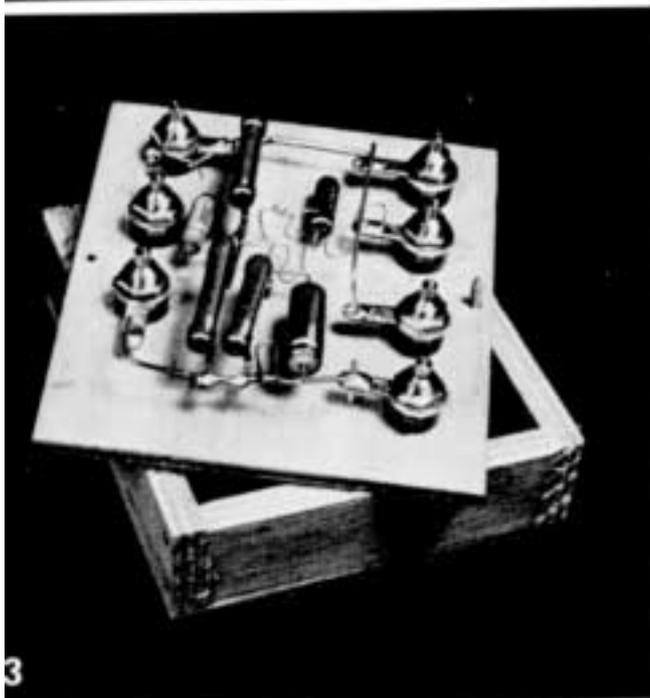
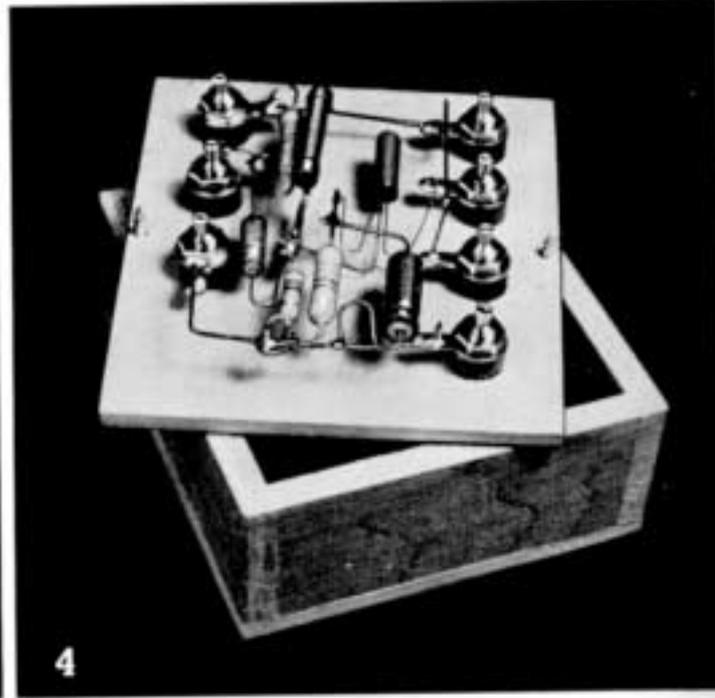


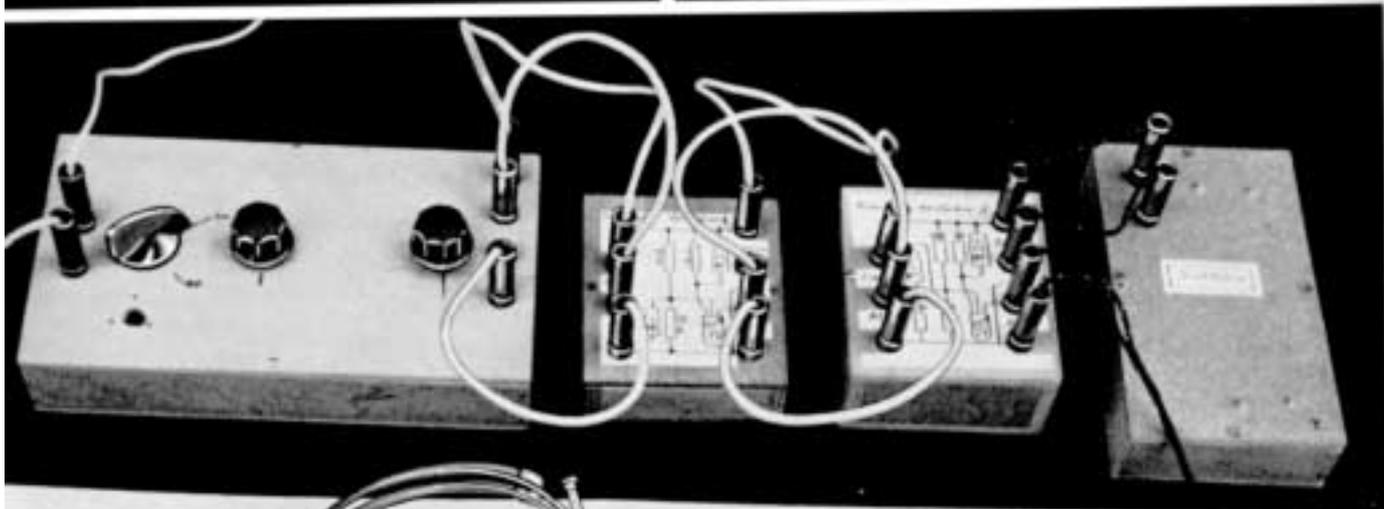
2



3



4



5

Transistor-Audion – Wie man es baut und wie es funktioniert

Im letzten «Helveticus», Band 21, war der Bau eines kleinen Mittelwellenempfängers beschrieben, der mit einer Diodengleichrichtung und zwei Transistorenverstärkern ausgerüstet war. Diesmal bauen wir ein Transistor-Audion. Bei diesem werden die von der Antenne aufgenommenen elektrischen Schwingungen nicht durch eine Diode gleichgerichtet, sondern von einem für hochfrequente Schwingungen gebauten Transistor, der die Schwingungen gleichzeitig verstärkt. Eine weitere Verstärkung wird durch eine zusätzliche Wicklung der Spule des Schwingkreises erreicht. Durch sie wird ein Teil der verstärkten Energie dem Schwingkreis zurückgeführt. Diese sogenannte Rückkopplung gleicht die Verluste des Schwingkreises aus, wodurch nicht nur eine wesentliche Leistungssteigerung, sondern auch eine bessere Trennschärfe erreicht wird. Das Audion versehen wir mit einer oder zwei Verstärkerstufen.

