

BERLIN

# FUNK- TECHNIK

A 3109 D



21 | 1963 +

1. NOVEMBERHEFT  
mit Elektronik-Ingenieur

1. NOVEMBERHEFT 1963

**Stereo-Rundfunksendungen**  
Nach dem Pilotverfahren werden in Berlin vom SFB in nächster Zeit nachstehende Stereo-Rundfunksendungen durchgeführt (Datum, Uhrzeit, Sendefrequenz).

1. 11., 20.05-22.00; 88,75 MHz  
Karl Förster-Gedenkkonzert (Berliner Philharmonisches Orchester und Chor der St. Hedwigs-Kathedrale)

7. 11., 20.05-21.00; 88,75 MHz  
Rhythmus und Melodie in Stereophonie

15. 11., 20.00-22.00; 92,4 MHz  
Operettenkonzert

17. 11., 18.40-19.30; 88,75 MHz  
„Libertas Crucifata“, dramatische Kantate

21. 11., 20.05-21.45; 92,4 MHz  
Konzert des Klavierduos Alfons und Aloys Kontarsky

29. 11., 19.35-22.40; 92,4 MHz  
Oper der Welt: „Der Wildschütz“

Der NDR begann am 1. 10. 1963 mit ständigen Stereo-Versuchsendungen Montag bis Freitag werden in der Zeit von 10.00-12.00 Uhr auf der Frequenz 87,8 MHz Meßfrequenzen und Musik ausgestrahlt.

**50 Jahre technisches Ausbildungswesen in der AEG**  
In aller Stille errichtete die AEG in den letzten Tagen des Septembers 1913 ihre erste Lehrwerkstatt. Das Herausziehen der Ausbildung aus dem Werkstattbetrieb der Produktionsabteilungen erwies sich vor allem im ersten Lehrjahr als sehr wichtig. Ständig nur etwa 100 Ausbildungsplätze zur Verfügung, so waren im Jahre 1963 in der zentralen Lehrwerkstatt in Berlin-Reinickendorf rund 1200 Lehrlinge, Anlernlinge und Praktikanten in der Ausbildung, und zwar sowohl von der AEG als auch von den Schwesterfirmen Telefunken, Volta und Hydra (in allen Werken in Berlin und dem Bundesgebiet sind es jetzt insgesamt etwa 4000). In den 50 Jahren des Bestehens sind über 17.000 Lernende durch diese Ausbildungsstätte gegangen. Von allen ausgebildeten Lehrlingen sind heute noch etwa 50% in den AEG-Betrieben tätig. Die Ausbildung bei der AEG erfolgt in etwa 40 Fabriken, Büros und Anlagen-Verteilungen in Berlin und im Bundesgebiet nach ein-

heitlichen Plänen und unter zentraler Leitung für etwa 25 Berufe

### Fernsehlehrgänge in Hamburg

Nach Beendigung der Fernsehlehrgänge in Bremen wird die Fernseherschulung des Fachhandels durch die Deutsche Philips GmbH in Hamburg fortgesetzt. In der Zeit vom 26. 10. bis 8. 12. 1963 sind fünf viertägige Lehrgänge vorgesehen (29. 10.-1. 11., 5. 11. bis 8. 11., 12. 11.-15. 11., 26. 11. bis 29. 11., 3. 12.-6. 12.).

### 30 Jahre Telex

Vor 30 Jahren, im Oktober 1933, wurde zwischen Berlin und Hamburg die erste öffentliche Fernschreibverbindung in Betrieb genommen. Dieser erste Telex-Netz, das in Zusammenarbeit zwischen der Deutschen Reichspost und Siemens entstanden war, umfaßte damals nur 19 Anschlüsse. Heute sind in der Bundesrepublik nahezu 50.000 Teilnehmer an das Telex-Netz angeschlossen, die sich alle direkt anwählen und Fernschreibpartner in 13 anderen europäischen Ländern ebenfalls im Selbstwählverkehr erreichen können. Der Verkehr mit den außereuropäischen Ländern wird im allgemeinen auf dem Funkweg über die Handvermittlungen Frankfurt und Hamburg abgewickelt. Mit seinen 30 Jahren und fast 50.000 Anschlüssen ist das deutsche Telex-Netz nicht nur das älteste, sondern auch das dichteste Fernschreibnetz der Welt.

### 75 Jahre Richard Bosse & Co.

Am 10. Oktober 1883 beging die Telefon- und Telegraphenbau-Anstalt Richard Bosse & Co. ihr 75jähriges Geschäftsjubiläum. Die Firma, die seit 1888 ständig ihren Sitz im Südosten Berlins hat und sich noch heute im Familienbesitz befindet, ist auf die Herstellung von Fernmeldeanlagen, besonders der Drahtnachrichtentechnik, spezialisiert. Ihre hauptsächlichsten Kunden sind seit langem die Post und die Bahn.

**Das „Plumbikon“ – eine neue Kameraröhre**  
Valvo liefert jetzt eine neue Fernseh-Kameraröhre vom Vidikon-Typ, die wegen der

Verwendung von Bleioxyd als photoleitende Schicht die Bezeichnung „Plumbikon“ erhielt. Geringe Trägheit – unabhängig von der Szenenbeleuchtung – und ein  $\gamma$ -Wert von nahezu 1 machen das „Plumbikon“ 85/85 besonders für das Farbfernsehen geeignet. Aber auch für Schwarzweißaufnahmen bietet es Vorteile, weil es in sich die einfachen Betriebsbedingungen und den großen Rauschabstand der Vidikon-Kameraröhren annähernd mit der geringen Trägheit des Originals vereinigt. Das Restsignal der neuen Aufnahmeröhre ist nach einem Dunkelimpuls von 80 ms Dauer  $< 5\%$ , nach 100 ms  $< 1\%$ .

### SEL-Schautafeln

Von der Standard Elektrik Lorenz AG liegen eine Reihe neuer Schautafeln vor, die als Ausbildungshilfen in Ingenieur- und Berufsschulen geeignet sind. Die Lehrtafeln zeigen die Doppelendpendole ELL 80, die neue Verbundröhre in Novattechnik ECLL 800 (Doppelendpendole mit Phasenumkehrtröde), die Abstimmanzelgeröhre EM 84, einen Tantal-Elektrolytkondensator, eine Tunneldiode sowie einen Koordinatenschalter. Schaltungsmöglichkeiten, Schnittbilder und grafische Darstellungen ergänzen die Angaben über die dargestellten Bauelemente. Die Tafeln sind auf Karton aufgezogen und haben das Querformat DIN A 2; sie eignen sich neben ihrer technischen Information auch zur Ausgestaltung von Unterrichtsräumen und Lehrsälen (zu beziehen von der Zentralen Werbung der SEL, Stuttgart-Zuffenhausen, Postfach 25).

