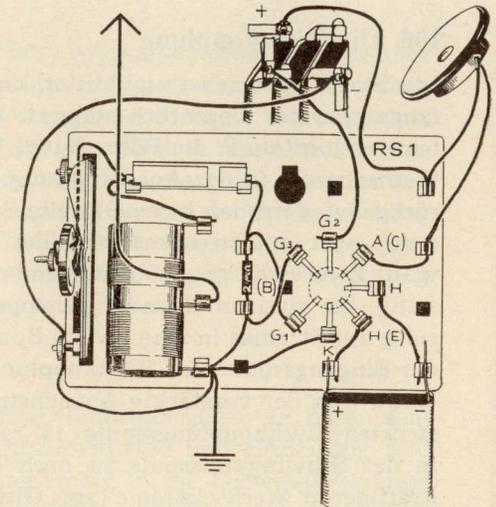
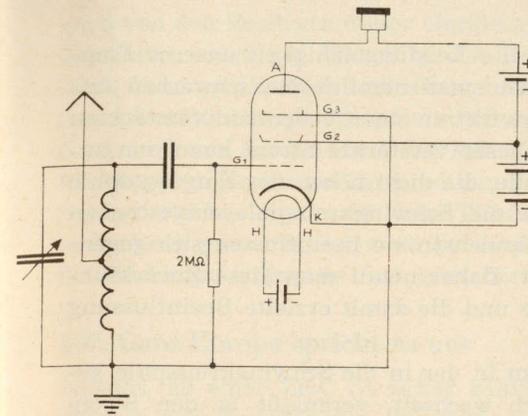
Wir haben uns nämlich entschlossen, den Elektronen einen Weg zu schaffen, damit sie nach der Kathode zurückfließen können. Wir könnten einfach die Gitterklemme durch einen Draht mit der Kathode verbinden, dann würde jedoch unsere Röhre nicht mehr arbeiten. Durch die Ableitung wären wieder zu wenig Elektronen 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 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).

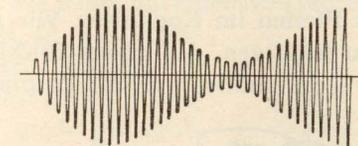
Wir können diesen Widerstand anstelle des Papierstreifen-Widerstandes in die Schaltung einbauen. Nachdem wir den Aufbau noch von Versuch 94 her



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

105. Das Audion

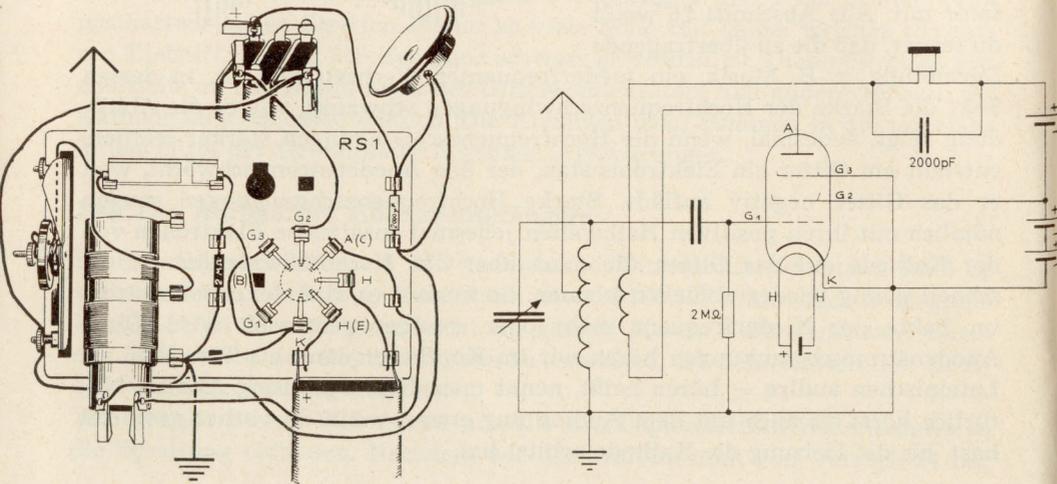
Wie du aus Abschnitt 101 weißt, teilt sich der hochfrequente Wechselstrom von der Antenne dem Gitter über den Gitterkondensator mit. Aus Abschnitt 26 weißt du ferner, daß die zu übertragende Darbietung, z. B. Musik, ein niederfrequenter Wechselstrom ist, in dessen Takt die Stärke der Hochfrequenzschwingungen schwankt, wie es die Abbildung zeigt. Jedesmal, wenn die Hochfrequenzschwingungen stärker werden, entsteht am Gitter ein Elektronenstau, der den Anodenstrom schwächt, weil er das Gitter negativ auflädt. Starke Hochfrequenzschwingungen saugen nämlich mit ihren positiven Halbwellen jedesmal zusätzliche Elektronen von der Kathode auf das Gitter, die dann über den Hochohmwiderstand nicht schnell genug wieder abfließen können. So kommt es, daß der Anodenstrom im Takte der Niederfrequenz mehr oder weniger gedrosselt wird. Diese Anodenstromschwankungen hören wir im Kopfhörer dann als Ton. Weil im Lateinischen *audire* = hören heißt, nennt man diese Schaltung Audion. Natürlich hörst du auch mit dem Audion nur etwas, wenn du vorher gewartet hast, bis die Heizung die Kathode erhitzt hat.