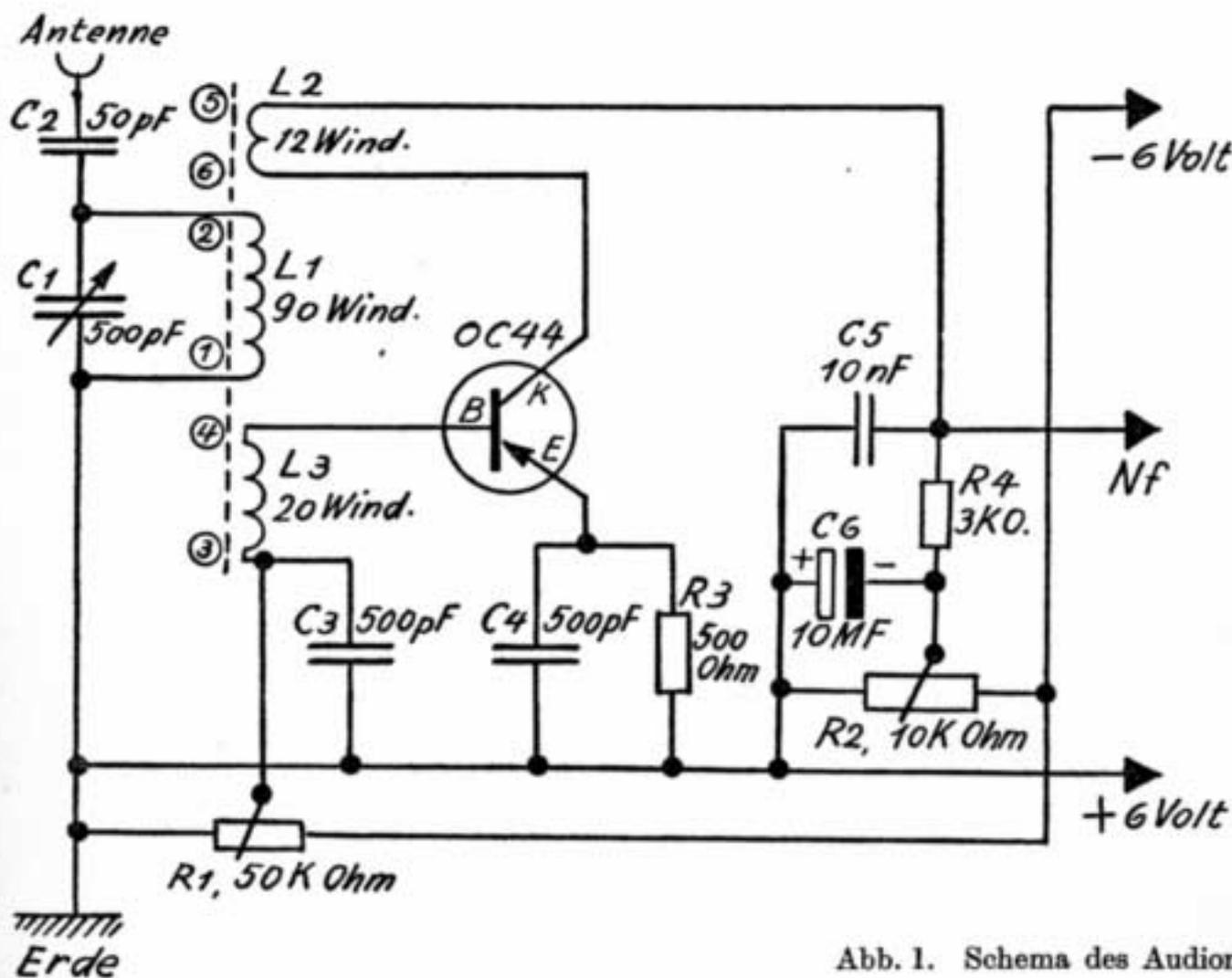


Abb. 1. Schema des Audions.

Wir können das Gerät so bauen, dass das eigentliche Audion für sich in einem Kästchen aufbewahrt wird, während die Verstärkerstufen und die Batterie eigene Kästchen erhalten. Das hat den Vorteil, dass man je nach der Empfangslage das Audion allein oder mit Verstärkung benutzen kann. Ist ein Sender nicht allzuweit entfernt, so lässt sich bei Verwendung beider Verstärker auch ein Lautsprecher anschliessen. Selbstverständlich lässt sich das Ganze auch in einem einzigen Kästchen unterbringen, wenn man das vorzieht.

Das Audion

Materialliste

1 Hf-Transistor OC 44 oder OC 612
1 Hf-Spulenkörper für Mittelwellen
8 m seideumspinnener Kupferdraht, 0,2 mm, zum Wickeln
C1 Drehkondensator 500 pF
C2 Festkondensator 50 pF
C3 Festkondensator 500 pF
C4 Festkondensator 500 pF
C5 Festkondensator 10 nF
C6 Niedervolt-Elektrolytkondensator 10 MF
R1 Potentiometer 50 k Ohm
R2 Potentiometer 10 k Ohm
R3 Widerstand 500 Ohm
R4 Widerstand 3 k Ohm
6 Telephonbuchsen mit Lötösen
1,5 m Schaltdraht, Kupfer verzinnt, 0,8 mm
Sperrholz, 4 mm dick für Deckplatte und Boden des Kästchens, 6 mm für die Seitenwände.

Diese Teile sind mit Ausnahme des Sperrholzes in Radiogeschäften erhältlich. Der ganze Bausatz kann zu Fr. 27.25 auch durch den Verfasser dieses Artikels, Karl Thöne in Gümligen bei Bern bezogen werden, ebenso derjenige für die Verstärker (siehe weiter hinten) und einzelne Teile davon.

Abbildung 1 zeigt das Schema des Audions, Abbildung 2 die Anordnung der Teile auf der Deckplatte und die Verdrahtung, Abbildung 3 das Kästchen von aussen. Zuerst stellen wir uns nach Abbildung 4 aus dem Sperrholz das Kästchen her. Die angegebenen Masse entsprechen den handelsüblichen Bauteilen. Sind einzelne Teile grösser, etwa der Drehkondensator, so muss die Kästchengrösse diesen Teilen angepasst werden.