### Druckschriften

#### Varta Pertrix-Katalog 1963/64

Auf 80 Seiten im Format A 5 gibt diese neue Druckschrift eine sehr gute Übersicht über das Fabrikationsprogramm der Varta Pertrix-Union. Der Katalogteil ist in fünf Farbgruppen gegliedert (blau: Leuchtungsbauteile; rot: Gerätebatterien und Apparatezellen für Radio, Phonos- und Transistorgeräte; orange: Batterien für Foto- und Blitzgeräte; grün: Großbatterien und Elemente; gelb: Metallwarenprogramm mit Lichtwerfern, Hülsen und Glühlampen). Es folgen auf 19 Seiten ausführliche Bestückungslisten für Transistor-, Phono-, Tonband-, Blitzlicht- und Fotogeräte sowie für weiteres Fotozubehör, Filmkameras und Diabaträcker. Den Abschluß bilden eine Übersicht über die nach IEC zur Normung bestimmten Einzelzellen und Batterien sowie Hinweise auf den Diapositiv- und Klischee- und Dekorationsdienst der Firma.

FT-Kurznachrichten .....	782
Der Weg zum Rundfunk .....	785
Aufbereitung von Stereo-Rundfunksignalen nach dem Abtastprinzip .....	787
Warum Planar-Transistoren? .....	790
Von der Funkausstellung 1963 Berlin Neue Meß- und Prüfgeräte - Service-Zubehör .....	791
Internationaler Wettbewerb der besten Tonbandaufnahme (IWT) - Nationale Ausscheidung 1963 .....	793
Empfangsantennen-Neuheiten .....	795
ELEKTRONIK-INGENIEUR Einführung in die Vektoralgebra .....	797
Für den Modellbauer Elektronische Steuer- und Schaltmittel für Modellisenbahnanlagen .....	801
Meßtechnik Eine über vier Dekaden veränderbare Einspannungsquelle .....	803
Klirrfaktormeßbrücke »IM-12 E« .....	804
Deutsche Industrieausstellung Berlin .....	806
Persönliches .....	807
1120 Haushaltungen an einer Gemein- schafts-Antennenanlage .....	808
Vom Versuch zum Verständnis Die Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik .....	809
Neue Bücher .....	814

Unser Titelbild: Bei der Arbeit an einem Service-Tisch für Fernsehempfänger-Reparaturen (s. a. S. 792) Aufnahme: telefunkenbild

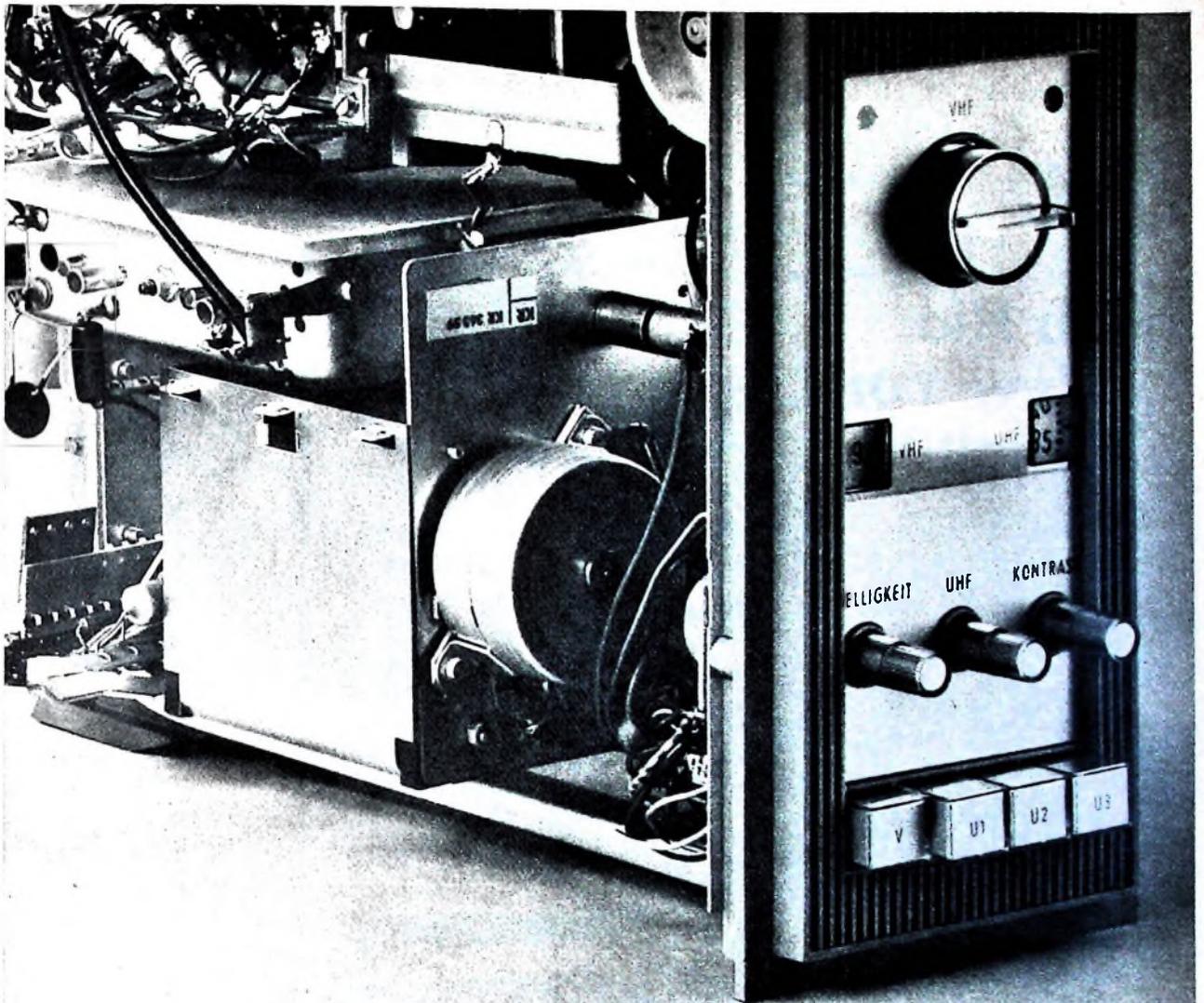
Aufnahmen: Verlasser, Werkaufnahmen, Zeichnungen vom FT-Atelier nach Angaben der Verlasser; Seiten 783, 784, 805, 811, 813 und 816 ohne redaktionellen Teil