106. Die Rückkopplung

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

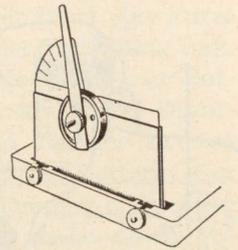


wird von den Besitzern dieser Geräte als böse Störung empfunden. Wer aber vorsätzlich oder gar böswillig den Rundfunkempfang seiner Mitmenschen stört, kann empfindlich bestraft werden. Um diese Störungen zu vermeiden, ist unsere Rückkopplungsspule mit Sorgfalt zu handhaben. Die Drahtverbindung wird von der Anode A der Röhre nun zuerst an die rechte Klemme der Rückkopplungsspule geführt und von der linken Klemme der Spule wird der Strom zurückgeleitet nach dem Telefonkondensator. Sind Röhre und Batterien noch ganz neu, wirst du bei manchen Sendern zur richtigen Einstellung die Rückkopplungsspule fast ganz herausziehen müssen.

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 nur ganz wenig 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, überzeuge dich, daß alle im Schema gezeichneten Leitungen auch in deinem Gerät enthalten sind. 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 linke Anschluß der Spule mit der Anode und der rechte 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

le zu vertauschen und haben dann sofort das Zwitschern beim Drehen des Kondensators und damit auch wieder Empfang.

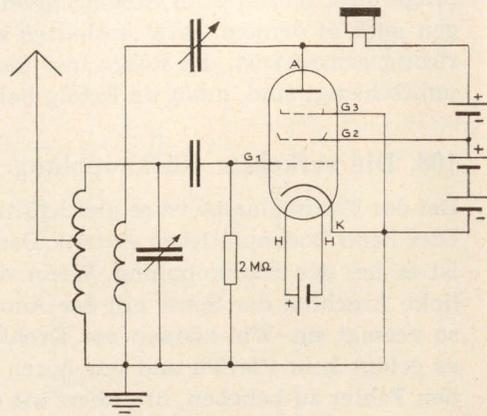
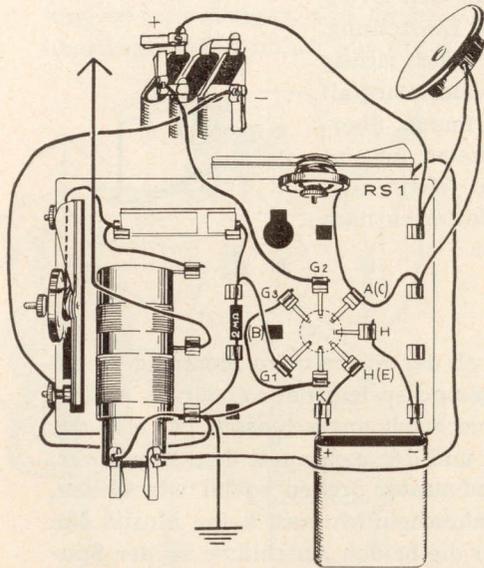
Wenn der Empfang zu leise ist, kann das ein Zeichen dafür sein, daß der Empfänger selbst schwingt. Er kann nämlich auch ohne Pfeifton schwingen. Dabei wird das Gitter so negativ aufgeladen, daß der Empfang ganz leise wird. Hier hilft nur, die Rückkopplungsspule weit genug herauszuziehen. Um guten Empfang zu bekommen, wirst du auch die Vorschläge für den Anschluß der Antenne aus den Abschnitten 47 und 48 probieren.