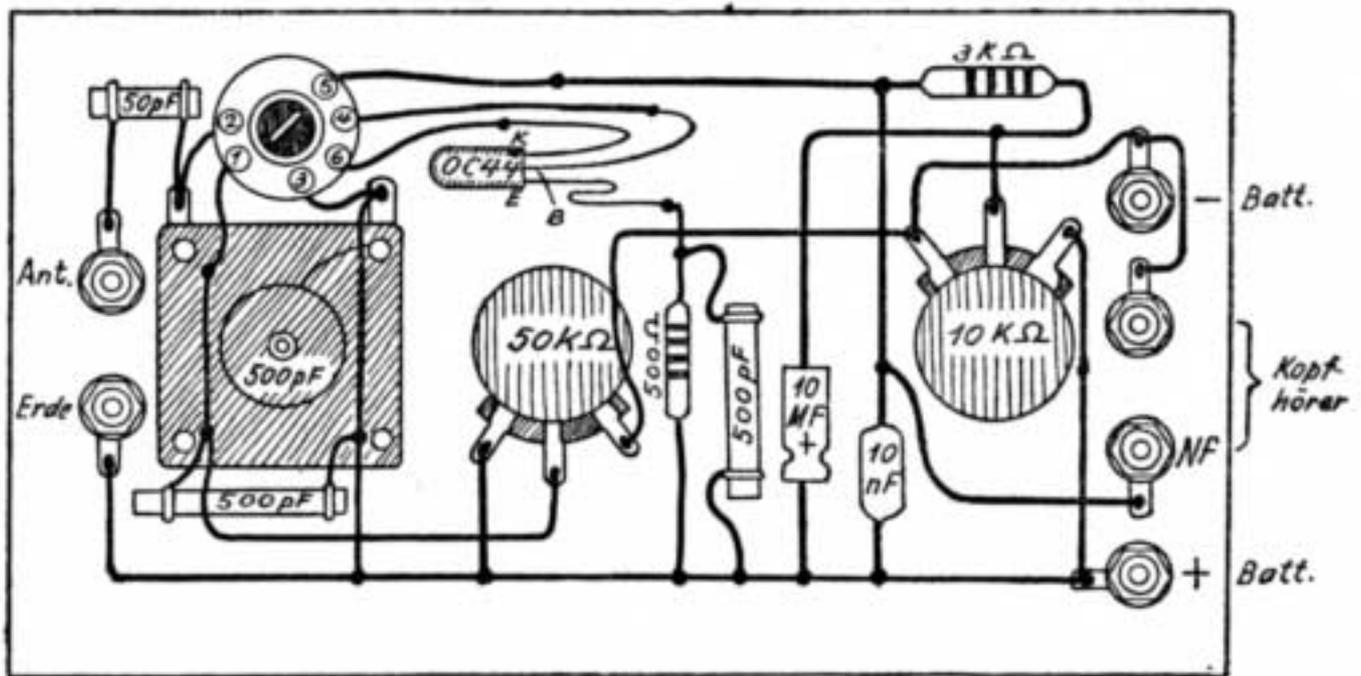


Abb. 2. Anordnung und Verdrahtung der Teile des Audions auf der Deckplatte.

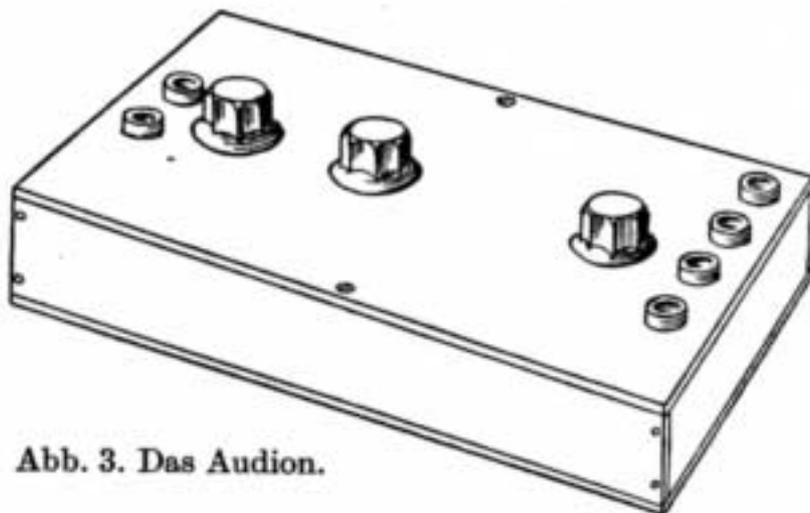
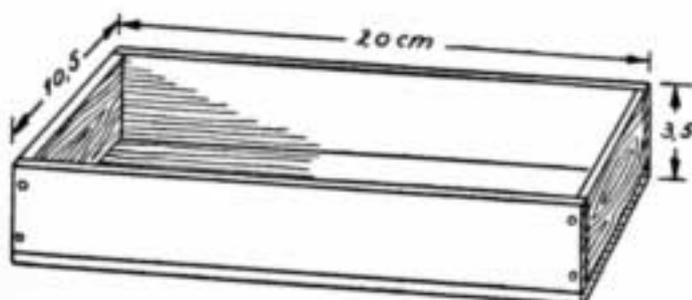
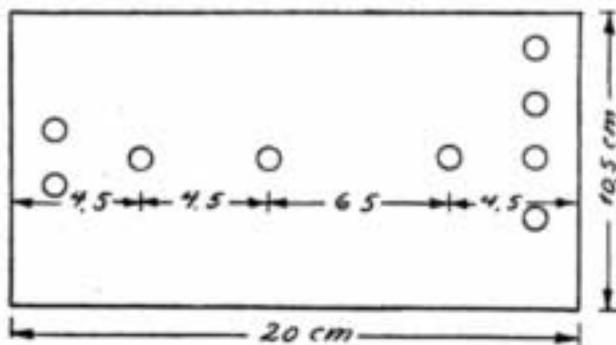


Abb. 3. Das Audion.



In die Deckplatte bohren wir die Löcher für die 6 Buchsen und die Achsen des Drehkondensators und der Potentiometer und schrauben diese Teile daran fest.

Zum Wickeln der Spule verwenden wir, wie in der Materialliste angegeben, seideumspunnenen Volldraht an Stelle von Litzendraht, wie er sonst für diesen Zweck üblich ist, weil das Lötten der Litze für den Ungeübten schwierig ist und der Volldraht sich hier ebensogut eignet.

Wie aus Abbildung 5 hervorgeht, nehmen wir die 90 Windungen der Wicklung L1 in der untern Kammer des Spulenkörpers vor. Wir

Abb. 4. Deckplatte und Kästchen für das Audion.

lassen ein etwa 10 cm langes Stück des Drahtes stehen, beginnen mit dem Wickeln im Sinne des Uhrzeigers und kleben die neunzigste Windung mit ein wenig raschtrocknendem Leim fest, damit sie sich nicht löst, worauf wir ein etwa 10 cm langes Drahtende stehen lassen. Um die Drahtenden nicht zu verwechseln, kleben wir kleine gefaltete Papierstreifen daran fest, die wir mit den aus den Abbildungen ersichtlichen Ziffern versehen. Weist der Spulenkörper mehr als zwei Kammern zum Wickeln auf, so können die 90 Windungen von L1 auch auf zwei Kammern gleichmässig verteilt werden.