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Berlin - Borsigwalde, POSTanschrift: 1 BERLIN 52, Eichbarndamm 141-167, Telefon: Sammel-Nr. (0311) 492331, Telegrammanschrift: Funktechnik Berlin, Fernschreib-Anschluß: 01 81 632 fachverlage bin, Chelradaktor: Wilhelm Roth, Stellvertreter: Albert Jönicks, Techn. Redakteur: Ulrich Rodke, sämtlich Berlin, Chelkorrespondent: Werner W. Diefenbach, Berlin u. Kempten/Allgäu, Anzeigenleitung: Walter Bartsch, Chelgraphiker: Bernhard W. Beerwirth, beide Berlin, Postachtkonto: FUNK-TECHNIK Pöschel Berlin West Nr. 2493, Bestellungen beim Verlag, bei der Post und beim Buch- und Zeitschriftenhandel. Die FUNK-TECHNIK erscheint monatlich zweimal. Der Abonnementspreis gilt für zwei Hefte. Für Einzelhefte wird ein Aufschlag von 12 Pf. berechnet, Auslandspreis lt. Preisliste. Die FUNK-TECHNIK darf nicht in Leserkreis aufgenommen werden. Nachdruck – auch in fremden Sprachen – und Vervielfältigungen (Fotokopie, Mikrokopie, Mikrofilm usw.) von Beiträgen oder einzelnen Teilen daraus sind nicht gestattet. – Satz: Druckhaus Tempelhof; Druck: Eisnerdruck, Berlin

### Kunststoff-Kassette für Agfa-Magnettonbänder



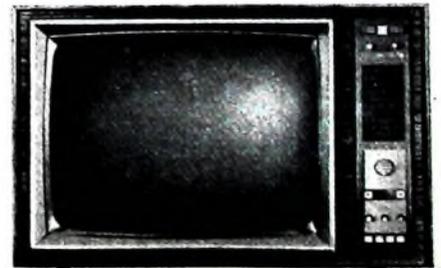
Alle Agfa-Magnettonbänder – „PE 31“ (Langspindel-Band), „PE 41“ (Doppelspindel-Band) und „PE 65“ (Triple Record mit dreifacher Spieldauer) – werden ab sofort in den Spulengrößen 13, 15, 18 auch in einer Kunststoff-Kassette geliefert. Die im dezenten Grau gehaltene Kassette aus dem larmstabilen Bayer-Kunststoff „Novodur“ schützt die Tonbänder vor Staub und erleichtert die Anlage eines übersichtlichen Tonbandarchivs mit jederzeit griffbaren Bändern. Die neuen Kassettensind in den Größen 13, 15, 18 auch leer lieferbar.



## Warum leben Philips Fernsehgeräte länger als 10 Jahre?

Weil jedes Bauelement zuverlässig und betriebsicher ist!  
 Beispiel: der UHF-Kanalwähler. Seine ausgesuchten Materialien sind genau aufeinander abgestimmt. Daraus resultiert die minimale Temperaturdrift. Er ist in einer tiefgezogenen Stahlblechwanne untergebracht. Das bewirkt seine hervorragende elektrische und mechanische Stabilität. Und er arbeitet mit Transistoren. Sie garantieren für lange Lebensdauer, hohe Verstärkung und gute Empfangsempfindlichkeit. PHILIPS Fernsehgeräte sind Begriff und Maßstab internationaler Spitzenklasse. Nicht umsonst: sie bieten Zuverlässigkeit über viele Jahre!

PH 3623



...nimm doch **PHILIPS** Fernsehen

# Ob Rio, New York, Honolulu...

... die ganze Welt hören Sie mit dem GRUNDIG Ocean-Boy. Seine neuartige „MM-Antenne“ fängt KW-Stationen aller Länder ein. Ein Griff - schon hat sie die optimale Länge für UKW. Ein zweiter Griff - und sie wird zum „Super-Teleskop“ für weltweiten Kurzwellenempfang. Zwei Lautsprecher mit getrennter Diskant- und Baßregelung garantieren hervorragenden Konzertklang auf UKW.

Das ist der Spitzen-Reisesuper für die anspruchsvollsten Ihrer Kunden - einer der besten Umsatzträger für Ihr kommendes Weihnachtsgeschäft!



Stufe 2 für weltweiten KW-Empfang

Stufe 1 für besten UKW-Empfang

Gesamtlänge 145 cm

## NEU:

GRUNDIG Ocean-Boy 204

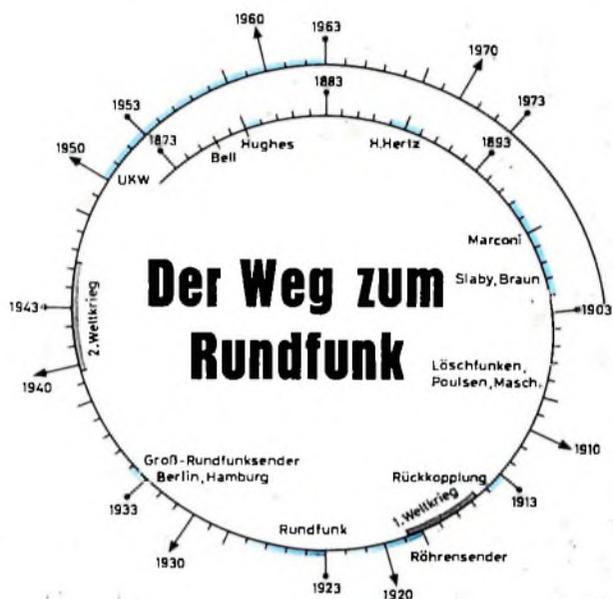
**GRUNDIG**®

Chefredakteur: WILHELM ROTH

Chefkorrespondent: WERNER W. DIEFENBACH

RUNDFUNK  
FERNSEHEN  
PHONO  
MAGNETON  
HI-FI-TECHNIK  
AMATEURFUNK  
MESSTECHNIK  
ELEKTRONIK

# FUNK- TECHNIK



F. WEICHART

Das offizielle Datum des 40-jährigen Geburtstages des Deutschen Rundfunks ist der 29. 10. 1963. Der erste aus dem Berliner Vax-Haus strahlende Rundfunksender wurde 1923 in wenigen Wochen aus behelfsmäßigen Mitteln zusammengestellt. Oberpostrat a. D. F. Weichart, der Erbauer dieses Senders, vollendete am 5. 10. 1963 in Hannover sein 70. Lebensjahr. Mit jugendlicher Frische schildert er nachstehend kurz die Hauptstationen des Weges, der zum Beginn des Rundfunks führte.

