

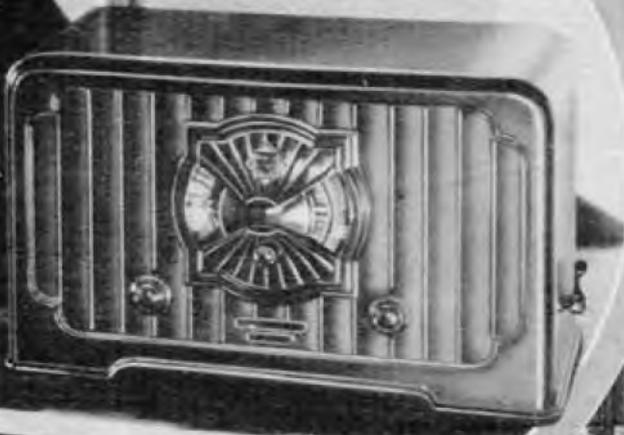
FUNKSCHAU

MÜNCHEN, DEN 8.11.31

MONATLICH RM. -60

Nr. 45

DAS GEHÄUSE DER BEHAUSUNG



Die Techniker haben standardisiert. Ein-Kreis, Zwei-Kreis, Drei-Kreis. Zwei Röhren, drei Röhren, vier Röhren. Das sind die inneren Werte. Von außen sind sie nicht mehr sichtbar. Sie krochen in einen gemeinsamen Kasten. Mit hinein schlüpfen die Netzteile, eventuell

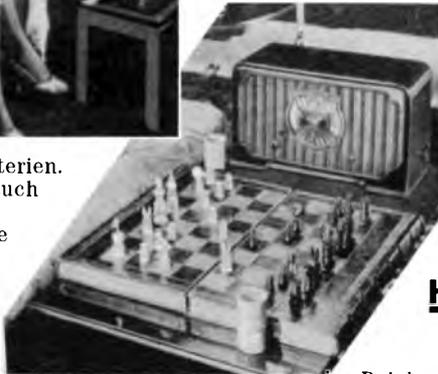
Phot. Telefunken,
Siemens



DER ARCHITEKT HAT DAS WORT

sogar auch die Batterien. Und am liebsten auch die Lautsprecher

Nun hat man die „Station“ bei einander und kann damit leicht



Hier stehen wir mit der ultrakurzen Welle



Bei der Untersuchung der Wellen unter 10 m, den sogenannten Ultra-Kurzwellen, hat man die bekannte interessante Feststellung gemacht, daß diese Wellen stark optischen Gesetzen folgen, und daß eine Spiegelung an der Heavisideschicht bei den Ultra-Kurzwellen nicht auftritt. Der Einsatz der Ultra-Kurzwellen, gleichgültig für welche Nachrichten-Übermittlung, kommt also nur in Frage, solange tatsächlich optische Sicht vorhanden ist; falls man an die Heranziehung der Ultra-Kurzwellen für das Fernsehen denkt, würde aus dem Fernsehen demnach ein Nahsehen werden.

Wenn sich die Hochfrequenztechniker heute stark mit der Untersuchung der Eignung der Ultra-Kurzwellen für das Fernsehen befassen, so ist damit nicht gesagt, daß sie an eine Verwirklichung des Fernsehens in kurzer Zeit glauben, sie wollen nur den Nachweis erbringen, daß von ihrer Seite aus die Grundlagen der Ausstrahlung und des Empfangs solcher Wellen auf befriedigende Entfernungen auch in der Praxis gelöst sind, damit man dann andererseits die noch erheblich größeren sowohl auf optischem als auf mechanischem Gebiet liegenden Schwierigkeiten erkennen und sich um ihre Beseitigung kümmern kann.

Die Ultra-Kurzwellen sind einzuteilen in drei Gruppen; die erste umfaßt den Bereich zwischen 5 und 9 m. Für die Nachrichten-Übermittlung sind diese Wellen zurzeit am besten geeignet. Eine Bindung in der Energie besteht heute kaum mehr. Man kann Wasserkühlröhren einsetzen und so auf Leistungen von 10 bis 20 kW kommen. Eine weitere Leistungssteigerung kommt zunächst nicht in Frage, da diese Energien ohne weiteres ausreichend sind, um die von anderen Voraussetzungen abhängigen größtmöglichen Entfernungen einwandfrei zu überbrücken.

Beim Empfängerbau liegen die Verhältnisse zurzeit noch etwas schwieriger, da man vom Sender, wenn man normale Empfangsschaltungen voraussetzt, eine außerordentlich große Konstanz verlangen muß.

Die Verwendung der Quarzsteuerung beim Sender empfiehlt sich nicht, da man mit Quarz allenfalls noch eine zwischen 20 und 40 m liegende Welle direkt stabilisieren kann, bei noch kürzeren Wellen aber auf Frequenzvervielfachung angewiesen sei, was zu verhältnismäßig großen und teuren Senderaufbauten führt. Man hat aber ein neues Steuer-Kristall entdeckt und zwar das Turmalin. Mit diesem Kristall ist die direkte Stabilisierung von Wellen bis herunter zu 3 m möglich; auf dem Bereich von 5 bis 9 m läßt sich eine Röhrenleistung von 5 Watt unmittelbar steuern.

Da man auf eine gute Ausnutzung der Energie Wert legen muß, empfiehlt sich bei den

werden, wie sie das Telephon endlich gefunden hat, nachdem es sich auch durch allerhand Mode- und Stilformen ihm fremder Art durchqualen mußte, ja die müssen eben noch warten, oder besser mitarbeiten und sie sich selber schaffen. - rt -

Professor Dr. Esau, Jena, der führende Fachmann auf dem Gebiet der ultrakurzen Wellen, hielt kürzlich in München einen Vortrag über sein Spezialgebiet. Aus dem hier folgenden Referat werden unsere Leser einen umfassenden Überblick von authentischer Seite über den heutigen Stand der Ultrakurzwellentechnik erhalten.

Antennen-Systemen die Anwendung von Reflektoren, und zwar muß man zur Reflexion richtiggehende Parabolspiegel verwenden.

Eine größere Verbreitung konnten die Spiegel auf diesen Wellen allerdings noch nicht finden, da sie doch noch relativ große Dimensionen annehmen, bei einer Sendewelle von 9 m z. B. müßte die Spiegelöffnung immerhin noch einen Durchmesser von 9 m haben.

Mit den Wellen zwischen 3 und 4 m hat man vor allen Dingen große Erfolge in der Medizin erzielt. Eine Reihe von Fällen wurde schon mit erstaunlichem Erfolge behandelt. Alle Erkrankungen, die auf Strepto-Kokken zurückzuführen sind, Geschwüre, Karbunkel usw. ließen sich mit diesen Ultra-Kurzwellen sehr erfolgreich behandeln. Steife Gelenke sind bereits in Hunderten von Fällen, wenn eine andere Therapie versagte, erfolgreich behandelt worden. Über die Behandlung des Krebses laufen zurzeit interessante Versuche. Die Tuberkulose ist ebenfalls schon mit gutem Erfolg behandelt worden und selbst die Paralyse kann nun direkt behandelt werden.

Bei noch kürzeren Wellen in der Größenordnung von etwa 1 m sind die Ausbreitungs-Bedingungen annähernd die gleichen wie bei dem bisher besprochenen Wellenband, wenn die eine Bedingung erfüllt ist; Optische Sicht. Man hat sogar festgestellt, daß, soweit es sich um die Verwendung zur drahtlosen Nachrichten-Übermittlung handelt, bei etwa 3 m die Absorptionserscheinungen stärker sind als bei Wellen von etwa 1 m. Es ist auf einer Welle von etwa 1 m Länge möglich gewesen mit 2 Röhren in Gentakt auf eine Leistung von 1 Watt zu kommen und so 100 km mit Telephonie zu überbrücken.

Bei diesen Wellen befindet man sich auch auf dem klassischen Boden für Spiegelung, da hier der günstigste Durchmesser des Reflektors nur noch 6 m beträgt und also auch mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln noch herzustellen

von Zimmer zu Zimmer ziehen, hinaus auf Balkon und Veranda, oder auch in den Garten. Unser moderner Radio-Apparat ist keine komplizierte Anlage mehr aus vielen Teilen, aneinander gehängt mit einem System von Kabeln und Drähten. Nach außen hin ist er überhaupt kein Apparat mehr. Er ist ein Gebrauchsmöbel geworden.