In die folgende Kammer wickeln wir nun die 20 Windungen von L3 und darüber die 12 Windungen von L2, beide im gleichen Win-

dungssinn, wobei wir nicht vergessen dürfen, die Drahtenden jeweils mit den bezifferten Papierstreifen zu markieren, damit sie später beim Löten nicht verwechselt werden. Auch von L2 wird die letzte Windung mit ein wenig Leim festgeklebt. Die fertige Spule bringen wir nun an der Deckplatte oberhalb des Drehkondensators an.

Zum Verdrahten verwenden wir blanken verzinneten Kupferdraht von 0,8 mm Dicke, der sich leichter löten lässt als Draht aus blossem Kupfer. Wir beginnen damit, dass wir von der Erdbuchse aus (links) einen Draht der untern Kante der Deckplatte entlang zur Buchse des + Batteriepolis führen und an den Lötösen festlöten. Für diesen «Erddraht» können wir einen dickeren Draht verwenden, falls wir einen solchen haben, da mehrere Widerstände und Kondensatoren daran zu befestigen sind.

Der Transistor weist drei Anschlüsse auf, die in unsern Abbildungen mit B (Basis), K (Kollektor) und E (Emitter) bezeichnet sind. Ein roter Punkt markiert das nebenstehende Anschlussdrähtchen als Kollektor. Das zur Basis führende Drähtchen ist immer zwischen den beiden andern. Es gibt Transistoren, deren Anschlüsse sich auf andere Weise unterscheiden. In diesem Fall erkundige man sich beim Verkäufer.

Der Elektrolytkondensator muss polrichtig angeschlossen werden. Das mit + bezeichnete Ende des Röhrchens, das gewöhnlich auch eine Rille aufweist, ist der Pluspol und muss so in die Verdrahtung gelötet werden, wie aus den Abbildungen hervorgeht.

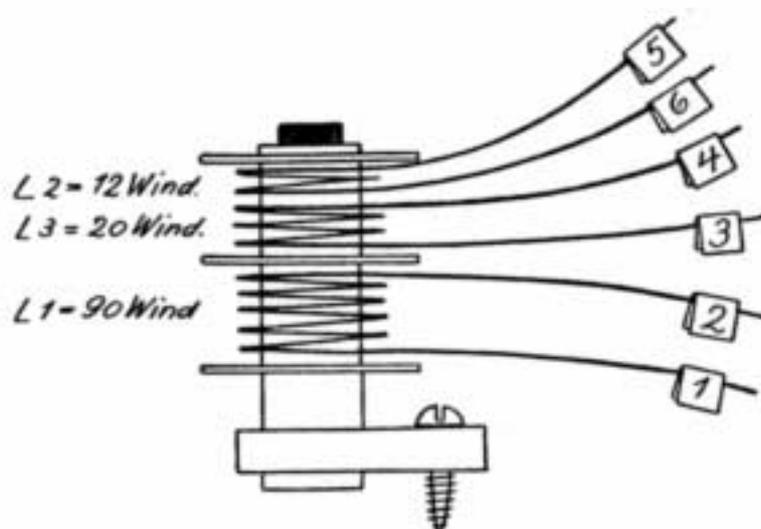


Abb. 5. So wird die Hf-Spule gewickelt.

Da Elektrolytkondensatoren, besonders aber Transistoren, hitzeempfindlich sind, halten wir die Anschlussdrähte mit der Flachzange zwischen dem Teil und der Lötstelle fest, damit die Lötwärme durch die Zange abgeleitet wird. Wie die Bilder zeigen, kürzt man die Anschlussdrähtchen des Transistors nicht, sondern biegt sie zu Schlingen, um Platz zu gewinnen.

Wie das Audion arbeitet

Schwingkreis

Aus dem Schaltschema, Abbildung 1, ist ersichtlich, dass die von der Antenne aufgenommenen elektrischen Schwingungen über den Kondensator C2 zum Schwingkreis gelangen, der sich aus den Drahtwindungen L1 der Spule und dem Drehkondensator C1 zusammensetzt. Der besseren Übersicht wegen ist in Abbildung 6 der Schwingkreis des Schemas für sich allein dargestellt. Durch Drehen am Drehkondensator lässt sich nun dieser Kreis auf die Schwingungen eines bestimmten Senders im Mittel-

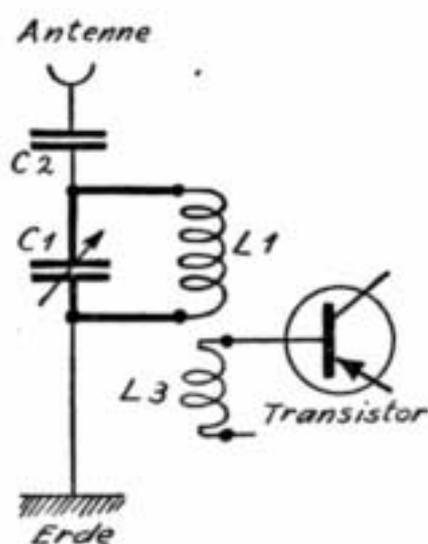


Abb. 6. Schwingkreis

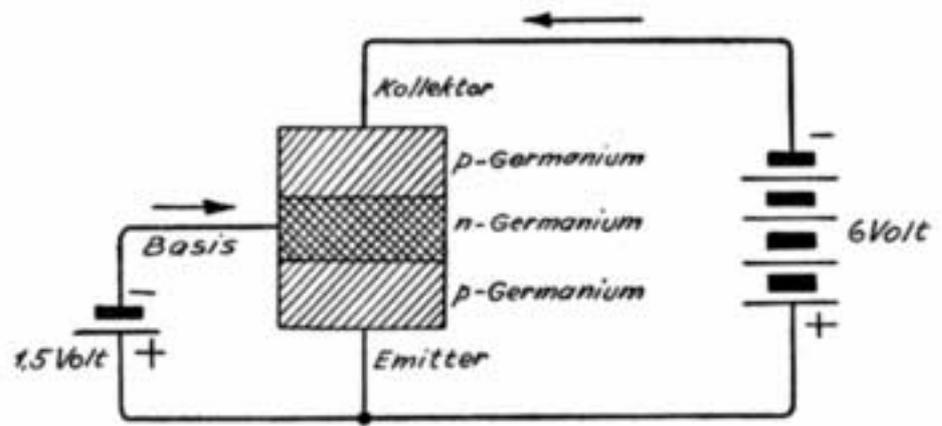
wellenbereich einstellen. Damit fließt in diesen Drahtwindungen ein Wechselstrom, der freilich nur wenige Mikrovolt (Millionstelvolt) misst. Von L1 wird der Wechselstrom auf die Windungen L3 übertragen, wobei die winzigen Stromstöße auf die Basis des Transistors einwirken.