Wenn die Welt mit irgendeiner technischen Neuerung beglückt wird, dann pflegt sogleich die Frage aufzutauchen: „Wem verdanken wir das? Wer ist der Erfinder?“ So leicht diese Frage gestellt ist, so schwer läßt sie sich aber beantworten; je mehr man sich nämlich mit der Sache beschäftigt und je tiefer man in sie eindringt, um so unsicherer wird man.

Das gilt auch für den Rundfunk. Hier möchten einige schon Heinrich Hertz den Ruhm zubilligen, andere wiederum dem „Vater des Rundfunks“, Dr. e. h. H. Bredow. Beides ist aber unrichtig. Letzterer äußerte sich 1927: „Der Rundfunk ist keine Erfindung, denn er beruht auf der selbstverständlichen Ausnutzung der Rundwirkung der ... elektrischen Wellen.“ Im folgenden soll nun versucht werden, eine möglichst richtige Vorstellung vom Verlauf der Entwicklung zu geben.

Nachdem Ph. Reis im Jahre 1861 ein „Telefon“ erfunden hatte, das für den praktischen Gebrauch allerdings noch ungeeignet war, brachte G. Bell 1876 einen brauchbaren Typ heraus, der seinerseits freilich erst durch das 1878 von Hughes konstruierte „Mikrofon“ zu dem wurde, was uns heute geläufig ist. Das Mikrofon gab wiederum, da es aus losen Kohlekügelchen bestand, Veranlassung zu eingehenden physikalischen Untersuchungen über „unvollkommene Kontakte“.

Zu den Experimentatoren jener Zeit (1887—1888) gehörte auch Heinrich Hertz in Karlsruhe. Leider ist wohl niemand mehr am Leben, der authentisch über diese Versuche berichten könnte. Die nachstehend

wiedergegebene Darstellung dürfte aber wohl richtig sein. Hertz untersuchte also eines Tages mal wieder so einen „unvollkommenen Kontakt“. Gleichzeitig arbeitete nach ein anderer Physiker in demselben Raum mit einem Funkeninduktor. Da beobachtete nun Hertz, daß sein Galvanometer jedesmal einen großen Ausschlag zeigte, sobald am Induktor ein Funke überschlug.

Waher konnte das kommen? Für eine unmittelbare Induktionswirkung war der Abstand erheblich zu groß. Da kam ihm eine Erleuchtung: Schon vor 55 Jahren hatte ja Feddersen gezeigt, daß ein Funke einen Wechselstromvorgang darstellt, und bereits vor 22 Jahren hatte Maxwell die Behauptung aufgestellt, elektromagnetische Energie könne sich wie Licht auch ohne Drahtleitungen durch den Raum ausbreiten. Sollte das hier so ein Fall sein? Mit Hilfe eines Drahtringes, eines sogenannten „Resonators“, mit einer winzigen Funkenstrecke prüfte er diese Möglichkeit im Laboratorium nach und fand sie bestätigt. Doch nicht nur das; er zeigte auch, daß diese Wellen sich ebenso wie Lichtwellen reflektieren und brechen lassen. Damit war in der Tat eine ganz neue Epoche angebrochen.

Hertz war aber nur reiner Physiker; an eine praktische Anwendung seiner Erkenntnisse dachte er nicht. Das kam erst acht Jahre später (1896). Da beschäftigte sich in Bologna der junge G. Marconi (22 Jahre alt) bei seinem Lehrer, Professor Righi, mit den elektrischen Wellen. Als Angehöriger einer seefahrenden Nation fühlte er sofort, daß sich auf diese Weise doch beispielsweise „drahtlose“ Verbindungen vom Land zu Schiffen auf See herstellen lassen müßten. Unverständlicherweise fand er aber damit in seiner Heimat keine Gegenliebe. Er ging deshalb nach England, wo er sich amtlicher Unterstützung erfreuen konnte. So gelang es ihm schon 1897, eine Strecke von 5 km über See zu überbrücken. Auch er hatte einen sehr glücklichen Gedanken, nämlich die Verwendung eines Morsealphabetes, der damals schon seit 52 Jahren bekannt war. (Das internationale Morsealphabet wurde 1875 auf der Telegraphen-Konferenz von St. Petersburg festgelegt.)

Diese Erfolge wären allerdings nicht möglich gewesen, hätte Marconi nicht von dem russischen Meteorologen Popoff die Hochantenne übernommen, die wiederum auf die Versuche von Benjamin Franklin (140 Jahre früher) zurückgeht. Als Wellen-Entdecker (als „Detektor“) verwendete Marconi übrigens einen „unvollkommenen Kontakt“, der 1890 durch Branly in eine brauchbare Form gebracht worden war („Kohärer“). Um größere Reichweiten zu erreichen, mußte er zwangsläufig auf immer größere Antennen übergehen, da kleinere nicht in der Lage waren, große Schwingungsenergien aufzunehmen. So kam er zu immer größeren Wellenlängen. (Diese Entwicklung fand übrigens erst nach 1920 ihr Ende mit Wellenlängen von 24000 m.)

Weitere Verbesserungen erreichten Anfang des Jahrhunderts die deutschen Professoren F. Braun (Straßburg) und A. Slaby (Berlin) sowie M. Wien (1906) durch Einführung der „Löschfunken“, die es ermöglichten, den Morseapparat durch Hörempfang (mit Kaphörer) zu er-

setzen, besonders nachdem zur gleichen Zeit auch der Kristalldetektor erschienen war. Marconi hatte übrigens schon 1902 eine Verbindung zwischen Poldhu (England) und Neufundland herstellen können. Nachdem die Reichweiten bis 1920 auf rund 20000 km angewachsen waren, konnte man praktisch von jedem Standort jeden beliebigen Punkt der Erde erreichen. Damit war diese Entwicklung abgeschlossen.