So kam er aus der Hand des Ingenieurs in die Hand des Architekten. Der hat ihn „schön“ gemacht, salonfähig. Fast zu salonfähig, nachdem wir doch eigentlich den Salon bereits aus unserer Wohnung hinausgeworfen haben. Jedenfalls hat ihn der Architekt zur Geschmacksache gemacht, über die sich bekanntlich nicht mehr streiten läßt. Und über den Ankauf kann, nachdem sich die inneren Werte und die Preise der einzelnen Fabrikate einander angeglichen haben, frei und eigenwillig der Geschmack entscheiden.

Übrigens gar nicht so leicht die Aufgabe, die sich damit dem Architekten stellte. Eine Universallösung ist gar nicht mehr denkbar. Und darum hat sich auch jeder Radiokasten-Architekt etwas anderes als Richttraum seiner Pläne vorgestellt. Der dachte ihn sich neben dem Schmuckstück der Wohnung, einer herrlichen Plastik. Er soll sie nicht stören, sich ihr anpassen und doch neben ihr bestehen. Der denkt ihn auf dem Schreibtisch, als einen Gebrauchsgegenstand wie das Telephon, Nachrichten gebend, Kurse mitteilend. Der stimmt ihn ab oder bringt ihn in Kontrast zu einer blonden Frau. Jener zu einer schwarzen. Der will sachlich einfach sein. Jener prunkvoll. Kurzum eine Fülle von Gedanken weiß so ein Schaufenster eines Radiohändlers zu erzählen. Bitte, Sie brauchen nur zu wählen, was Ihnen paßt. . .

Die meisten werden es finden. Nur die, die sich einbilden, daß der Radio-Apparat keine Ziertruhe und kein Zierschränken sei, sondern ein Zweckmäßigkeitssinstrument, die da meinen, es müsse ebenso eine reine und gerade darum schöne spezifische Zweckform gefunden

ist. Die Schärfe des gerichteten Strahles ist natürlich nicht so gut wie die eines optischen Strahles. Sie ist aber sehr befriedigend, bei Versuchen hat sie nur ± 2 Grad betragen.

Die hauptsächlichlichen Versuche wurden durchgeführt auf einer Welle von 1,34 m, man hofft in absehbarer Zeit auch diese Wellen direkt mit Turmalin stabilisieren zu können.

Wenn die maximal überbrückbaren Entfernungen mit Ultra-Kurzwellen auch klein sind, so denkt man doch heute schon daran, Ultra-Kurzwellen auch über größere Entfernungen einzusetzen, und zwar durch Schaffung der sogenannten „drahtlosen Kabel“, die ihren Namen daher bekamen, daß man ähnlich wie beim modernen Kabel, bei dem in regelmäßigen Abständen eine Zwischenverstärkung vorgenom-

men wird, hier in ebenso regelmäßigen Abständen die Ultra-Kurzwellen empfängt und sie durch einen Sender wieder weitergibt zur nächsten Vermittlungsstelle.

Bei Versuchen mit noch kürzeren Wellen steigen die Schwierigkeiten enorm. Bekannt ist der gelungene Versuch einer Verbindung zwischen Dover und Calais mit einer Welle von 18 cm¹⁾; man ist jedoch bei solchen Wellen derart von den Röhren abhängig und die Konstanz der Wellen wiederum hängt in solch hohem Maße auch von den Spannungen und von dem Gasdruck in der Röhre ab, daß sich einigermaßen konstante Verhältnisse überhaupt noch nicht schaffen lassen. *St.*

¹⁾ Vergl. „Funkschau“ Nr. 17.

EDISON

UND DIE RADIO-TECHNIK

Man ist in breiten Kreisen der Meinung, Edison hätte gradenwegs „die Elektrizität erfunden“. Seit Jahrzehnten sieht man den technischen Fortschritt in erster Linie als ein unaufhaltsames Vordringen der Elektrotechnik an. Der große Tote kann jedoch nicht bloß von der Elektrotechnik in Anspruch genommen werden, sondern die Technik im weitesten Sinne ist sein Arbeitsfeld gewesen. Gerade in der Radiotechnik ist er merkwürdig untätig geblieben. Allerdings hat er schon kurz nach Erfindung der Glühlampe eine Entdeckung gemacht, die zur Grundlage der ganzen Kathodenröhrentechnik geworden ist: den Edison-Effekt, der wie auch das Mikrophon, die Glühlampe und manches andere von Edison nicht ohne Vorgang gewesen ist. Entdeckt hat Edison diesen „Effekt“ im Jahre 1884 an einer Glühlampe, die er gegenüber dem Glühfaden mit einer zweiten unabhängigen Elektrode versah. Er wollte wissen, ob das Vakuum für die von ihm in der Glühlampentechnik benutzten Spannungen (110 Volt) wohl leitend sei und legte an die Fassung, also den Glühfaden, den positiven Pol einer 80- bis 100-voltigen Stromquelle, deren negativer Pol mit der zweiten Elektrode verbunden wurde. Ein zwischengeschaltetes Meßinstrument gab keinen Strom an, wenn die Lampe kalt war. Sowie jedoch der Lampenfaden glühte, fand sich ein Strom im Meßkreise vor, der der Richtung der Stromquelle entgegengesetzt war. Die Erscheinung blieb lange rätselhaft. Elektrizitätsforschung und Elektrotechnik rauschten mit starken Flügelschlägen darüber hinweg, und man dachte lange nicht mehr an den Edison-Effekt.

Später hat man dann gelernt, daß das Glühen des Fadens die freien Elektronen im Faden lockert, so daß sie unter der Einwirkung des angelegten elektrischen Batteriefeldes vom Faden zur freien Elektrode hinüberfliegen, was ja nichts anderes bedeutet als einen Strom im Meßkreise. In unsern Radioröhren benutzen wir nicht allein diese Glühelktronen, sondern unterstützen den Vorgang der Elektronenemission durch Oxydierung der Glühkathode. Edison hat diese Erscheinung für Radiozwecke nicht benutzt — auch später nicht. Und dennoch hat der ganze Komplex seiner Erfindungen um Telegraphie, Telephonie, Kohlemikrophon, den Phonographen und den Film mit dem Radio enge Beziehungen. Denn die moderne Übertragungstechnik und der Klangfilm wären ohne Edisons Leistung gar nicht möglich.

Was er die Radiotechnik aber besonders gelehrt hat, ist die Art, wie man erfindet und entwickelt. Edison ist der erste moderne Erfinder gewesen. Nicht ein verträumter Grubler mit viel sentimentaler Romantik, gleich einem Dichter, sondern ein Mann, der seine Erfindungsgabe regulär organisiert hat. Sein Kopf war so



Thomas A. Edison ist am 18. Okt. gestorben.

Die Technik hat mit ihm einen Mann verloren von so überragender Genialität, wie sie nur alle paar Menschenalter einmal vorkommt.

Phot. New York Times.

voller Ideen, daß er stets Dutzende Helfer notwendig hatte, die seine Gedanken ausführen mußten, und dabei genau nach seinen Anweisungen arbeiteten. Schon Anfang 1880 hatte er rund 100 Leute, die er in einem Maße einspannte, wie wir das für ganz unmöglich halten. Es ist bekannt, daß Edison in bezug auf sein Schlafbedürfnis ein physiologisches Phänomen war. Er brauchte am Tage vielleicht 3 bis zuletzt etwa 4 Stunden Schlaf, wohingegen sein Arbeitstag früher fast 20 Stunden, zuletzt immer noch etwa 16 betrug. Auch von seinen Mitarbeitern verlangte er ähnliche Leistungen und verstand nicht, wie viele das nicht aushalten konnten. *Felix Linke.*

Das Lichtelement, der Konkurrent der Photozelle

Wir haben neulich an dieser Stelle davon berichtet, daß man durch Versuche ermittelt hat, daß Oxydgleichrichter, wie wir sie kennen, von den sogenannten Trockengleichrichtern für Ladezwecke her, bei auffallendem Licht elektrische Ströme abzugeben in der Lage sind. Die bekannte ungarische Radioröhrenfabrik Tungsram bringt ein nach ähnlichen Grundlagern konstruiertes Lichtelement bereits in den Handel. Sie hofft, damit die Photozelle, die

beim Fernsehen und vor allem beim Tonfilm eine so große Rolle spielt, zu verdrängen.

Worauf gründet sich diese Hoffnung? Zunächst darauf, daß das Lichtelement einfacher und bequemer zu handhaben ist, als eine Photozelle. Statt eines zerbrechlichen Glaskolbens, wie ihn die Photozelle besitzt, finden wir jetzt eine massive Metallkapsel von einigen Zentimetern Durchmesser, die ein rundes Loch vorne besitzt, durch welches das Licht einfallen soll, und zwei Anschlußschrauben für die Ableitung der erzeugten Ströme rückwärts. In der Kapsel befindet sich eine Metallplatte, die mit der halbleitenden lichtempfindlichen Schicht überzogen ist. Darauf ruht die zweite, die vordere Metallelektrode.