Um zu verstehen, was für Folgen diese Einwirkung hat, müssen wir zuerst den Aufbau und die Arbeitsweise des Transistors kennenlernen.

Der Transistor enthält drei kleine Germaniumkristalle. Wie in Abbildung 7 schematisch dargestellt, bestehen die beiden äusseren Kristalle aus p-Germanium und bilden den Kollektor und den Emitter; der mittlere Kristall besteht aus n-Germanium und wird als Basis bezeichnet. Verbindet man den Kollektor mit dem Minuspol einer 4,5-Volt-Batterie, den Emitter mit dem Pluspol, so fließt kein Strom, da ein solcher nur von n-Germanium in p-Germanium gelangen kann.

Der Transistor wirkt hier als Ventil gleich einer Diode. Verbindet man aber gleichzeitig die Basis mit dem Minuspol einer zweiten Batterie, die nur 1,5 Volt liefert, und den Emitter mit dem Pluspol, so kann der Strom

Abb. 7. Aufbau und Arbeitsweise des Transistors.



dieser Batterie fließen, da ja, wie gesagt, ein Stromfluss von n- nach p-Germanium möglich ist.

Jetzt aber kommt das Erstaunliche: dieser kleine Strom durch Basis und Emitter (Basisstrom) gibt den Strom der kräftigeren Batterie in der Richtung von p- nach n-Germanium frei, also vom Kollektor durch die Basis und den Emitter, da der Basisstrom die sperrende n-Germaniumschicht leitend gemacht hat. Ein schwacher Basisstrom vermag also einen viel kräftigeren Kollektorstrom auszulösen. Hieraus ergibt sich die Wirkung des Transistors als Verstärker.

Basiskreis

Diese beiden Stromkreise, den Basis- und den Kollektorkreis, finden wir auch in unserem Schema wieder. In Abbildung 8 ist, wieder der besseren Übersicht wegen, der Basiskreis für sich allein herausgehoben. Da der Basisstrom durch die Windungen von L_3 fließen muss, wird er von den Stromstößen im Rhythmus der vom Schwingerkreis übertragenen elektrischen Schwingungen angesteuert, was zur Folge hat, dass auch der viel stärkere Kollektorstrom im gleichen Rhythmus schwankt. Die Spannung des Basisstromes kann durch den Potentiometer R_1 verändert werden.

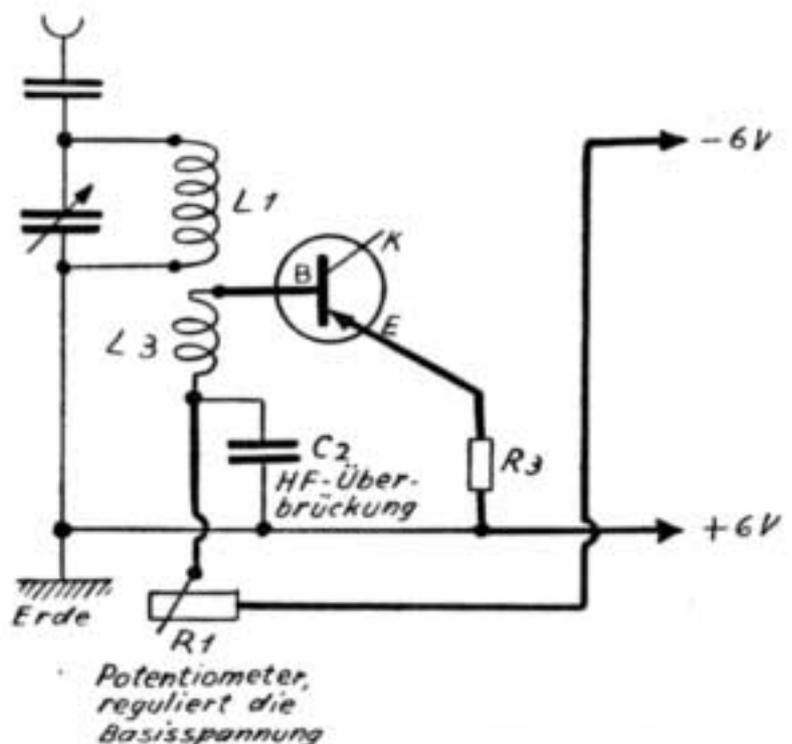


Abb. 8. Basiskreis.

Kollektorkreis

Zunächst ein paar Worte darüber, warum der Transistor den Wechselstrom nicht nur verstärken, sondern auch gleichrichten muss. Jeder Radioamateur weiss, dass die vom Sender ausgestrahlten Schwingungen moduliert sind, das heisst, dass die durch das Mikrophon aufgenommenen Töne als niederfrequente Schwingungen der sogenannten Tonfrequenz,

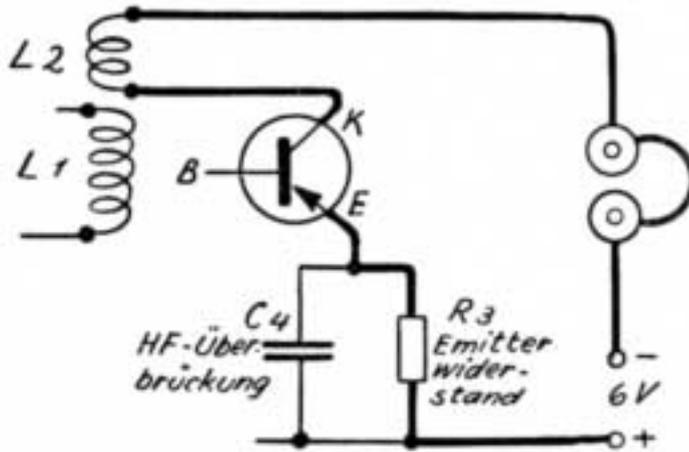


Abb. 9. Kollektorkreis.

der Hochfrequenz, aufgedrückt sind. Die Basis des Transistors wird demnach nicht nur von der hohen Senderfrequenz, sondern auch im Rhythmus der Tonfrequenz beeinflusst, so dass der Kollektorstrom sowohl verstärkte Stromstösse der Hochfrequenz als auch solche der Tonfrequenz enthält.