Der Hörempfang brachte nun den Wunsch mit sich, entweder mit geringerer Sendeenergie die gleiche Lautstärke oder aber mit gleicher Sendeenergie eine größere Lautstärke zu erreichen. Die gleiche Entwicklung gab es auch in der Fernsprechtechnik. Nach einer Reihe ungeeigneter Vorschläge brachte 1906 der Österreicher v. Lieben seine „Verstärkerröhre“ heraus. Sie war mit Quecksilberdampf gefüllt, benötigte eine ganz bestimmte Temperatur und versagte daher so häufig, daß sie für den praktischen Betrieb wenig geeignet war.

Das änderte sich erst, als in 1914 an die Hochvakuumröhre zur Verfügung stand, die nun auch in mehreren Stufen hintereinander angewendet werden konnte. Hierdurch ergab sich eine sehr wesentliche Verbesserung. Jüngere Leser werden staunen, wenn sie hören, daß diese Röhren bei einem Sättigungsstrom von etwa 1 mA eine Steilheit von nur 0,15 mA/V hatten! So war der Stand im Jahre 1915. Während des ersten Weltkrieges gab es schon eine ganze Reihe von Stationen, die einen (allerdings telegrafischen) Rundfunk mit Heeres- und Presseberichten ausstrahlten, zum Beispiel in Deutschland Norddeich, Nauen und (ab Frühjahr 1915) Königswusterhausen, in Frankreich Paris (Eiffelturm) und Lian, in England Poldhu (in SW-Wales), Clifden und Carnarvon, in Italien Caltana, in Rußland Babruisk und andere.

Die meisten dieser Stationen benutzten damals nach Funkensender. Diese aber „lagen breit“ und beanspruchten daher unverhältnismäßig viel Platz auf der Wellenskala. Man sann daher auf Abhilfe und fand sie in der Verwendung „ungedämpfter Sender“. Als erster erschien 1906 der „Paulsen-Sender“ (Lichtbogensender) auf dem Plan; fast zur gleichen Zeit kamen auch die „Maschinensender“. Beide waren aber nur für sehr lange Wellen geeignet. Erst 1918 folgten Röhrensender, und zwar zuerst mit kleinsten Leistungen (etwa 10 W).

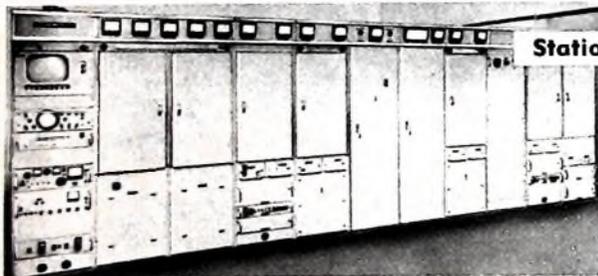
Mit Hilfe dieser ungedämpften Sender war man ohne weiteres in der Lage, auch drahtlos zu telefonieren, nachdem L. Pungs mit dem Eisenmodulator (Telefoniedrassel) auch eine geeignete Vorrichtung zur Modulation gefunden hatte. Bessere Ergebnisse erreichte man nach, als auch Röhren für größere Leistungen zur Verfügung standen. So gab es in Deutschland von 1922 an bereits mehrere „Rundfunksender“, die von Königswusterhausen aus auf langen Wellen (nahe an 3000 m)

bestimmten Abonnenten Wirtschafts- und Pressenachrichten zufunkten, so für WTB, für die Telegraphen-Union und den Sozialdienst.

Nun kam 1923. Die Inflation zog alles in ihren Strudel. Bredow plante zuerst einen „Saalrundfunk“. Dazu brauchte man aber gute und leistungsfähige Lautsprecher, die damals noch nicht zur Verfügung standen. Infolgedessen entschloß man sich, über das ganze Reichsgebiet etwa 10 Sender mit ungefähr 1 kW Leistung zu verteilen, deren Reichweite nicht mehr als je 150 km betragen sollte. Den Hörern sollten nur plamblerte, auf eine bestimmte Welle eingestellte Röhrenempfänger genehmigt werden.

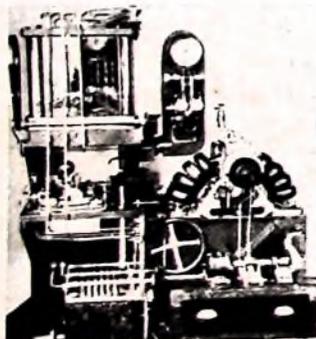
Mitte September 1923 bekam der Verfasser den Auftrag, einen ersten Sender dieser Art für Berlin zu bauen. Schon vier Wochen später war er fertig und eingebaut. Nach kurzer Erprobung begann dann am 29. 10. 1923 der Betrieb auf Welle 400 m. Die Hörergebühr betrug damals 60 Mark je Jahr. Unter diesen Umständen blieb der Erfolg zuerst sehr mäßig. Erst als die „Audion-Versuchs-Erlaubnis“ zum Selbstbau eingeführt und endlich auch diese fallengelassen wurde, ging es steil aufwärts. Die Empfangsgeräte waren allerdings noch sehr primitiv und umständlich zu bedienen. Ihre Preise lagen nach Abschluß der Inflation etwa ebenso hoch wie heute! Für den gleichen Geldwert erhält man aber heute ein vielleicht 10mal so wertvolles Gerät wie damals. An Röhren standen zuerst nur Typen mit Wolframröhren zur Verfügung. Bald erschienen jedoch auch wesentlich bessere Ausführungen mit Oxydkatode (RE 84, RE 86) und mit Thoriumkatode (RE 78, RE 79). Interessant ist, daß die damals noch kleinen Rundfunkfirmen (zum Beispiel Saba, Schaub, Körtling, Loewe, Blaupunkt, Mende, Seibt und andere) den großen Firmen zuerst den Rang abliefen. Das lag nicht etwa daran, daß diese weniger leistungsfähig gewesen wären, sondern einfach daran, daß sie sich erst auf die neuen Probleme, die der Rundfunk ihnen zwies, umstellen mußten. Erst allmählich wurden aus den primitiven Erstkonstruktionen die modernen Gebrauchsgeräte, zu deren Bedienung Fachkenntnisse nicht mehr erforderlich sind.