109. Empfang verschiedener Wellenlängen

Wenn du Kurzwellenempfang haben willst, mußt du dir eine Zusatzspule wickeln: Du nimmst eine Postkarte und rollst sie auf den Durchmesser der Schwingkreisspule zusammen. Darauf wickelst du 10 Windungen isolierten Draht, Windung neben Windung. Die Enden fädelt du durch zwei Löcher am Wicklungsrand und verbindest sie möglichst kurz mit den äußeren Enden der Schwingkreisspule, die im Empfänger aus Versuch 106/107 bleibt. Rückkopplung und Abstimmung am Drehkondensator müssen sehr feinfühlig bedient werden, weil Kurzwellensender sehr schmal liegen.

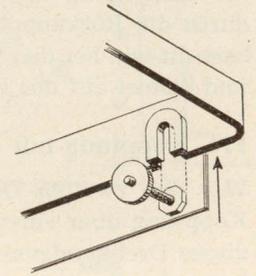
110. Rückkopplung mit Regelung durch Kondensator

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 Drehkondensators 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 Rückkopplungsspule. 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 befindliche 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

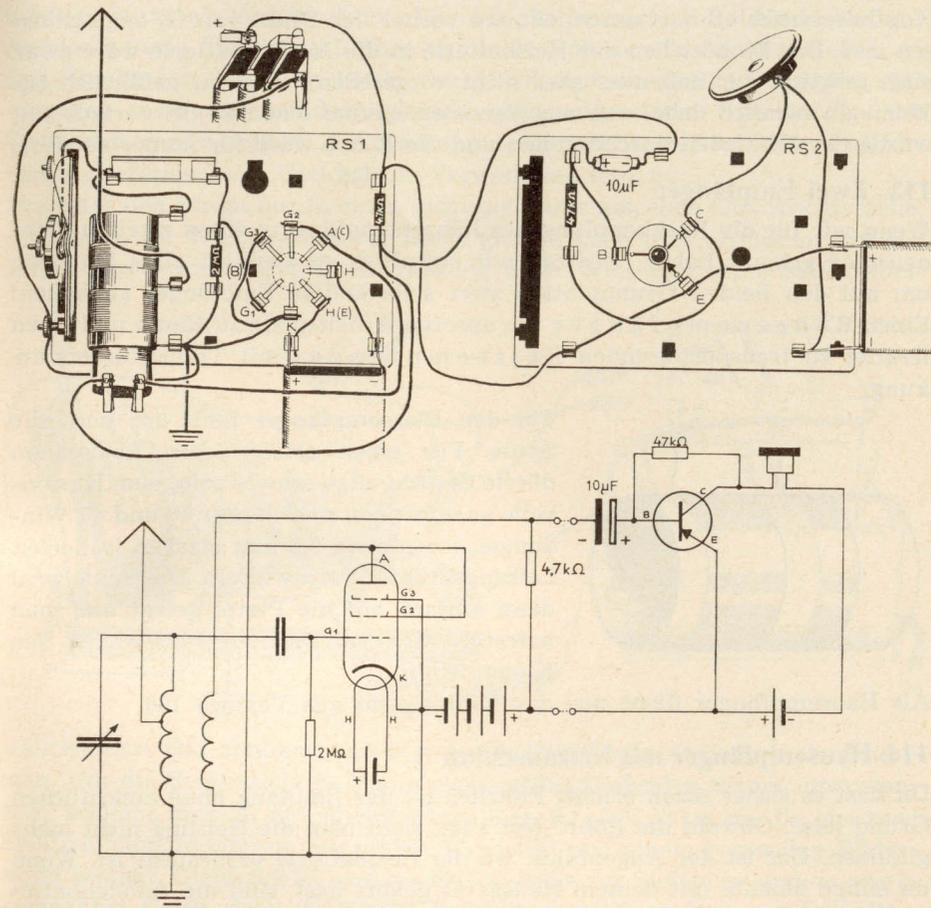
Wer den zweiten Drehkondensator noch nicht besitzt, kann trotzdem eine Kopplung über einen Kondensator durchführen, indem er nämlich an Stelle dieses Drehkondensators den Telefonkondensator von 2 000 pF in die Schaltung eingebaut. Natürlich muß dann die Rückkopplung wieder durch Verschieben der Spule reguliert werden.