Wir sagten vorhin, daß ein Strom „erzeugt“ wird. Das ist richtig deshalb, weil in dem Lichtelement tatsächlich die auffallende Lichtenergie unmittelbar in elektrische Energie umgewandelt wird. Wir haben es nicht mit einer Ventilwirkung zu tun, wie mehr oder weniger bei der Photozelle, die bekanntlich zu ihrem Betrieb eine sogenannte Vorspannung braucht, also eine Stromquelle, die dauernd an den beiden Polen der Zelle liegt. Das Lichtelement kann auf eine Vorspannung verzichten, ein ganz großer Vorteil, wenn man bedenkt, daß damit die großen Schwierigkeiten wegfallen, die heute bei Tonfilmapparaturen noch darin bestehen, daß der Wechselstrom, der meist zur Erzeugung der Vorspannung dient, peinlichst gesäubert sein muß, um durch die große nachfolgende Verstärkung nicht zu einem dauernden Brummen im Lautsprecher Anlaß zu geben.

Übrigens kann das Element auch mit einer Vorspannung betrieben werden, wodurch seine Leistungsfähigkeit innerhalb gewisser Grenzen noch gesteigert wird.

Die Stromausbeute bei dem Lichtelement soll mehr als zehnmal so groß sein wie bei einer Photozelle, d. h., wenn gleichviel Licht auf eine Photozelle und auf ein Lichtelement fällt, so brauchen wir für gleiche Lautstärke der Tonfilmwiedergabe beim Lichtelement nur ein Zehntel der Verstärkung; wir können also eine Verstärkerstufe weglassen, zumal sich die Zusammenschaltung des Lichtelements mit dem nachfolgenden Verstärker dadurch sehr wirksam gestalten läßt, daß der Widerstand des Lichtelementes niedrig ist; er beträgt nur einige tausend Ohm etwa, liegt also in einem Gebiet, das sich mit den üblichen Niederfrequenztransformatoren sehr gut bearbeiten läßt. Die Photozelle, wie wir sie heute benutzen, hat bedeutend höheren Widerstand.

Auch die Voraussetzung für eine weitgehende praktische Anwendung, daß Lichtstärke und abgegebener Strom in einem gleichmäßigen Verhältnis zueinander stehen, ist erfüllt, d. h., daß bei doppelter Lichtstärke auch der Strom doppelt so stark wird. Daß das Lichtelement gegen Temperaturschwankungen sehr unempfindlich ist, erscheint ebenso als unumgängliche Notwendigkeit, wenn man den auch in dieser Hinsicht rauhen Betrieb in Tonfilm-Vorführräumen kennt.

Über die Lebensdauer der Lichtelemente scheinen Erfahrungen noch nicht vorzuliegen. *keu.*

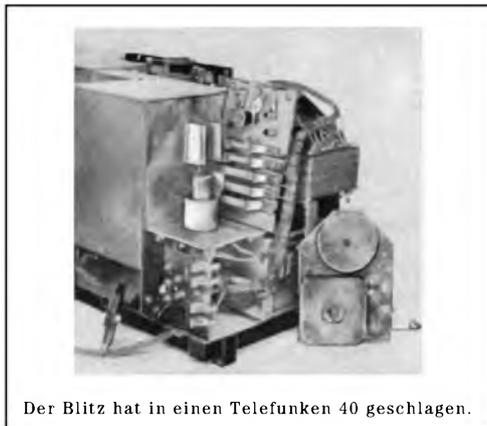


Das neue Lichtelement, vorne die Öffnung für Lichteinfall, rückwärts die Anschlußklemmen.

das Gedächtnis anzustrengen oder ohne Zu-
hilfenahme des Ersatzgedächtnisses sofort zu
erkennen vermag, daß eine neu gefundene Sta-
tion z. B. zwischen Mühlacker und Straßburg
liegt und folglich nur London, Graz oder Bar-
celona sein kann. Es kommt hinzu, daß das
Befestigen der Schildchen gar keine Mühe
macht, weil man nach dem Abnehmen der
Kappe nur den Haken an dem einen Ende des
betreffenden Schildchens in einen der beiden
dafür vorgesehenen halbkreisförmigen Schlitze
der Scheibe einzuhaken und dann das Schild-
chen anzudrücken hat, wobei sich das federnd
ausgebildete andere Ende des Schildchens am
Scheibenrand festklemmt; zum Schluß ist led-
iglich das Schildchen zurechtzurücken und
die Kappe wieder aufzusetzen.

Mit den Stationsschildchen wird sich also
jeder schnell befreunden. Dagegen dürfte der
Umstand, daß bei der Auto-Skala den größeren
Zahlen nicht wie bisher gebräuchlich die län-
geren Wellen, sondern die höheren Frequenzen
entsprechen — wie beim Telefunken 40 —,
denjenigen Funkfreunden, die schon andere
Empfänger besaßen, einige Anfangsschwierig-
keiten bereiten, weil sie von jenen Empfängern
gewöhnlich sind, daß mit den Zahlen der Teilung
die Wellenlänge der Stationen zunimmt. Hat
man aber erst einige Stationsschildchen ange-
bracht, so findet man sich dann leicht zurecht.
Außer dem schon erwähnten Drehknopf zur
Einstellung der Auto-Skala, dessen Welle übri-
gens unter der Achse der Teilungsscheibe durch
einen Ausschnitt in ihr hindurchgeführt ist und
dann hinter der Scheibe mit einem Friktions-
rädchen an ihr angreift, finden wir unter der
Auto-Skala noch zwei Stellhebelchen, die eben-
falls zur Wellenlängen-Einstellung gehören. Mit
der Achse der Scheibe zur Auto-Skala werden
nämlich sämtliche Rotoren von vier Drehkon-
densatoren gedreht. Dagegen sind mit dem
oberen Stellhebel der Stator eines und mit dem
unteren die Statoren von zwei jener vier Dreh-
kondensatoren zu verstellen.

Dies bedarf näherer Erläuterung. Nach sei-
ner Typenbezeichnung ist der Telefunken 340W
ein Dreikreis-Empfänger mit vier Röhren, wo-
bei das Wort Dreikreis besagen will, daß drei
abgestimmte Hochfrequenz-Kreise vorhanden
sind, von denen natürlich einer dem Audion
zugehört. In jedem abstimmbaren Hochfre-
quenzkreise haben wir außer der Röhre eine
Spule und einen Drehkondensator, so daß hier



Der Blitz hat in einen Telefunken 40 geschlagen.

der man jetzt reumütig zurückkehrt, weil sich
nämlich herausstellt, daß mit ihr eine wesent-
liche Erhöhung der Trennschärfe und zugleich
eine nicht unbedeutliche Verbesserung der
Reichweite erzielt werden kann.

Dabei ist besonders die Tatsache wichtig,
daß der abstimmbare Antennenkreis und der
abstimmbare Gitterkreis vor der ersten Röhre
zwei unmittelbar aufeinander folgende Schwin-
gungskreise sind, bei denen nicht nur die gegen-
seitige Kopplung nach Belieben loser oder fester
zu machen ist, sondern zugleich auch der eine
mehr oder minder gegen den andern — näm-
lich durch die Stellhebel — verstimmbar werden
kann. Wird die Verstimmung ziemlich klein
und die Kopplung ziemlich lose gemacht, so
tritt die bekannte Bandfilter-Wirkung ein;
beide Schwingungskreise ergänzen einander
dann zu einer Siebkette, die nur ein schmales
und ziemlich scharf begrenztes Wellenband
durchläßt. Durch die Wahl der Kopplung und
die Wahl der gegenseitigen Verstimmung hat
man die Schärfe der Begrenzung und die Band-
breite in der Hand.