In rascher Folge wurden 1924 etwa 10 Rundfunksender errichtet. 1929 waren im damaligen Reichsgebiet bereits 29 durch Kabellleitungen miteinander verbundene Rundfunksender vorhanden. Dann kam der zweite Weltkrieg, nach dessen Ende alles wieder neu aufgebaut werden mußte. Die Probleme, die die für Deutschland ungünstige Wellenzuteilung brachte, konnten erst vor etwa 10 Jahren durch die Einführung der frequenzmodulierten UKW-Sender gelöst werden. Heute, 75 Jahre nach Heinrich Hertz, gibt es auf diesem Gebiet keine technischen Probleme mehr.



## Stationen auf dem Weg zum modernen Rundfunksender

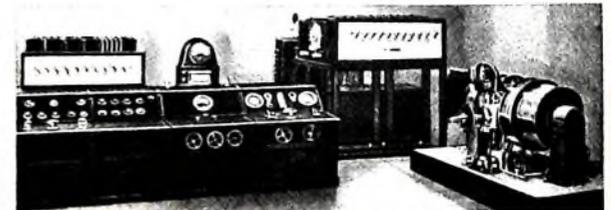
Gut verkleidete, mit vielen Instrumenten, Steuer- und Meldeorganen besetzte Gestelle nehmen in modernen Rundfunk- und Fernsehsendern Stromversorgungsteile, wasser- und luftgekühlte Senderöhren, sowie alle frequenzbestimmenden Elemente auf. Die Sender vor und beim Beginn des Rundfunks ähnelten dagegen noch sehr kleinen Kraftwerken. Der Kontrast der untenstehenden aus dem SEL-Archiv stammenden Bilder mit dem linken Foto läßt etwas von der mühevollen Entwicklung ahnen, die vom einstigen Maschinensender und vom heute primitiv anmutenden kleinen Röhrensender zum modernen Sender für sehr hohe Frequenzen führte.



Oben: Die heutige Gestellbauweise moderner Rundfunksender (hier eines 10/2-kW-Fernseh-Rundfunksenders) läßt äußerlich nichts vom komplizierten Innenaufbau des Senders erkennen

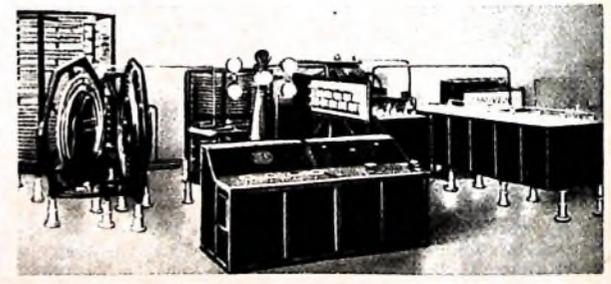
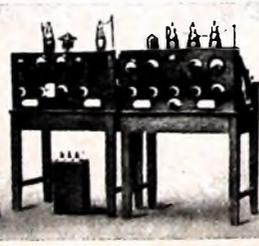
Aufnahmen: SEL

Lorenz-Paulsen-Sender mit etwa 1,5 kW Ausgangsleistung



Lorenz-Paulsen-Sender mit 50 kW Ausgangsleistung. Unten: Maschinensender der Funkstation Königswusterhausen mit 50 kW Ausgangsleistung

Lorenz-Röhrensender (erster Leipziger Rundfunksender) mit 1,5 kW Ausgangsleistung



# Aufbereitung von Stereo-Rundfunksignalen nach dem Abtastprinzip

DK 621.394.712 : 621.374

Zur „Selbstversorgung“ mit Stereo-UKW-Sendungen hatten auf der Großen Deutschen Funkausstellung 1963 Berlin einige Firmen auf ihren Ständen eigene Stereo-Sendeanlagen nach dem Pilottonverfahren (FCC-Verfahren) aufgebaut. In den Pausen zwischen den SFB-Stereo-Rundfunksendungen konnten diese Anlagen auf das Verteilungsnetz des Standes geschaltet werden. Die Loewe Opta AG benutzte in

Seitenbänder (23... 53 kHz) modulieren den FM-Sender mit einem Pegel, der gleich dem des Summensignals ist.

d) Um die Demodulation dieses Signals im Empfänger zu ermöglichen, wird vom FM-Sender noch ein Pilotton von 19 kHz, der mit dem unterdrückten 38-kHz-Hilfs-träger synchron ist, mit einer Amplitude von 10% der maximalen Senderaussteuerung ausgestrahlt.

18 kHz entstanden ist. Die am Ausgang der Modulationsstufe entstehenden beiden Seitenbänder des Hilfstägers von 38 kHz gelangen über einen Bandpaß BP (23 bis 53 kHz) zu einer Additionsstufe  $\Sigma$ .

An zwei weiteren Eingängen der Additionsstufe liegen die Pilottonfrequenz von 19 kHz und das aus der Matrixstufe über eine Laufzeitkette L herangeführte niederfrequente Summensignal  $\Sigma(t)$ . Diese Laufzeitkette mit ungefähr 30... 40  $\mu$ s Verzögerungszeit ist erforderlich, um die durch den Modulationsvorgang entstandenen Phasendifferenzen zwischen dem Summen- und Differenzsignal auszugleichen. Der Ausgleich kann jedoch nur für einen mittleren Phasenfehler erfolgen und ist im allgemeinen nicht für alle Tonfrequenzen gleichzeitig exakt durchführbar.

Am Ausgang der Additionsstufe wird das fertig aufbereitete Multiplexsignal über einen Tiefpaß TP mit 53 kHz Grenzfrequenz abgenommen. Dieser Tiefpaß hat die Aufgabe, etwaige beim Aufbereitungsprozeß entstehenden Oberwellen der Pilotton- oder der Hilfstägerfrequenz zu unterdrücken und das Multiplexbasisband auf 53 kHz zu begrenzen.