Eine Rückkopplung bringt, wenn sie richtig eingestellt ist, nicht nur einen lautstärkeren Empfang, sie erhöht außerdem die Trennschärfe des Empfängers. Da lohnt es sich schon, einen Sender herauszufischen, indem man Rückkopplungsspule und Abstimm-drehkondensator abwechselnd nachstellt. Wenn du gerade einen Sender gut eingestellt hast, kann es sein, daß durch eine kaum merkliche Bewegung an der Rückkopplungsspule die unerwünschten Schwingungen einsetzen. Hast du schon gemerkt, daß du dann die Rückkopplungsspule ein ganzes Stück herausziehen mußst, ehe die Schwingungen wieder abreißen? Haben die Schwingungen wieder ausgesetzt, kannst du wieder ein ganzes Stück mit der Spule hineingehen, ehe sie wieder beginnen. Diese Erscheinung nennt man „Ziehen“.

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.

Wir könnten nun auf den Gedanken kommen, die an sich schon verstärkte Sendung unseres Röhrenempfängers vom Versuch 106 nochmals mit dem Transistorverstärker aus Versuch 73 zu verstärken. Das ist ohne Weiteres möglich, wenn du für den selbstgebauten Becherkondensator bereits den in Versuch 70 genannten Niedervolt-Elektrolytkondensator von $10 \mu\text{F}$ 12/15 Volt gekauft hast. Unser selbstgebaute Becherkondensator ist der Beanspruchung durch eine mit Batterie gespeiste Vorstufe, wie sie unser Röhrenempfänger darstellt, nämlich nicht mehr gewachsen. Er würde den für die richtige Einstellung des Transistors über den $47 \text{ k}\Omega$ -Widerstand kommenden



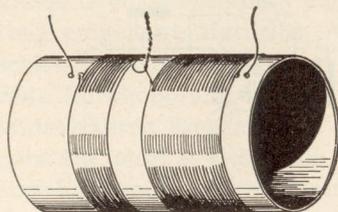
strom so verfälschen, daß du nur leisen Empfang hättest und auch der Transistor gefährdet wäre. Den Becherkondensator können wir erst in Versuch 117 wieder brauchen.

Die Abbildungen zeigen, wie der Röhrenempfänger aus Versuch 106 mit dem Transistorverstärker aus Versuch 73 zusammenschaltet wird. Am Röhrenempfänger gibt es zwei kleine Änderungen: G_2 führt nicht mehr zur Verbindungsstelle der zweiten mit der dritten Batterie, sondern wird direkt mit der Anode A verbunden. Anstelle des Kopfhörers, den wir ja im Transistorverstärker brauchen, schalten wir den $4,7 \text{ k}\Omega$ -Widerstand. Der Pluspol des $10 \mu\text{F}$ -Niedervolt-Elektrolytkondensators wird diesmal mit der Basis B des Transistors verbunden. Die für den Transistorverstärker nötige zusätzliche Batterie kannst du einsparen, wenn du den zu ihrem Minuspol führenden

Kopfhöreranschluß dort anschließt, wo vorher der Draht von G_2 angeschlossen war. Das Einbeziehen der Heizbatterie in die Anodenbatterie wäre zwar auch möglich, wir haben es aber nicht vorgesehen, da es zu gefährlich ist. Wenn du nämlich dabei nur aus Versehen einmal einen Draht vertauschst, würde der Heizfaden durchbrennen und die Röhre wäre für immer zerstört.

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.

Als Hausempfänger dient uns das Röhrengerät aus Versuch 106.

114. Hausempfänger mit Netzanschluß

Du hast es sicher schon erlebt: Plötzlich ist der Empfang ohne ersichtlichen Grund leise. Obwohl die Röhre fest sitzt, sieht man die Heizung nicht mehr glimmen. Das ist der Augenblick, wo die Heizbatterie verbraucht ist. Wenn du einige Monate mit deinem Hausgerät gehört hast, sind die Anodenbatterien zwar noch gut, aber öfter schon hast du eine Heizbatterie gebraucht. Für das Geld, das diese Heizbatterien kosten, hättest du schon einen KOSMOS-Experimentiertransformator*) kaufen und die Röhre über ihn mit Strom aus dem Lichtnetz heizen können. Die von den Klemmfedern H kommenden Heizleitungen werden an zwei Buchsen angeschlossen, zwischen denen 6,3 Volt herrschen: Diese sind Buchse 0 und Buchse 2. Jetzt spielt der Empfänger sogar noch etwas lauter!