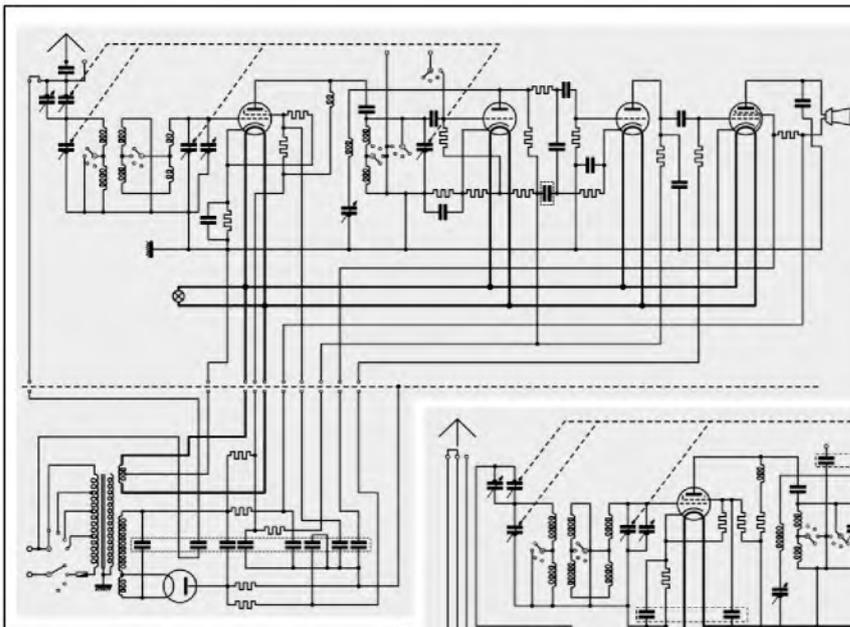
Ein Nachteil ist nur der, daß man in jedem
Falle für die gerade aufzunehmende Station
erst die günstigsten Verhältnisse ausprobieren
muß, bei der beides, Trennschärfe und Tonqua-
lität befriedigen. Wenn es sich darum handelt,
eine starke oder eine nahe Station herauszu-
holen, macht das keine Schwierigkeiten. Geht
man dagegen auf eine schwache und entfernte
Station aus, die in der Wellenlänge von starken
und nahen Stationen eingerahmt wird, so hat

man immerhin einige Zeit zu tun, bis man für
den Drehknopf der Auto-Skala, den Drehknopf
der Kopplung und die beiden Stellhebel gerade
die Einstellung erwirkt hat, bei der das Unge-
wünschte hinreichend zurückgedrängt ist und
die betreffende gewünschte Station für sich laut,
störungsfrei und klar vorherrscht. Es kommt
hinzu, daß auch der Rückkopplung Beachtung
geschenkt werden muß, insofern sie nämlich
ganz unerwartet das Audion ins Schwingen
bringen kann, sobald man die Antennen-Kopp-
lung verringert oder die Stellhebel verschiebt.
Andererseits gelangt man auf diesem Wege am
schnellsten zu der richtigen Einstellung der
Stellhebel, die stets da liegt, wo die Schwingun-
gen einsetzen.

Die Antennen-Kopplung wird mit dem lin-
ken und die Rückkopplung mit dem rechten
Drehknopf betätigt. Zum Einschalten des gan-
zen Gerätes und zum Umschalten der beiden
Wellenlängen-Bereiche (200 bis 600 und 1000
bis 2000 m) oder für die Schallplatten-Wieder-
gabe dient der eigenartig geformte Schalthebel
an der einen Seite des Gehäuses.

Sehen wir uns nun die Rückseite des Emp-
fängers an. Auf der Verschlußplatte, die sie
bedeckt, befindet sich eine vollständige Gebra-
uchsanweisung in Bildern; ihr sind nur
wenige Worte hinzuzufügen. A 2 dient zum An-
schluß besonders kurzer Antennen oder, ge-
nauer gesagt, von Antennen mit geringer Erd-
kapazität. Soll die Netzleitung als Antenne die-
nen, so ist die Buchse A 1 mit der links da-
neben liegenden durch einen zu jedem Gerät
mitgelieferten Metallbügel zu verbinden. Durch
das viereckige Loch liest man ab, für welche
Netzspannung das Gerät eingestellt ist; liegt
eine andere Netzspannung vor, so darf der
Empfänger erst dann an dieses Netz ange-
schlossen werden, wenn zuvor durch einen Ein-
griff im Inneren des Gerätes dafür Sorge
getragen ist, daß hinter dem viereckigen Loch
die richtige Spannungszahl erscheint. Nehmen
wir jetzt die Verschlußplatte, die nur durch vier
Kordelschrauben gehalten wird, ab, so ent-
decken wir noch, daß das Kabel zur Netzlei-
tung an der Verschlußplatte befestigt ist und
dadurch mitsamt der Verschlußplatte vom
Empfänger entfernt werden muß, so daß die-
ser nach dem Öffnen auf jeden Fall stromlos
ist.

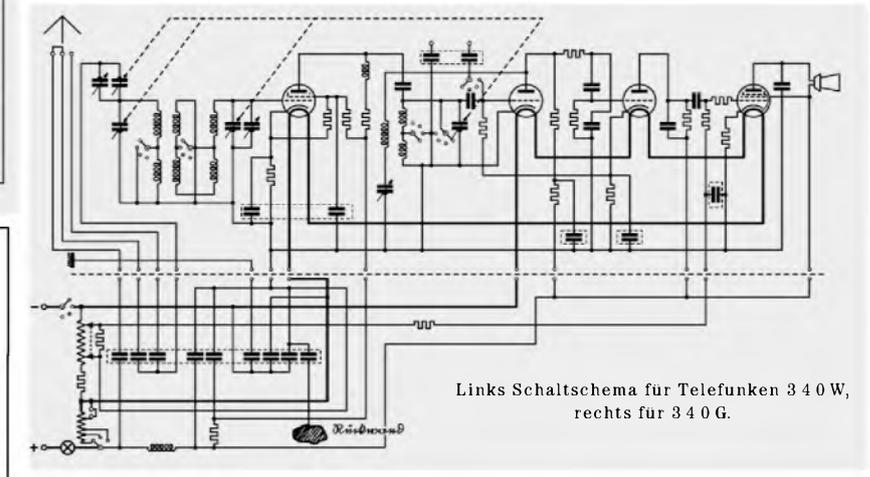
Am Chassis des Gerätes, das nun freiliegt,
finden wir rechts neben der Anschlußleiste eine
runde mit den Zahlen „220“, „150“, „125“ und
„110“ versehene Scheibe, die nach Lockern der



nach zunächst nur drei Drehkon-
densatoren erforderlich wären.
Der vierte Drehkondensator dient
zur Antennenabstimmung. Die
ältesten Rundfunkgeräte besaßen
alle eine solche Antennenab-
stimmung, von der man dann
mit der Zeit zwecks Vereinfachung
abgekommen ist und zu



Wirklich sehr
zweckmäßig,
diese
„Gebrauchs-
anweisung in
Bildern“ auf
der Rückseite
des Gerätes.



Links Schaltschema für Telefunken 340 W,
rechts für 340 G.

in ihrer Mitte befind-
lichen Schraube gedreht
werden kann, wodurch
dann eine andere Zahl
in die Stellung kommt,
daß sie durch das vier-
eckige Loch der Ver-
schlußplatte sichtbar
wird. Demnach ist diese
runde Scheibe die Um-
Schaltung für die ver-
schiedenen Netzspan-
nungen, von der oben
die Rede war. Es wird
aber Künstler geben, die
trotz des Hinweises auf
die Notwendigkeit der
Einstellung für die vor-
handene Netzspannung
das Gerät an ein Netz

mit höherer Wechselspannung oder sogar an ein Gleichstromnetz anschließen. Deswegen ist der Netztransformator, der sonst bei solchen Versehen durchbrennen würde, mit einer Sicherung ausgerüstet, die hier nicht in einer Patrone, sondern in einem Streifen besteht, der bei Überhitzung des Transformators — wir sehen ihn ganz rechts — an seiner linken Seite herauspringt und dann ersetzt werden muß. Das Bild zeigt nicht, daß sich vor jeder der Röhren auf dem Chassis ein Schildchen befindet, auf dem die Art der betreffenden Röhre angegeben ist.

Das eine Photo zeigt ganz deutlich, daß sich wirklich vier Drehkondensatoren auf der Achse der Einstellscheibe zur Auto-Skala befinden. Zwei von ihnen sind durch Zwischenwände gegeneinander und gegen die andern beiden, alle zusammen aber durch eine Haube abgeschirmt, die hier abgenommen ist. Wir finden noch rechts und links der Drehkondensatoren zwei weitere solcher Abschirmhauben auf der Oberseite des Chassis und schließlich eine vierte unter dem Chassis. Die an erster Stelle erwähnte Abschirmhaube — aus ihr kommt oben die Anodenleitung zur Schirmgitterröhre heraus — enthält ein eigenartiges dreikantiges Pappgestell, in das übereinander drei horizontal liegende und ganz oben eine vertikal stehende Spule eingeklemmt sind. Die nächste niedrigere und mehr längliche Haube birgt die verstellbare Antennen-Kopplung; sie umfaßt zweimal zwei Spulen, nämlich zwei für die kürzeren und zwei für die längeren Wellen. Die beiden Spulen in der Haube unter dem Chassis gehören zum zweiten Abstimmkreis.