Bild 1. Blockbild der Stereo-UKW-Sendeanlage auf dem Loewe Opta-Stand auf der Funkausstellung

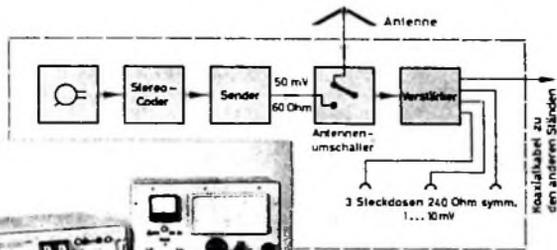
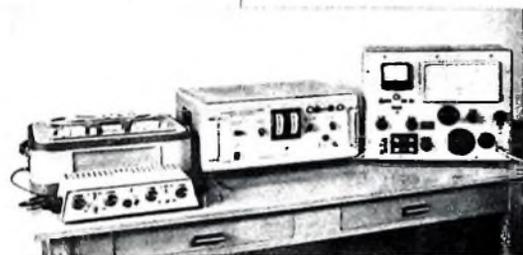


Bild 2. Ansicht der Sendeanlage. Links: NF-Stereo-Quelle (Magnet-längerröhre und NF-Verstärker); Mitte: Stereo-Coder „MST-6“; rechts: mit Stereo-Gesamtsignal modulierter UKW-Sender (Meßsender)

ihrer entsprechenden Anlage (Bilder 1 und 2) dabei einen neuen, nach dem Abtastprinzip [1] arbeitenden Stereo-Coder „MST-6“. Der Coder ist zur Aufbereitung der Stereo-Signale öffentlicher UKW-Sender ausgelegt.

## 1. Das FCC-Verfahren

Das von der FCC - der amerikanischen Senderüberwachungsbehörde - für Stereo-UKW-Sendungen zugelassene und auch in Deutschland empfohlene Pilottonverfahren ist kompatibel. Die Summe des rechten und des linken NF-Signals steht auf der Empfangsseite auch für einen monauralen Empfang der Sendung zur Verfügung. Die sich hieraus und aus anderen Bedingungen ergebenden Hauptpunkte des Verfahrens sind:

- a) Die Summe des rechten und linken NF-Signals (0,03... 15 kHz) moduliert den FM-Sender wie bei monauralen Sendungen direkt, jedoch mit einem Pegel von maximal 90% der zulässigen Senderaussteuerung.
- b) Die Differenz der beiden NF-Signale moduliert die Amplitude eines Hilfstägers von 38 kHz.
- c) Der 38-kHz-Hilfstäger wird auf einen Wert  $\leq 1\%$  unterdrückt, und seine beiden

## 2. Prinzip von Stereo-Codern für das FCC-Verfahren

Die Aufbereitung des den FM-Sender modulierenden Multiplexsignals kann auf zwei grundsätzlich verschiedene Arten durchgeführt werden, und zwar entweder nach dem Matrix- oder nach dem Abtastprinzip.

### 2.1. Stereo-Coder nach dem Matrixprinzip

Bei dem Matrixprinzip (Bild 3) erfolgt die Aufbereitung eines Multiplexsignals aus zwei NF-Signalen in enger Anlehnung an die unter 1. angegebene Zusammensetzung des Multiplexsignals.

Auf die beiden Eingangsverstärker folgt eine Matrixstufe, in der aus dem linken Eingangssignal  $a(t)$  und dem rechten Eingangssignal  $b(t)$  das Summensignal  $\Sigma(t) = a(t) + b(t)$  und das Differenzsignal  $\Delta(t) = a(t) - b(t)$  gebildet werden. Das Signal  $\Delta(t)$  wird auf eine Modulationsstufe  $M$  gegeben, die aus einer Amplitudenmodulationsschaltung mit Trägerunterdrückung (zum Beispiel einem Ringmodulator) besteht. Die Modulationsstufe wird von einer Hilfstägerfrequenz von 38 kHz gesteuert, die durch Verdopplung der vom Generator  $G$  gelieferten Frequenz von

### 2.2. Stereo-Coder nach dem Abtastverfahren

Eine andere Möglichkeit der Multiplexsignal-Aufbereitung ist die im Bild 4 dargestellte wechselseitige Abtastung der NF-Signalkurven des rechten und linken NF-Signals (Zeitmultiplexprinzip).

Die Hilfstägerfrequenz von 38 kHz, die wieder durch Verdopplung der vom Generator  $G$  gelieferten Pilottonfrequenz von 19 kHz gewonnen wird, steuert zwei gegenphasig arbeitende Schalter, die abwechselnd das rechte und das linke NF-Eingangssignal auf die Additionsstufe schalten. An der Additionsstufe liegt ferner die Pilottonfrequenz von 19 kHz. Der Ausgang der Additionsstufe ist über den Tiefpaß  $TP$  mit 53 kHz Grenzfrequenz mit dem Coderausgang verbunden, an dem das fertige Multiplexsignal abgenommen werden kann.

Man sieht, daß die Stufen für Signalmatrixierung, Modulation und Phasenausgleich bei diesem Prinzip entfallen und daß das rechte und linke Tonsignal völlig gleich behandelt werden. Es läßt sich aber rechnerisch zeigen, daß trotzdem das aus dem Coder kommende Signalgemisch völlig identisch ist mit dem, das nach der unter 2.1. beschriebenen Matrixmethode gewonnen wurde.

Die Ersatzschaltung für das im Bild 4 gezeigte Schaltprinzip ist aus Bild 5 ersicht-

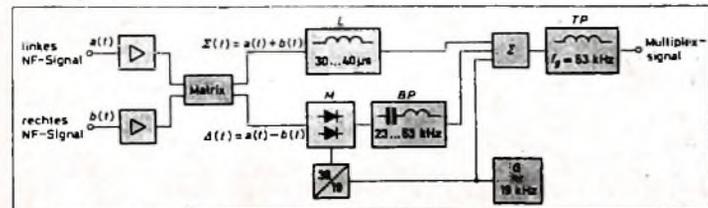


Bild 3. Blockbild eines Stereo-Coders nach dem Matrixprinzip

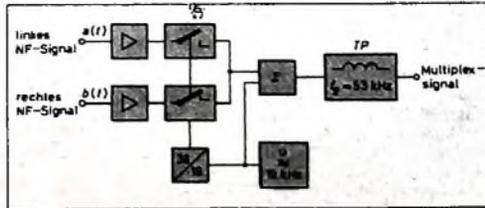


Bild 4. Blockbild eines Stereo-Coders nach dem Abtastprinzip

lich. Zwei im Gegentakt mit der Hilfsträgerfrequenz arbeitende Schalter schalten die beiden Eingangssignale  $a(t)$  und  $b(t)$  abwechselnd über einen endlichen Sperrwiderstand  $R_{sp}$  oder einen um einige Größenordnungen kleineren Durchlaßwiderstand  $R_d$  auf den Ausgang.