Kopfhörer und Lautsprecher reagieren aber nur auf die Tonfrequenz, weil ihre Membrane den raschen Schwingungen der Hochfrequenz nicht folgen können. Die Hochfrequenz, die nur als Träger der Tonfrequenz dient, wird nun nicht mehr gebraucht und muss im Empfänger entfernt werden. Man nennt diese Trennung Demodulation. Im Detektorempfänger besorgt die Demodulation die Germanium-Diode, die als Gleichrichter dient. In unserm Audion ist es die gleichrichtende Wirkung des Transistors.

Ein Blick auf das Schema, Abbildung 9, zeigt uns den Kollektorkreis. Die überflüssige Hochfrequenz wird über den Kondensator C4 zur Erde abgeleitet. Die verstärkte Niederfrequenz kann hier nicht abfliessen, da C4 einen zu kleinen Wert hat. Mit einem Kopfhörer kann sie in Töne umgewandelt werden, wenn dieser, wie aus dem Schema ersichtlich, angeschlossen wird.

Ein Blick auf das Schema, Abbildung 9, zeigt uns den Kollektorkreis. Die überflüssige Hochfrequenz wird über den Kondensator C4 zur Erde abgeleitet. Die verstärkte Niederfrequenz kann hier nicht abfliessen, da C4 einen zu kleinen Wert hat. Mit einem Kopfhörer kann sie in Töne umgewandelt werden, wenn dieser, wie aus dem Schema ersichtlich, angeschlossen wird.

Rückkopplung

Wie schon erwähnt, ermöglicht die Audionschaltung eine weitere beträchtliche Verstärkung durch die Rückkopplung, deren Verlauf aus Abbildung 1 ersichtlich ist. Da die verstärkten Schwingungen im Kollektorkreis durch die Spulenwindungen L2 gehen, wird ein Teil davon auf die Windungen von L1 zurückgekoppelt. Es leuchtet ein, dass sich dadurch eine

Verstärkung der an der Basis wirksamen Hochfrequenz ergibt, wodurch die im Schwingkreis auftretenden Verluste mehr oder weniger ausgeglichen werden.

Freilich darf dem Schwingkreis auf diese Weise nicht mehr Hochfrequenz zugeführt werden, als seine Verluste betragen. Ist das doch der Fall, so gibt der Kreis die zuviel zugeführte Energie wieder ab. Die Schaltung wird zum Sender, und die Energie strahlt durch die Antenne nach aussen ab, was in den umliegenden Empfangsapparaten ein störendes Pfeifen hervorruft. Man muss daher die vom Kollektorkreis übertragene Energie regulieren können, was durch den Potentiometer R2 geschieht.

Die Verstärker

Wie schon gesagt, bringen wir die beiden Verstärker in je einem besonderen Kästchen unter, um die Möglichkeit zu haben, je nach Stärke und Entfernung des zu hörenden Senders nur einen oder beide Verstärker anzuschliessen und vielleicht auch einen kleinen Lautsprecher zu verwenden, dem aber ein Ausgangstrafo vorgeschaltet werden muss.

Materialliste für Verstärker I

1 NF-Transistor OC 70

C1 Niedervolt-Elektrolytkondensator 5 MF

C2 Niedervolt-Elektrolytkondensator 25 MF

R1 Widerstand 50 k Ohm

R2 Widerstand 10 k Ohm

R3 Widerstand 3 k Ohm

7 Telephonbuchsen mit Lötösen

Schalt draht, Kupfer verzinkt

Sperrholz wie für das Audionkästchen.

Preis des Bausatzes Fr. 11.05

Das Schema des Verstärkers zeigt Abbildung 10. Die Anordnung der Bauteile und die Verdrahtung gehen aus Abbildung 11 hervor. Abbildung 12 zeigt das Kästchen mit der Deckplatte. Zuerst bringen wir die 7 Steckbuchsen mit Lötösen in der Deckplatte unter.

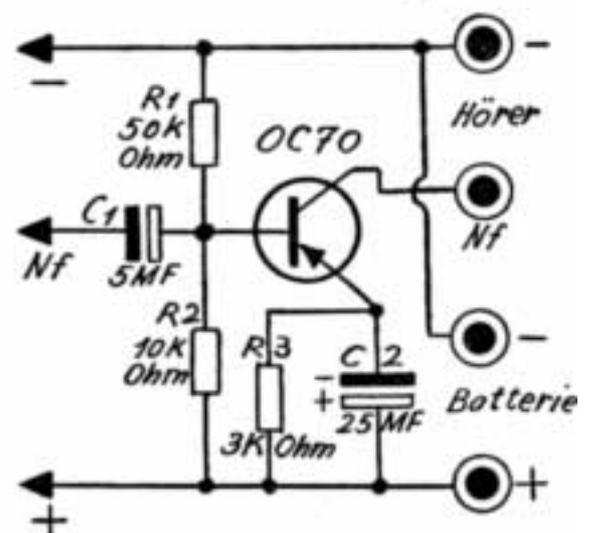


Abb. 10. Schema des Nf-Verstärkers I.

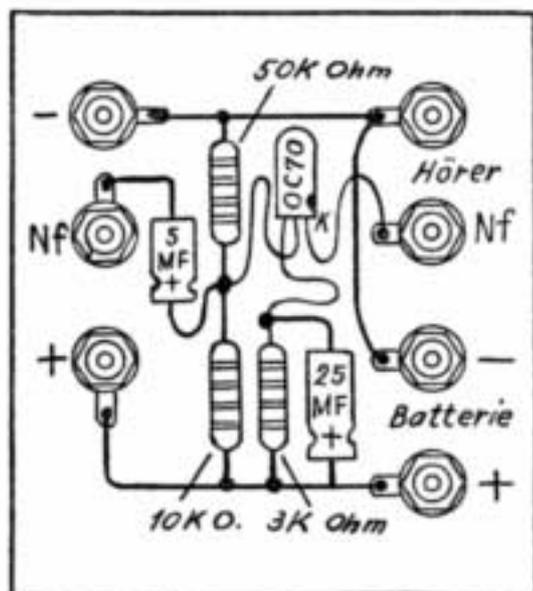


Abb. 11. Verdrahtung der Teile des Nf-Verstärkers I.

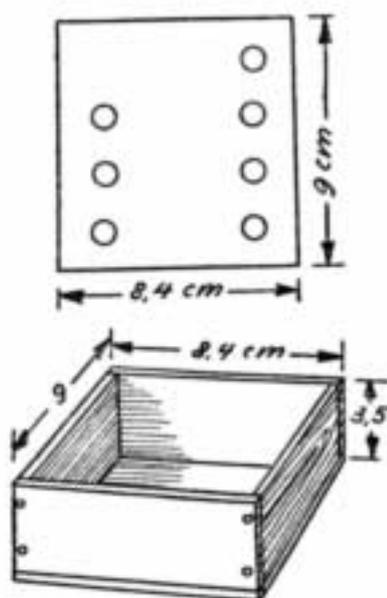


Abb. 12. Deckplatte und Kästchen für den Verstärker.