Das Interessanteste auf der Unterseite des Empfängers ist jedoch der neue Schaltmechanismus, den der Telefunken 340 W aufweist. Üblicherweise bestehen solche Umschalter aus einem oder mehreren, dann meist miteinander gekuppelten, um Gelenke drehbaren Kontaktarmen oder Kontaktscheiben, die gegebenen Falles jede für sich mehrere Kontaktfedern aufweisen und mit diesen je nach der Schaltstellung diese oder jene feststehende Kontakte berühren. Hier wird nun aber derselbe Zweck in ganz anderer Weise erreicht. Auf einer langen Welle, die man beim Umschalten herumdrehet, befinden sich zwei Preßstücke mit nockenartigen Vorsprüngen.¹⁾ Andererseits sind am Isoliergestell eine Reihe Kontaktfedern befestigt, von denen jede sich über einem nicht federnden Gegenkontakt und unter einem der Nocken befindet. Jeder Nocken drückt nur während eines bestimmten Teiles der Drehung der Schaltwelle die zugehörige Kontaktfeder auf den nicht federnden Gegenkontakt, je nachdem, wie der betreffende Nocken an der Welle befestigt ist. Ist der Nocken in der Drehrichtung schmal, so dauert die Berührung nur während eines kurzen Teiles der Drehung an; wenn der Nocken dagegen breit ist, bleibt die Berührung länger bestehen.

Es kommt aber noch folgende Einrichtung hinzu: Die Schaltwelle trägt ein gezahntes Rädchen, in dessen Zahnung eine von einer starken Feder angepreßte Metallrolle eingreift. Dadurch kann man die Schaltwelle nicht gleichmäßig, sondern nur ruckweise um bestimmte Winkelbeträge vorwärts drehen und sie nimmt nach jedem derartigen Fortschalten eine neue ganz bestimmte Stellung ein. Bei jeder dieser Schaltstellungen drücken einzelne Nocken die zugehörigen federnden Kontakte auf ihre Gegenkontakte. Somit können beim Übergang von einer Schaltstellung zur nächsten beliebige Kontakte geöffnet oder geschlossen werden oder auch weiterhin geöffnet bzw. geschlossen bleiben; das hängt von der Anbringung und Form der Nocken ab. Der Vorteil dieses Schaltmechanismus¹⁾ ist nicht nur der, daß man durch Austauschen der Nocken oder Änderung ihrer Befestigung auf der Schaltwelle sowie durch Hinzunahme weiterer Nocken und weiterer Kontaktpaare die Reihenfolge und Zahl der einzelnen Schaltvorgänge beliebig zu variieren vermag, sondern vor allem der, daß hier die Kontakte nicht aufeinander streifen und daher

nicht abgenutzt werden. Unter diesen Umständen kann man, wie es hier geschehen ist, die Kontakte platinieren. Dann kann nie der Stromdurchgang an der Kontaktstelle durch Oxidhäutchen — Platin oxydiert ja bekanntlich nicht an der Luft — verhindert werden, eine Erscheinung, die sonst bei gewöhnlichen Kontakten sehr leicht eintritt, sobald nur niedrige Spannung zwischen den Kontakten liegt.

Der Telefunken 340 W kostet einschl. Röhren RM. 245.— und mit einer Schutzgitterendröhre RM. 7.— mehr. Die entsprechende Ausführung für Gleichstrom-Netzbetrieb 340 G stellt sich dagegen auf RM. 256.—, wozu für eine Schutzgitterendröhre noch RM. 5.— hinzukommen. Für den, der auf jeden Fall Übersteuerungen der Endröhre vermeiden will, und deshalb eine RE 604 als Endröhre vorzieht, steht eine Sonderausführung (341W) zu Gebote, deren Preis aber RM. 298.— beträgt. Soll auch die Felderregung für einen dynamischen Lautsprecher dem Empfänger entnommen werden, so kommen zum vorstehenden Preis noch RM. 8.50 hinzu. Über die Leistungen des Telefunken 340 W geben die beiden beigelegten Kurvenblätter Auskunft, in denen aber natürlich nur die Stationen verzeichnet sind, die einem sozusagen entgegengepurzelt kommen.

F. Gabriel.

Was ist ein Elektron?

Das Elektron ist das kleinste Teilchen der Elektrizität, so wie das Atom das kleinste Teilchen jeder Masse ist; man stellt sich das Elektron wenigstens so vor. Gesehen hat es noch niemand, man kennt nur seine Wirkungen und bildet sich daraus eine Vorstellung von ihm. Das Elektron ist aber noch viel, viel kleiner als das kleinste Atom, unvorstellbar klein. Es tummelt sich im Ruhezustand zwischen den Atomen herum, die ja eine Menge Platz zwischen sich haben, wie auch Platz zwischen den Planeten eines Sonnensystems ist.

Wenn Elektronen irgendwo haufenweise beisammen sind, so spricht man von einer „Ladung“, und zwar einer negativen Ladung. Man könnte sie ebensogut anders heißen, aber man hat sich einmal darauf geeinigt: Wo viele Elektronen zusammengeströmt sind, da ist negative Ladung vorhanden. Diese Elektronen, die da auf einem Fleck zusammengekommen sind, müssen aber wohl oder übel irgendwo hergekommen sein. Dort also fehlen sie jetzt; dort ist ein Mangel an Elektronen. Es ist immer, wenn an einer Stelle eine Anhäufung von Elektronen besteht, an entgegengesetzter Stelle ein Mangel an Elektronen vorhanden. Ein **al**lein gibt es nicht. Wenn man aber eine Anhäufung von Elektronen als negative Ladung bezeichnet, so kann man folgerichtig den Mangel an Elektronen als positive Ladung bezeichnen. Zu jeder negativen Ladung gehört also auch eine positive Ladung an entgegengesetzter Stelle.

Zwischen den beiden Ladungen besteht das Bestehen, sich gegenseitig „in die Arme zu fallen“; dieses Bestreben nennen wir (elektrische) Spannung. Unter dem Einfluß dieser Spannung besetzen die Elektronen auf der einen Seite in dem Augenblick den von Elektronen freien Platz auf der anderen Seite, in welchem wir ihnen Gelegenheit dazu geben. Das können wir dadurch machen, daß wir die beiden „Flecke“, den mit der Elektronenbesetzung und den mit dem Elektronenmangel, durch einen Metalldraht mitsammen verbinden. In dem Metall können die Elektronen nämlich sehr schnell dahineilen, das ganze Heer dieser kleinen Dingerchen marschiert folglich durch den Draht und nimmt wieder den von Elektronen leeren Fleck in Besitz, bis wieder überall gleichviel Elektronen vorhanden sind. Diesen Marsch der Elektronen nennen wir elektrischen Strom.

Draht

Das Wickeln von Zylinderspulen ist sicher die langweiligste Arbeit bei der ganzen Basterei, sie braucht aber darum nicht die mühseligste sein. Es gibt verschiedene Kniffe, durch die man sich die Sache sehr erleichtern kann, sofern spezielle Wickelvorrichtungen nicht vorhanden sind. So hat es sich z. B. als sehr praktisch erwiesen, die für eine Spule erforderliche Drahtmenge gleich abgemessen um die rechte Hand zu nehmen. Man hat dadurch den Draht völlig „in der Hand“, und solch unliebsame Sachen wie Verheddern oder Fortrollen des Drahtes kommen nicht vor. Auch eine besondere Haltevorrichtung erübrigt sich.

Selbstverständlich soll nicht die gesamte zur Vollbewicklung des Zylinders notwendige Drahtmenge in die Hand genommen werden. Das ist schon deswegen nicht angängig, weil wir evtl. für die verschiedenen Spulen auch verschieden starken Draht benutzen. Vielmehr nehmen wir erst mal so und soviel Meter Draht für die Antennenspule, dann so und soviel Meter für die Gitterspule und so fort.

Wieviel Meter Draht für eine Spule benötigt werden, läßt sich leicht ausrechnen, indem man den Durchmesser des Zylinders mal 3,2 nimmt und die Summe davon nochmal mit der Anzahl der Windungen multipliziert. Für die gebräuchlichsten Zylinderdurchmesser kann das abgerundete Resultat aber auch gleich der beigegebenen Tabelle entnommen werden.