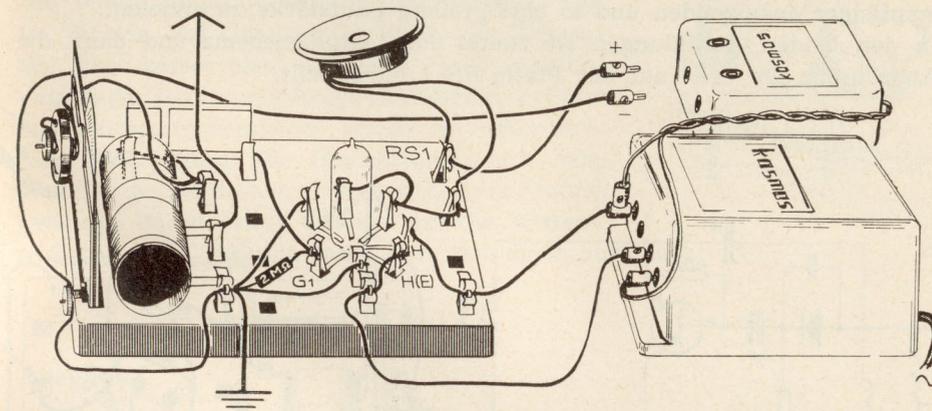
115. Anodenstrom aus dem Lichtnetz

Die Anodenbatterie hält sehr lange. Trotzdem können wir natürlich auch den Strom für die Anodenbatterien aus unserem Universaltransformator entnehmen. Allerdings muß dieser Strom erst umgewandelt werden, sonst

*) Bestell-Nr. 12-1011.5.

taugt er nicht als Anodenstrom. 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 Diode 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-Netz-anodengerät“ zusammengefaßt. Dieses kann vom Lieferanten des Radiomann bezogen werden. Die Abbildung zeigt den Zusammenbau des Netzanodengerätes mit dem Transformator. Hierbei können zwei Paar Anschlußleitungen*) gute Dienste leisten.

Da das Netzanodengerät keine Anzapfung für den Anschluß von G_2 hat, verbinden wir G_2 direkt mit A wie in Versuch 112. Für Versuche mit dem Transistor dürfen nur 6,3 Volt benutzt werden (zwischen den Buchsen 0 und 2)!

116. Der Reiseempfänger

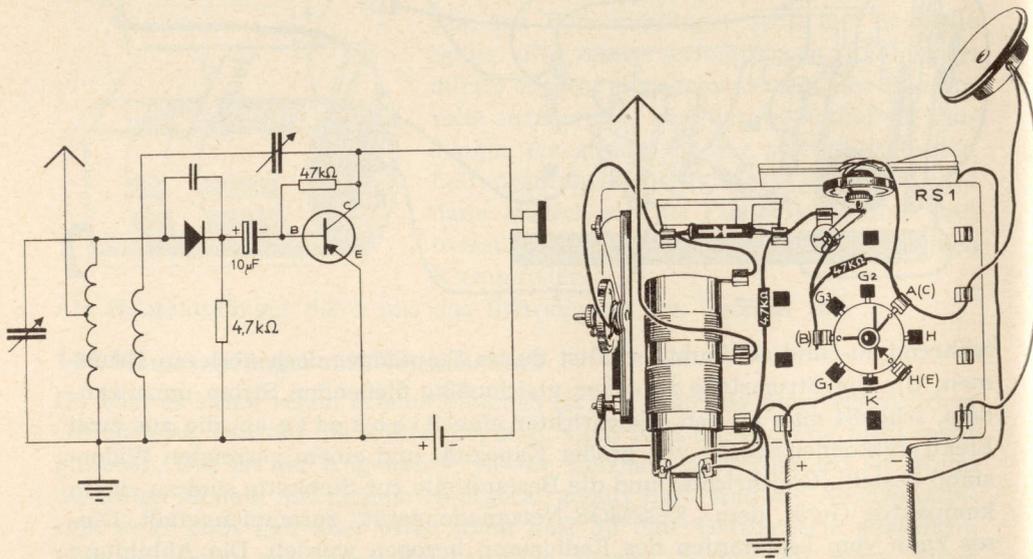
den wir mit dem Transistor gebaut haben, läßt sich in einer passend zurgerichteten Schachtel bequem transportieren. Den Antennendraht von etwa 8 bis 10 m Länge und ein genügend langes Drahtstück für eine Erdleitung

*) Anschlußleitung mit Querlochsteckern Best.-Nr. 12-0010.2; Netzanodengerät Best.-Nr. 12-2011.5

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. Transistorempfänger 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 Platine RS 1 dargestellt.