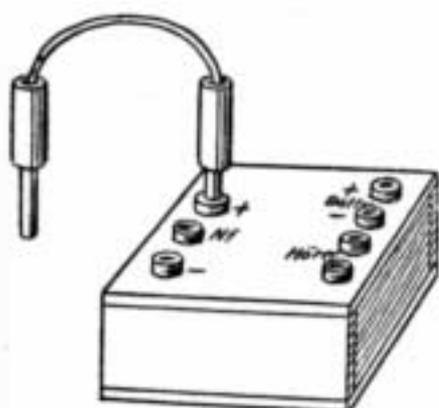


Abb. 13. Verstärkerkästchen mit einem Kabel.

Dann verbinden wir die beiden obersten Buchsen mit Schaltdraht, hierauf die beiden untersten und können nun die einzelnen Teile nach Abbildung 11 leicht einlöten. Auch hier kürzen wir die Anschlussdrähtchen des Transistors nicht, sondern formen sie zu Schlingen und lassen beim Löten die schon beschriebene Vorsicht walten. Die beiden Elektrolytkondensatoren müssen polrichtig eingesetzt werden.

Mit dem Audion und dem Verstärker II, bzw. mit Batterie und Kopfhörer, erfolgt die Verbindung mit kurzen Litzenkabeln, deren Enden mit Bananensteckern versehen werden. Die Abbildung 13 zeigt ein solches Kabel.

Zur Schilderung der Arbeitsweise unseres Verstärkers können wir uns kurz fassen. Sehen wir uns Abbildung 14 an. Über den Elektrolytkondensator C1 wird der vom Audion herkommende niederfrequente Wechselstrom der Basis des Transistors zugeführt. Der Kondensator, der nur Wechselstrom durchlässt, ist notwendig, um dem Gleichstrom der Batterie den Weg zu sperren. Umgekehrt sperren hohe Widerstände Wechselströme viel stärker als Gleichströme, so dass der vom Audion kommende Wechselstrom nicht über die Widerstände R1 und R2 abfließen kann. Diese beiden Widerstände, von denen der obere 50 k Ohm, der untere 10 k Ohm aufweist, also ein Wertverhältnis von 5:1, dienen als sogenannter Spannungsteiler. Auf beiden zusammen liegt die Batteriespannung von 6 Volt, während an den Anschlüssen des unteren Widerstandes R2 nur eine Spannung von 1 Volt herrscht. Diese geringere Spannung brauchen wir für den schwachen Basisstrom.

Wie die dem Basisstrom aufgeprägte Niederfrequenz den Kollektorstrom steuert, haben wir bereits erfahren. Die Schwankungen des Kollektorstroms sind im Kopfhörer, der, wie in den Bildern angegeben, angeschlossen wird, zu vernehmen.

Im Kollektorkreis liegt noch der Widerstand R_3 , der zur Emitter-Gegenkopplung dient und mit dem Elektrolytkondensator C_2 für den Durchlass des niederfrequenten Wechselstroms überbrückt wird.

Verstärker II

Der Verstärker II wird wie Verstärker I gebaut, nur dass beim Eingang noch ein Widerstand, R_4 , eingebaut wird, der dem Wechselstrom den Weg versperrt. Ferner findet der etwas leistungsfähigere Transistor OC 71 Verwendung. Abbildung 15 zeigt das Schema, Abbildung 16 die Verdrahtung. Preis des Bausatzes für Verstärker II Fr. 12.15.

Die vom Verstärker I herkommende verstärkte Niederfrequenz muss durch den Kondensator C_3 zur Basis des Transistors OC 71, wo die schon geschilderte Verstärkung erfolgt. Wir finden auch hier den Spannungsteiler für den Basisstrom in Gestalt der

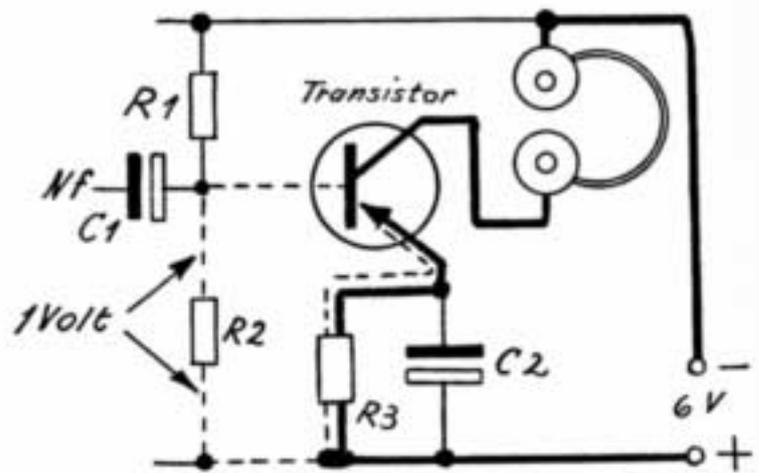


Abb. 14. Verstärkerschema.
Gestrichelte Linien = Basisstrom, dickausgezogene Linien = Kollektorstrom.

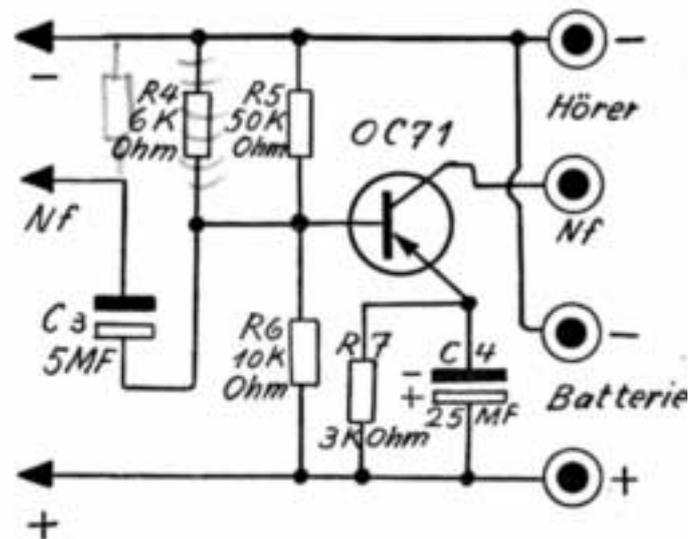


Abb. 15. Schema des Nf-Verstärkers II.