Schwierig erscheint es vielleicht, den Draht von der Vorratsrolle abzuwickeln, abzumessen und um die Hand zu legen. Das liest sich so, als ob man das gar nicht allein machen könnte. Dabei ist es aber höchst einfach. Zunächst wollen wir darauf sehen, daß unsere Vorratsrolle handlich genug ist. Wer sich den Draht kiloweise kauft, tut gut, davon eine kleinere Rolle voll Draht, allerhöchstens 100 Meter, abzuwickeln. Wer aber nur 100 Meter kauft, ist mitunter schlimmer daran, weil ihm der Händler den Draht nicht auf eine Rolle spult, sondern ihm einen Drahtwickel von etwa 8—10 cm Durchmesser aushändigelt. Damit ist allerdings nicht viel anzufangen. Wir werden daher den Draht umspulen, etwa auf ein dünnes Röllchen oder einen Bleistift. Wie man dabei vorzugehen hat, sei nachstehend erklärt:

Der Drahtwickel wird über den linken Rockärmel geschoben, und mit der rechten Hand heben wir einige Windungen von dem Wickel ab. (Nicht ziehen!) Der abgehobene Draht wird darauf auf ein Röllchen gewickelt, wobei die rechte Hand das Röllchen hält und die linke Hand das Wickeln besorgt. Hierauf werden wieder einige Windungen abgehoben und anschließend in der gleichen Weise aufgespult. So geht das wechselseitig weiter, bis der ganze Drahtwickel umgespult ist.

Jetzt wären wir so weit, daß mit dem

Abmessen der Einzelwickel

für die verschiedenen Spulen begonnen werden kann. Wir haben uns natürlich zwei Vorratswickel hergestellt, einen etwa mit 0,4 Draht, den anderen mit 0,2 Draht. Beginnen wir mit dem dicken Drahte, von dem wir nur eine Spule herstellen wollen, nämlich die Gitterspule. Aus einer Baubeschreibung möge uns bekannt sein, daß diese Spule 70 Windungen erhalten soll, wenn ein Zylinder von 5 cm Durchmesser zu bewickeln ist. Ferner ersehen wir aus der beigegebenen Tabelle, daß für 70 Windungen bei 5 cm Durchmesser 11 Meter Draht benötigt werden. Bevor mit dem Abmessen begonnen werden kann, muß noch eine Meßstrecke eingerichtet werden. Darunter soll man sich nun nicht viel vorstellen. Im einfachsten Falle sind es zwei Kerben in der Tischkante, die genau einen Meter weit auseinander liegen. Statt dessen können wir natürlich auch einen Meterstab oder ein Stück Leiste von einem Meter Länge auf den Tisch legen.

1.) Vergl. die Bilder auf Seite 331 oben.

Handwickeln bringt Symmetrie

Nun nehmen wir den kleinen Vorratswickel in die linke hohle Hand, fassen das obenauf liegende Drahtende mit der rechten Hand und ziehen den Draht zwischen den Fingern der linken Hand hindurch und von dem Vorratswickel ab. Wenn wir dabei die linke Hand über die linke Kerbe halten und mit der rechten Hand den Draht bis zur rechten Kerbe ziehen, dann haben wir einen Meter Draht zwischen beiden Händen. Diesen Meter winden wir erst mal um die rechte Handfläche, was einfach durch Drehen der rechten Hand geschieht, ohne daß man die linke Hand zu Hilfe nehmen mußte. Hierauf wird wieder ein Meter abgemessen und dieser ebenfalls um die Hand geschlungen. Das setzen wir so lange fort, bis die erforderlichen Meter abgemessen und aufgewickelt sind. Wir brauchen aber noch ein halb bis ein Meter Draht als Zugabe, weil wir die Drahtenden später aus dem Zylinder herauslaufen lassen wollen. Also beim Abmessen die Zugabe nicht vergessen.

Den Handwickel streifen wir jetzt von der Hand herunter, schlingen ein paar mal das Drahtende darum, schieben evtl. auch einen Papierstreifen dazwischen, auf den, wir den Namen der Spule geschrieben haben, und legen ihn einstweilen beiseite. Jetzt kommen die Handwickel aus dünnerem Drahte an die Reihe, also etwa die Antennenspule und die Rückkoppungsspule.

Vielleicht erscheint manchem Leser das alles sehr umständlich. Wer aber die hier angegebenen Methoden einmal ausprobiert hat, wird sich über das rationelle und angenehme Arbeiten freuen. Es geht wirklich schneller, als man denkt.

Sind alle Handwickel fertiggestellt, dann kann

das Bespulen des Zylinders

vorgenommen werden. Zu diesem Zwecke stechen wir zunächst mit einer Ahle drei Löcher in den Zylinder. Einer der zurechtgemachten



Abb. 1. Die fertige Wicklung erhält Schildchen zur Bezeichnung der Anschlüsse.

Handwickel, etwa die Antennenspule, wird nun auf die rechte Hand gesteckt, worauf das obenauf liegende Drahtende durch die Löcher gefädelt wird, wie das Abb. 1 deutlich zeigt. Den Draht von außen nach innen zu fädeln, macht natürlich keine Schwierigkeiten. Ihn aber von innen nach außen zu führen, wird um so schwieriger, je weiter vom Rande weg wir durchfädeln wollen. Hier können wir uns jedoch die Sache sehr erleichtern, indem wir einen „Einfädler“ von außen in das mittlere Loch stecken (Abb. 2) und den Draht von innen in die Schlinge des „Einfädlers“ schieben. Danach wird dieses kleine Instrument wieder herausgezogen und mit ihm der Spulendraht. Bei stärkerem Drahte (0,4—0,5) muß das Loch entsprechend groß gestochen werden, weil ja beim

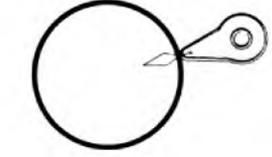


Abb. 2. Der Einfädler dient dazu, Wicklungsenden aus dem Inneren der Spule nach außen zu holen.

Herausziehen der Draht doppelt liegt und auch die Drahtschlinge des Einfädlers mit hindurch muß. Für dünnen Draht ist der Einfädler jedenfalls unentbehrlich.

Der Draht kommt nun in das dritte Loch (bei dem liegenden Zylinder ist es das obere), so daß er sich wieder im Innern des Zylinders befindet, worauf wir ihn aus dem linken Zylinderende herausziehen, wie das in Abb. 1 ebenfalls dargestellt ist. Das herausragende Drahtende darf aber nicht zu kurz werden,

wenn wir die Absicht haben, auf diese Weise direkte Verbindungen nach den zugehörigen Schaltteilen herzustellen. Beim Wickeln werden uns die herausragenden Drahtenden gar nicht im Wege sein.

Nachdem so der Draht genügend Halt bekommen hat, legen wir den Zylinder auf den Tisch, lassen von der rechten Hand ein oder zwei Windungen herunter und ziehen dann den Draht etwas straff nach dem Körper zu. Jetzt wird der Zylinder mit den Fingern der linken Hand gedreht, aber nicht nach dem Körper zu, sondern entgegengesetzt. Die ein oder zwei Windungen, die wir vorher von der rechten



Abb. 3 zeigt, wie man den Draht beim Wickeln führen muß.

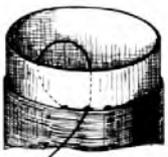


Abb. 4. Die Spulendenenden kommen wieder nach außen, wenn weitere Verbindungen unmittelbar vorgenommen werden sollen.

Hand heruntergelassen hätten, werden bald um den Zylinder liegen, so daß wir wieder ein bis zwei Windungen herunterlassen müssen. So geht das immer abwechselnd, einmal gibt die rechte Hand etwas Draht ab, dann spult die linke Hand durch Drehen des Zylinders den Draht wieder auf. Damit sich recht schön Windung an Windung legt, lassen wir den Draht keinesfalls völlig senkrecht auf den Zylinder stoßen, sondern halten ihn ein wenig nach rechts. Von oben gesehen sieht das dann so aus wie in Abb. 3; die gestrichelte Linie gibt die falsche Haltung des Drahtes an.