An diesem Empfänger ist uns lediglich neu, daß der Gitterkondensator (22) parallel zur Diode geschaltet ist. Das ist notwendig, um die für die Rückkopplung erforderliche Hochfrequenz bis zur Basis gelangen zu lassen. Wenn du ohne Drehkondensator rückkoppeln willst, kannst du den Telefonkondensator entsprechend Versuch 111 dazu verwenden.

118. Am Strand und im Zelt

Nun kannst du den Transistorempfänger, der dir am besten gefällt, mit ins Freie nehmen. Da der Becherkondensator auslaufen kann, besorgst du dir lieber den in den Versuchen 70 und 112 erwähnten Niedervolt-Elko.

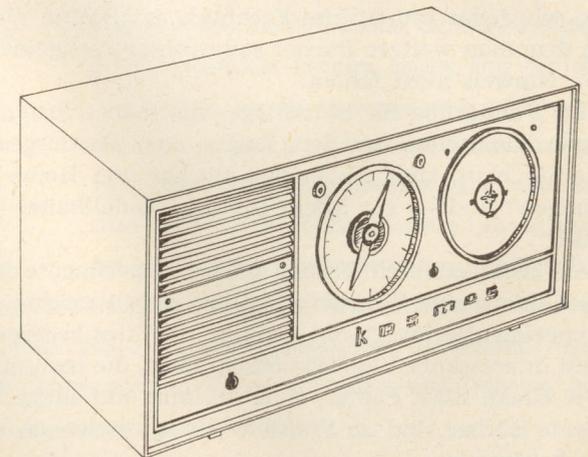
Im Garten, am Strand oder im Zelt wird man einen solchen Antennen-draht mit einem an ein Isolationsstück beliebiger Art gebundenen Stück Schnur von mehr als Antennenlänge mit sich führen. Wenn man an die Schnur einen Stein bindet, kann man diesen vom Boden aus über die Astgabel eines in der Nähe stehenden 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. Bei Gewitter baust du die Zeltstation aber besser nicht auf. Weil die Transistorempfänger sehr wenig Raum einnehmen und nur wenig Strom verbrauchen, finden sie immer weitere Verbreitung. Die Beschäftigung mit dem Wunder des Radio hat dir nun sicher vie 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. Jetzt können wir uns ohne Schwierigkeiten schon an ein Gerät für richtigen Lautsprecherempfang heranwagen!

Sicher hast du dir schon längst gewünscht, deinen Empfänger in ein richtiges Radiogehäuse einzubauen und die Musik aus dem Lautsprecher zu hören. Die dazu nötigen Teile gibt es als neuen Radiomann-Zusatz NF. Er enthält Gehäuse, elektrodynamischen Lautsprecher, Leistungstransistor, Ausgangstransformator, Elkos, Widerstände sowie das nötige Kleinmaterial dazu.



Du kannst damit aber nicht nur eine Lautsprecherendstufe zum Radiomann bauen, sondern noch viele andere interessante Versuche machen mit elektronischem Blinker, Lautsprecher-Rufanlage, kleinem Babysitter-Gerät, Störfeldsuchanlage, elektronischem Taktgeber, Morsesummer usw. Die Abbildung zeigt dir den Radio für Lautsprecherempfang.

Wenn du nun an der Radiotechnik Spaß bekommen hast, mehr Experimente machen, Neues und Schwierigeres anfangen und vor allem auch viel Radio hören willst, solltest du dir jetzt allerdings überlegen, ob du laufend neue Batterien kaufen willst.

Batterien sparen!