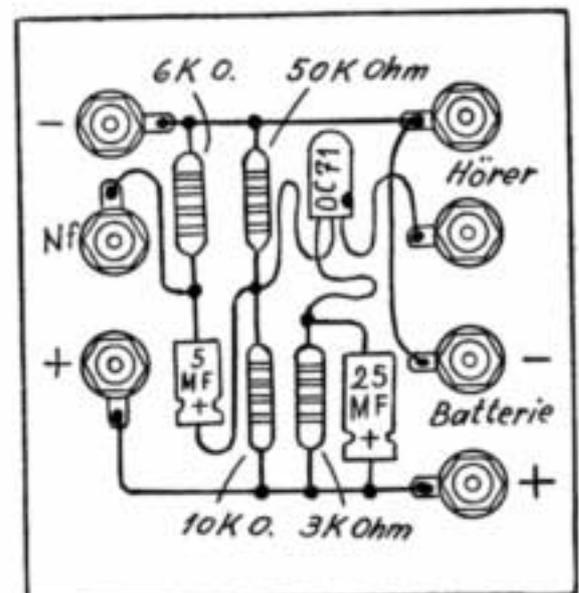


Abb. 16. Verdrahtung der Teile des Nf-Verstärkers II.

beiden Widerstände R5 und R6 und die Emitter-Gegenkopplung R7 und C4.

Die Stromquelle

Als Stromquelle genügt schon eine Taschenlampenbatterie von 4,5 Volt. Bequem ist es, die Batterie in einem besonderen kleinen Kästchen unterzubringen, dessen Deckel wir mit zwei Buchsen versehen. An den

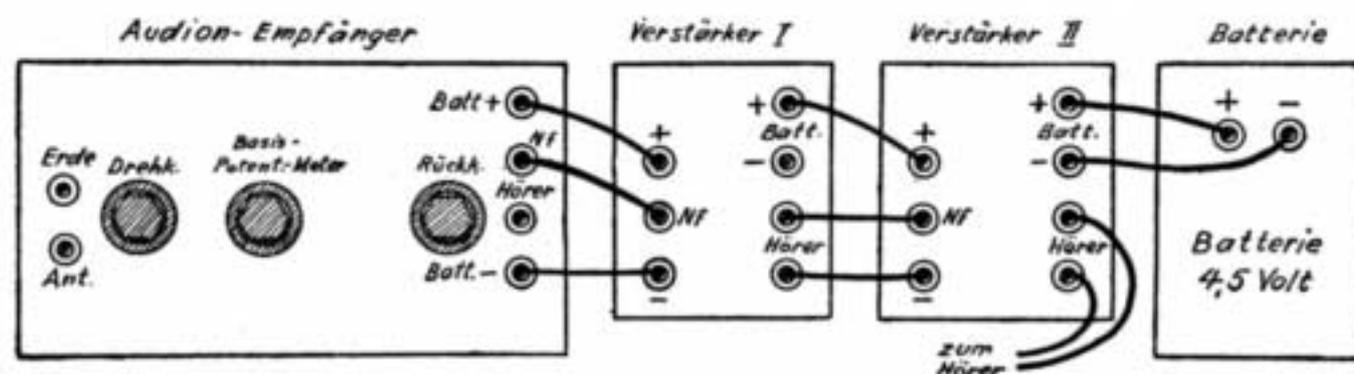


Abb. 17. So wird das Audion mit den Verstärkern und der Batterie durch kurze Kabel verbunden.

beiden Messingblechstreifen der Batterie schrauben wir Batterieklemmen fest und verbinden sie durch kurze Drahtstücke mit den Buchsen.

Eine Betriebsspannung von 6 Volt erhöht die Lautstärke ein wenig. Eine weitere Erhöhung der Spannung ist nicht ratsam, zumal die Niedervolt-Elektrolytkondensatoren nur für eine beschränkte Voltzahl, die auf ihnen vermerkt ist, verwendet werden dürfen.

Wie das Audion durch kurze Kabel mit den beiden Verstärkern und der Batterie zu verbinden ist, geht aus Abbildung 17 hervor. Wird nur Verstärker 1 verwendet, so schaltet man die Batterie und den Kopfhörer an die betreffenden Buchsen dieses Verstärkers. Das Audion allein gibt nur in Sendernähe genügend Lautstärke.

Wie das Audion getrimmt und bedient wird

Zum voraus sei gesagt, dass sich unser Audionempfänger nicht so einfach einstellen lässt wie ein Detektor, denn er ist weitaus empfindlicher, und es gehört schon einiges Fingerspitzengefühl dazu, das Maximum an Lautstärke und Klangreinheit herauszuholen.

Haben wir Audion, Verstärker und Batterie zusammenschaltet, so drehen wir zuerst die Knöpfe des Potentiometers R1 und der Rückkopplung ganz nach rechts, also im Sinne des Uhrzeigers. Schliessen wir jetzt den Kopfhörer an, so hören wir ein leises Knacken. Beim Durchdrehen des Drehkondensators dürfte nun eine nahe Station hörbar sein, die wir möglichst genau einstellen.

Nun machen wir am Knopf der Rückkopplung eine Vierteldrehung nach links und drehen den Potentiometer ganz langsam im gleichen Richtungssinn. Dabei nimmt die Lautstärke zu, bis ein Punkt erreicht wird, an dem die Wiedergabe verzerrt wird und beim Weiterdrehen völlig verschwindet. Der Empfang lässt sich aber durch langsames Weiterdrehen der Rückkopplung wieder einholen. Durch das Ausprobieren verschiedener Stellungen von R1 und R2 lässt sich bald der beste Arbeitspunkt für den Potentiometer R1 finden. Er sollte ungefähr im ersten Viertel der Drehbewegung von rechts nach links (entgegengesetzter Sinn des Uhrzeigers) liegen, und die Rückkopplung muss beim Drehen möglichst «weich» einsetzen. Hören wir ein störendes Pfeifen, so ist die Rückkopplung zu stark eingestellt, und wir müssen den Knopf sofort zurückdrehen.

Ist der Potentiometer R1 einmal auf den besten Arbeitspunkt richtig eingestellt, so brauchen wir seine Stellung in Zukunft nicht mehr zu verändern. Man kann deshalb an Stelle eines Potentiometers mit Achse und Knopf auch einen billigeren Trimmer-Potentiometer verwenden, der mit Hilfe eines Schraubenziehers im Innern des Kästchens eingestellt werden muss. Für Versuche ist aber ein gewöhnlicher Potentiometer, der sich auf der Deckplatte bedienen lässt, eher zu empfehlen.