Inzwischen wird nun der um die Hand gewickelte Draht zu Ende gehen und es stellt sich heraus, daß die erforderliche Windungszahl auf den Zylinder aufgebracht ist. Dabei müssen wir aber ein gehöriges Stück Draht noch in der Hand haben, weil wir ja auch dieses Ende links aus der Spule herausragen lassen wollen. Wir stechen also wieder drei Löcher in den Zylinder, ganz dicht an die letzte Windung, und führen den Draht auch hier wieder abwechselnd hinein und heraus. Dabei wird diesmal beim obersten Loche angefangen und nicht beim untersten, wie wir es am Anfang der Spule taten. Der Draht tritt also wieder links aus dem Zylinder. Durch die Verschlingung in die drei Löcher hält er ausgezeichnet. Er braucht an den Durchführungen durchaus nicht verklebt oder verkittet zu werden. Ein zweimaliges Durchführen des Drahtes durch zwei Löcher, um so eine feste Schlinge zu bilden, wird sich nur dann als notwendig erweisen, wenn er gar

Drahtlänge (in m) für Spulen versch. Windungszahl und versch. Durchmessers

Windungen	Spulendurchmesser in Millimetern				
	40	50	60	70	80
1	0,13 m	0,16 m	0,19 m	0,22 m	0,26 m
5	0,70	0,76	0,95	1,1	1,3
10	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6
15	1,9	2,4	2,9	3,3	3,8
20	2,6	3,1	3,8	4,4	5,1
25	3,2	4	4,8	5,5	6,3
30	3,8	4,8	5,7	6,6	7,6
35	4,5	5,5	6,6	7,7	8,8
40	5,1	6,3	7,6	9,0	11
45	5,7	7,1	8,5	9,6	12
60	6,3	8	9,5	11	13
55	7	9	11	12	14
60	7,6	10	12	13,5	16
65	8,2	11	13	14,5	17
70	8,9	11	14	15,5	18
75	9,5	12	15	17	19
80	10,5	13	16	18	21
100	13	16	19	22	26
150	19	24	29	33	38
200	26	32	38	44	51
250	32	40	48	55	63
300	38	48	57	66	76

zu dünn ist und die Löcher im Verhältnis dazu zu groß geraten sind.

Damit wäre eine der Spulen fertig gewickelt. Alle anderen sind in der gleichen Weise herzustellen.

Einige Worte wären noch.

über den Anschluß der Spulenden

an die anderen Schaltteile zu sagen. Es gibt da die verschiedensten Möglichkeiten. Am gebräuchlichsten ist es wohl, Schrauben in den Zylinder einzulassen und die Spulenden sowohl als auch deren Verbindungsdrähte daran anzuschließen. Vorteilhaft ordnet man alle Schrauben am unteren Rande des Zylinders an. Damit keine falschen Verbindungen hergestellt werden, ist es in diesem Falle notwendig, die Spulenden sofort nach dem Durchfädeln zu kennzeichnen, und zwar durch Aufstecken eines Papierschnittzels mit einer Nummer (Abb. 1). Sind alle Spulen gewickelt, dann werden die Spulenden an den Schrauben befestigt und wir müssen uns nun notieren, daß z. B. der Anfang der Antennenspule an der ersten Schraube ihr Ende an der zweiten Schraube liegt usw.

Unter der Voraussetzung, daß wir für alle Spulen nur Draht von mindestens 0,4 mm Stärke verwenden, soll noch eine Verdrahtungsmethode empfohlen werden, bei der wir keine Schrauben benötigen: Nach Fertigstellung des Zylinders stecken wir unseren „Einfädler“ in die mittleren Löcher und holen auf diese Weise das Spulende wieder nach außen (Abb. 4). Nach dem Einbau des Zylinders werden diese heraushängenden Drähte mit Rüschröhr gezogen und unmittelbar mit den zugehörigen Schaltteilen verbunden. *Hans Krüger.*



Es wird gezeigt, daß sich die unvermeidliche Röhrenverzerrung auch in gerader Verstärkungsschaltung weitgehend kompensieren läßt. Beim Widerstandsverstärker geschieht das je nach Röhrenzahl automatisch, beim Trafoverstärker kommt es sehr auf die Polung an.

Röhrenverzerrung als Tatsache.

Jede Röhrenkennlinie ist gekrümmt. Deshalb gibt es auch keine ganz genau gerade Arbeitskennlinie.

Arbeitskennlinie? —Nun, das ist der Zusammenhang zwischen den Gitterspannungsschwankungen, die einer Röhre zugeführt werden und den Anodenstromschwankungen, die auf diesen Gitterspannungsschwankungen beruhen.

Gekrümmte Arbeitskennlinien aber verursachen stets Verzerrungen. Wie das vor sich geht, zeigt uns Abb. 1.

Wir nennen diese Verzerrungen „Röhrenverzerrungen“, weil sie ja letzten Endes durch die Röhren bedingt sind.

Röhrenverzerrungen treten somit in jeder Verstärkerstufe auf, und zwar in desto stärkerem Maße, je mehr die dort gültige Arbeitskennlinie gekrümmt ist.

Praktisch merkt man von Röhrenverzerrungen erst dann etwas, wenn sie ein gewisses Maß übersteigen. Wieviel das ist, interessiert uns in diesem Zusammenhang jedoch nicht.

Hier setzen die radikalen Anhänger der Trafoverstärkung ein und sagen: Die Röhrenverzerrung spiele bei Transformatorverstärkung wegen der hierbei geringeren Stufenzahl noch keine Rolle, während sie sich — der größeren Stufenzahl halber — beim Widerstandsverstärker bereits unangenehm bemerkbar machen müsse. Nun, wir werden ja sehen.

Wie die Verzerrung entsteht.

In Abb. 1 sehen wir links oben eine gekrümmte Arbeitskennlinie. Unter dieser ist die zeitlich schwankende Gitterspannung dargestellt. Rechts oben beachten wir vorerst lediglich das „Achsenkreuz“. — Genau genommen ist's hier übrigens nur ein Winkel, weil ihm nämlich zwei Stücke zur vollständigen Kreuzfigur fehlen. — Dieser Winkel also deutet an, daß hier der zeitliche Verlauf des Anodenstromes aufgezeichnet werden soll, der der dargestellten Arbeitskennlinie und der links unten sichtbaren Gitterspannungsschwankung entspricht.

Um den Zusammenhang der drei Einzelbilder zu erkennen, greifen wir den Zeitpunkt 1 heraus. Die Zeit ist in dem Teilbild links unten genau so enthalten wie in dem Teilbild rechts oben. Deshalb erscheint der Zeitpunkt 1 in unserer Abbildung gleich zweimal.

Nun gehen wir in dem Teilbild links unten von dem Zeitpunkt 1 aus und kommen bei a an die Gitterspannungslinie. Zur Zeit 1 also gehört eine gesamte Gitterspannung, die durch die Entfernung, von 1 bis a ausgedrückt wird. Das sind übrigens 2 Volt.

Im Teilbild links oben können wir nun leicht erkennen, daß der eben gefundenen Gitter-Gesamtspannung von 2 Volt ein Anodenstrom entspricht, der durch die Entfernung a' 3 festgelegt ist. Dieser Strom beträgt 0,28 mA. Im Zeitpunkt 1 also haben wir außer der Gitter-Gesamtspannung von 2 Volt auch noch den zugehörigen Anodenstrom von 0,28 mA. Berücksichtigt man dies, so ergibt sich der Punkt 3' der Anodenstromkurve in dem Teilbild rechts oben ganz von selbst.

Greifen wir genügend viele Zeitpunkte heraus, so können wir uns die zur Gitterspannungsschwankung gehörige Anodenstromschwankung sehr leicht selbst bestimmen.

Doch — schließlich ist dieses Resultat im Teilbild rechts oben ja schon fertig enthalten.

Wir vergleichen jetzt Anodenstrom- und Gitterspannungsschwankung miteinander. Dabei fällt sofort auf, daß die Anodenstromschwankung gegenüber der Gitterspannungsschwankung verzerrt ist.

In Wirklichkeit sind die Arbeitskennlinien natürlich viel weniger krumm, als in Abb. 1 links oben. Sie sind sogar bedeutend geradliniger als die Kennlinien, die wir in der Röhrenpreislise vorfinden. Der äußere Anodenwiderstand, der mit seiner konstanten Ohmzahl in Reihe mit dem Anodenzweig der Röhre liegt, der flacht nämlich nicht nur die Kennlinie selbst, sondern auch deren Krümmung ganz bedeutend ab.

Die Übertragung aufs Gitter der nächsten Röhre.

Die Anodenstromschwankung, die in Abb. 1 rechts oben sichtbar ist, hat an dem (unveränderlichen) Außenwiderstand eine ihr genau entsprechende Spannungsschwankung zur Folge. Diese wird mittels des Kondensators C' (Abb. 2) auf das Gitter der nächsten Röhre übertragen.

Daß der Gitterwiderstand R_G auf die Anodenstromschwankung und damit auch auf die Anodenspannungsschwankung einen Einfluß hat, und daß an dem Übertragungskondensator ein Spannungsabfall auftritt, das alles können wir hier getrost außer acht lassen, weil es für unsere heutigen Betrachtungen gar keine Rolle spielt.

Der Punkt A hat gegenüber den Röhrenheizfäden eine positive Spannung. Um das einzusehen, braucht man nur daran zu denken, daß die Anodenstromquelle mit ihrem Minuspol an der Heizung, mit ihrem Pluspol dagegen am Anodenwiderstand R_A liegt.