Auf die Dauer kommst du billiger davon, wenn du — wie in den Versuchen 114 und 115 angegeben — den Strom über einen KOSMOS-Experimentier-Transformator aus der Steckdose entnimmst. Dieser Transformator verwandelt die hohe Spannung des Lichtnetzes in völlig ungefährliche und für den Radiomann geeignete Kleinspannungen von 2,3/4/6,3/17,7/20 und 24 Volt. Drei automatische Überlastungssicherungen sind eingebaut. Der KOSMOS-Experimentier-Transformator kann als Stromquelle für die Heizung bei allen Röhrenversuchen dienen und eignet sich zusammen mit dem KOSMOS-Netz-anodengerät als Anodenbatterie und Stromversorgung für die Radiomann-Transistorversuche. Nähere Angaben — auch über weitere Elektrogeräte — enthält der kostenlose Prospekt N 10 - 00.

„Was man schwarz auf weiß besitzt . . .“

So wie jedes ordentliche Fachbuch am Schluß ein Literaturverzeichnis hat, in dem man weitere Bücher seines Interessengebietes findet, so soll auch hier ein Hinweis nicht fehlen:

Eine Fundgrube für Ratschläge, wie man selbständig mit einfachen und billigen Kleinteilen aus dem Radio- oder Bastlergeschäft Versuche macht und Geräte baut, sind die beiden Bücher von Heinz Richter „Radiobasteln für Jungen“ und — vor allem für den Modellbauer — „Das große Fernsteuerbuch“.

Wer zwischendurch einmal andere Experimente machen oder seinen Freunden eine kleine Zaubervorstellung geben möchte, der sollte sich „Das große Experimentierbuch“ von Leonard de Vries besorgen. Darin sind viele lustige und interessante Versuche beschrieben, die man mit ganz alltäglichen Dingen wie einem Blatt Papier, einem Kamm und einem Glas Wasser machen kann. Beide Bücher sind im Franckh-Verlag erschienen und in jeder Buchhandlung zu bekommen.

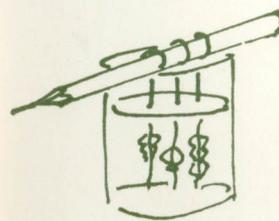
Die Vielseitigkeit macht's

Was ein richtiger Bastler und Techniker ist, der wird mit allem fertig — vorausgesetzt, er ist vielseitig genug, um sich auf allen wichtigen Gebieten auszukennen. Allzu schwierig ist das nicht, es gibt ja jeweils die entsprechenden KOSMOS-Experimentierkästen, die zusammen ein universelles Laboratorium bilden.

Da ist der »**Elektromann**«, der Experimentierkasten für **Elektrotechnik**. Er erlaubt z. B. den Bau eines Morseschreibers und behandelt ausführlich das ganze Gebiet des Morsens ohne das kein Funkamateurlauskommt. Außerdem kann man damit Signal- und Alarmanlagen, Klingel, Telefon, Elektromotor und vieles andere bauen. Im Anleitungsbuch sind mehr als 130 Versuche beschrieben; darüber hinaus erlaubt das vielseitig verwendbare Qualitätsmaterial zahlreiche weitere Experimente, und du als Besitzer des Radiomann hast dazu noch die Möglichkeit zahlreicher interessanter Kombinationen zwischen den beiden Kästen.

Wie interessant **Chemie** sein kann, habt ihr ja schon bei den Versuchen 67 bis 71 zum Thema »Elektrolytkondensator« gemerkt. Machen wir doch schnell noch einen Versuch: Hast du schon einmal Kristalle gezüchtet? Kristalle können nämlich wachsen und von Tag zu Tag größer werden, wenn man sie in richtiger Weise »züchtet«. Wir lösen einfach soviel Zucker als möglich in einem halben Glas warmem Wasser auf. Dann

knüpfen wir kurze Fadenstücke an einen über das Glas gelegten Bleistift. Überall da, wo die Fäden in die Flüssigkeit hängen, setzen sich mit der Zeit Kristalle an, die nach und nach größer werden. Das ist natürlich ein ganz einfacher Versuch. Viel interessantere Experimente kann man machen, wenn man ein richtiges kleines Laboratorium hat, wie es der Experimentierkasten »**All-Chemist**«



mit Material und Anleitung zu mehr als 220 chemischen Versuchen darstellt (nebenbei: wer den »All-Chemist« hat, kann sich u. a. Seife, Brausepulver, Geheimtinte, einen Vervielfältigungsapparat und Lichtpauspapier, wie es Architekten und Techniker benutzen, um ihre Zeichnungen zu kopieren, selbst herstellen).