Die ganze Spannung der Anodenstromquelle

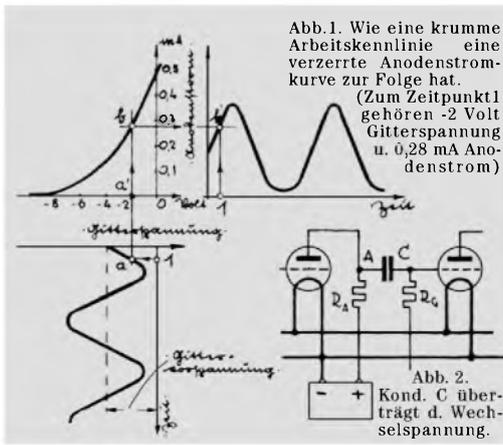


Abb. 1. Wie eine krumme Arbeitskennlinie eine verzerrte Anodenstromkurve zur Folge hat. (Zum Zeitpunkt 1 gehören -2 Volt Gitterspannung u. 0,28 mA Anodenstrom)

verteilt sich übrigens auf Anodenzweig der Röhre und Anodenwiderstand.

Nun soll in einem bestimmten Augenblick (z. B. im Zeitpunkt 1 der Abb. 1) die gesamte negative Gittervorspannung kleiner sein als im Ruhezustand. Dann fließt mehr Anodenstrom. (Siehe wieder Abb. 1.) Dieser größere Anodenstrom muß aber durch den Anodenwiderstand R_A hindurch. Jetzt wird im Anodenwiderstand mehr Spannung verbraucht als für den Ruhezustand. D. h.: die positive Spannung des Punktes A gegenüber dem Heizfaden hat momentan abgenommen.

In einem andern Augenblick ist die gesamte negative Gitterspannung der ersten Röhre größer als für Ruhezustand. Das bedeutet geringeren Anodenstrom und damit höhere positive Spannung des Punktes A gegen den Heizfaden.

Im Ruhezustand haben beide Röhren negative Gitterspannung. Von dieser Vorspannung aus gerechnet — ist die erste Gitterwechselspannungshalbwelle in Abb. 1 positiv. Weniger stark negative Gesamtspannung heißt nämlich (von der Vorspannung — d. i. die gestrichelte Linie in Abb. 1 — aus gerechnet) positiver Gitterwechselspannungswert.

Also die erste Gitterwechselspannungshalbwelle der vorderen Röhre ist positiv. Die zugehörige Anoden-Wechselstromhalbwelle ist gleichfalls positiv (Abb. 1 oben rechts). Aber die Wechselspannungshalbwelle des Punktes A gegen die Heizung ist — wegen des jetzt größeren Anodenstromes — negativ. Diese Wechselspannung wird über den Kondensator C dem Gitter der hinteren Röhre zugeführt. Momentan haben wir somit für die Gitterwechselspannung der hinteren Röhre eine negative Halbwelle.

Zusammengefaßt heißt das: positive Gitterspannungshalbwelle an der vorderen Röhre bedeutet negative Gitterspannungshalbwelle an der hinteren Röhre. — Oder allgemeiner ausgedrückt: Jede Widerstandsstufe bringt eine Vorzeichenumkehr der Wechselspannung mit sich. — Oder schließlich in der Sprache der Fachleute: Jede Widerstandsstufe bewirkt eine 180°-Verschiebung der zu verstärkenden Spannung.

Die Kompensation tritt ein.

Wir wissen jetzt, mit welchem Vorzeichen die der Anodenstromkurve von Abb. 1 entspre-

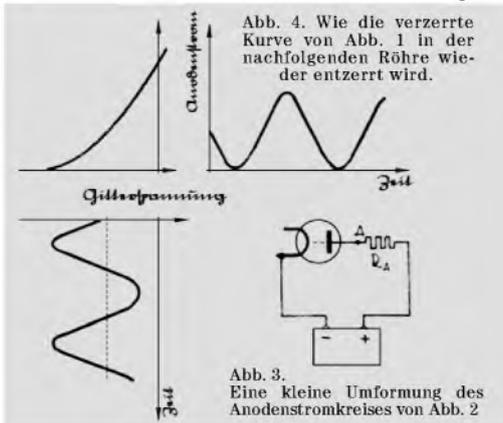


Abb. 3. Eine kleine Umformung des Anodenstromkreises von Abb. 2

chende Wechselspannung auf das Gitter der hinteren Röhre zur Wirkung kommt.

Naturngemäß ist auch bei der zweiten Röhre die Arbeitskennlinie wieder krumm. In Abb. 4 links oben sehen wir diese Arbeitskennlinie. Darunter habe ich die Gitterspannungsschwankungen hingezeichnet, die genau der Anodenstromkurve von Abb. 1 rechts oben entsprechen. Hieraus ergibt sich dann — ebenso wie für Abb. 1 ausführlich beschrieben — der Anodenstromverlauf für die zweite Röhre.

Dieser Stromverlauf aber weist nun viel weniger Verzerrung auf als der von Abb. 1. Eigentlich merken wir von einer Verzerrung überhaupt nichts mehr!

Die Röhrenverzerrungen heben sich somit in zwei aufeinanderfolgenden Widerstandsstufen — wenigstens teilweise — auf!

Die Einwände.

Besser ist es — wir warten gar nicht erst, bis ein radikaler Anhänger der Trafoverstärkung sie hervorzieht, sondern stellen sie gleich selbst heraus.

Zunächst ließe sich da sagen: Muß denn jede Arbeitskennlinie prinzipiell so gekrümmt sein wie links oben in Abb. 1 und Abb. 4? — Dieser Zweifel läßt sich leicht zerstreuen. Alle Kennlinien sind in dem hier allein maßgebenden negativen Gitterspannungsbereich nach aufwärts gekrümmt. Eine gegenteilige Krümmung kommt bei einwandfreien Röhren vor allem im Widerstandsverstärker nicht vor.

Als zweiten Einwand könnte man bringen, daß die erste Röhre eine viel kleinere Gitterwechselspannung bekommt als die zweite, während in Abb. 1 und 4 beide Gitterwechselspannungen einander doch ungefähr gleich sind. — Selbstverständlich ist die Gitterwechselspannung bei der vorderen Röhre geringer als bei der hinteren. Gleich groß wurden die beiden Gitterwechselspannungen und Arbeitskennlinien lediglich der deutlicheren Darstellung halber gezeichnet.

Nun läßt sich zwar für jede Stufe die Arbeitskennlinie durch entsprechende Wahl von Anodenspannung und Gittervorspannung der zugehörigen Gitter Wechselspannung angleichen. Aber auch dann, wenn man diese Angleichung nicht vornimmt, wenn die vordere Röhre also viel weniger stark angesteuert ist, stimmen unsere Ergebnisse doch noch. — Nur daß in diesem Fall der Verzerrungsausgleich nicht mehr so vollkommen ist. Stets aber ergibt sich irgendein Ausgleich. Und dieser Ausgleich ist um so besser, je mehr die Verzerrungsgrade in beiden Stufen miteinander übereinstimmen.

Ausgleich bei mehr als zwei Stufen.

Da unterstützen sich die ungeradzahligsten Stufen und — im entgegengesetzten Sinn die geradzahligsten Stufen. Also: die erste Stufe verzerrt, die zweite entzerrt bis zu einem gewissen Grade, die dritte verzerrt wieder im Sinne der ersten, die vierte im Sinne der zweiten usw.

Selbstverständlich rechnet hier auch die Endstufe dazu. Bei ihr ist die Arbeitskennlinie im Prinzip ebenso gekrümmt wie bei den reinen Verstärkerstufen.

Und sogar die Audionstufe — gleichgültig ob sie mit Gitter- oder Anodengleichrichtung arbeitet — gehört mit in diese Verzerrungs- und Entzerrungskette.

Röhrenverzerrung bei Trafokopplung.

Der Gerechtigkeit halber muß festgestellt werden, daß auch bei Trafokopplung ein Ausgleich bezüglich Röhrenverzerrung möglich ist.

Allerdings — hier kann es vorkommen, daß die Röhrenverzerrungen sich addieren. Während bei der Widerstandskoppelung die Vorzeichenumkehr der Wechselspannung in jeder Stufe zwangsläufig ist, trifft das für Trafokopplung nicht zu. Vertauschen wir die zwei Klemmen einer der beiden Trafowicklungen, so machen wir dadurch die Vorzeichenumkehr rückgängig. Dadurch ist dann jede Möglichkeit einer gegenseitigen Kompensation der Röhrenverzerrungen für diese zwei Stufen genommen. F. Bergtold.