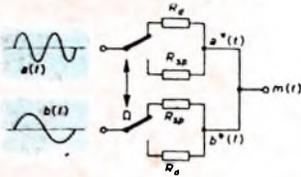


Bild 5. Ersatzschaltung für das in einem nach dem Abtastprinzip entsprechend Bild 4 aufgebauten Stereo-Coder verwendete Schalterverfahren

$R_{sp}$  und  $R_d$  müssen dabei so bemessen sein, daß eine Hüllkurvenkorrektur erreicht wird, die einer Verkleinerung des durch die vorgenommene Rechteck-Sinus-Umwandlung um den Faktor  $4/\pi$  vergrößerten im Multiplexsignal enthaltenen Seitenbandsignals entspricht. Ein praktisches Ausführungsbeispiel des im Bild 5 grundsätzlich dargestellten Schaltprinzips geht aus Bild 6 hervor

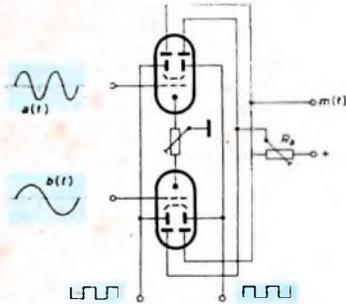


Bild 6. Schaltung der Zweikanalablaststufe eines Stereo-Coders mit Strahlableitkröhre

Als Schalter finden zwei moderne Strahlableitkröhren Verwendung, in denen der aus der Katode kommende Elektronenstrahl je nach dem an den beiden Ablenkelektroden herrschenden Potential auf die eine oder andere Anode gelenkt wird. Die Steuerung des Anodenstroms erfolgt wie bei üblichen Röhren mit Hilfe eines Steuergitters. In der gezeichneten Schaltung liegen die beiden NF-Signale  $a(t)$  und  $b(t)$  jeweils an dem Steuergitter einer Strahlableitkröhre, deren Ablenkelektroden von einer Rechteckspannung mit 38 kHz gegenphasig gesteuert werden. Die Anoden der beiden Röhren sind wechselseitig miteinander verbunden und arbeiten auf einen gemeinsamen Anodenwiderstand  $R_d$ , und zwar so, daß für ein Anodenpaar der volle Arbeitswiderstand und für das andere Anodenpaar ein einstellbarer Bruchteil des Arbeitswiderstandes wirksam ist. Dieser Bruchteil wird so eingestellt, daß die erforderliche Hüllkurvenkorrektur eintritt.

### 2.2.1. Vorteile des Abtastverfahrens

Das Codierungsverfahren nach dem Abtastprinzip hat gegenüber dem unter 2.1. erläuterten den Vorteil, daß im Coder keine Aufteilung der niederfrequenten Eingangssignale in Summen- und Differenzsignal, die in den weiteren Stufen völlig verschiedenen Prozessen unterworfen werden, erfolgt. Das optimale

Amplitudenverhältnis des auch hier im Multiplexsignal zur Verfügung stehenden Summensignals zum Differenzsignal in den 38-kHz-Seitenbändern ist dadurch über den ganzen Bereich 30...15000 Hz sehr konstant. Es lassen sich also Abweichungen zwischen Summen- und Differenzsignal nach Amplitude und Phase über den ganzen NF-Bereich weitgehend vermeiden, deren Folge ein frequenzabhängiges Übersprechen beider NF-Signale wäre. Die Anwendung von Strahlableitkröhren (beam-deflection tubes) in der Modulationsstufe ergibt eine saubere Schalterfunktion, geringe Verzerrung und gute Trägerunterdrückung.

Der Klirrfaktor und die Intermodulation des Coders sind sehr niedrig, da alle von

den Tonsignalen im Coder durchlaufenden Stufen im wesentlichen reine Verstärkerstufen sind, die durch geeignete Dimensionierung beliebig verzerrungsfrei gehalten werden können.

### 3. Stereo-Coder „MST-6“

#### 3.1. Anwendung

Der von Loewe Opta entwickelte neue Stereo-Coder „MST-6“ arbeitet nach dem unter 2.2. beschriebenen Abtastprinzip. Er entspricht in allen Einzelheiten den Empfehlungen, die im 3. Entwurf des Pflichtenheftes „Stereo-Coder für Pilotton-Verfahren“ der ARD vom 10.6.1963 festgelegt wurden, und eignet sich besonders zur Nachrüstung von UKW-FM-Rundfunksendern für Stereo-Betrieb. Der nachzu-

### Technische Daten des Stereo-Coders „MST-6“

#### Eingänge

Eingangswiderstand 2 kOhm; R und L über je einen Studio-Trennübertrager; zwei gekuppelte Stufenregler mit je 25 Stufen zu je 0,5 dB für den Pegelbereich von -4 bis +8 dB, außerdem von außen zugängliche kontinuierliche Trimmregler für jeden Kanal; 2 Tiefpässe  $f_0 = 15$  kHz, 46 dB Dämpfung bei 18 kHz

#### Ausgänge

2 Ausgänge für das Multiplexsignal  $R_L \leq 30$  Ohm; zulässige Belastung  $\geq 600$  Ohm und  $\leq 10000$  pF; Verkopplung der beiden Ausgänge innerhalb des zulässigen Belastungsbereichs  $< 0,05$  dB; Ausgangspegel normalerweise für +6 dB Bezugspegel (1 dB Maximalpegel) eingestellt, von außen nachstellbar; Pilotpegel  $-10$  dB  $\pm 1$  dB (0,7 V<sub>SS</sub>); RC-Kopplung

1 frontseitiger Kontrollausgang für Oszillografen

1 Ausgang für M-Signal: erdrefl.;  $R_L \leq 30$  Ohm; Belastung 300 Ohm, Übertragerkopplung

Bei Mono-Betrieb mit +6 dB Eingang an allen Ausgängen +6 dB

#### Trägerrest (38 kHz)

Von außen nachstellbar; bei Neueinstellung  $< 10^{-3}$ , nach 24 h  $< 4 \cdot 10^{-3}$ , nach 200 h  $< 8 \cdot 10^{-3}$  (bezogen auf Vollaussteuerung +11 dB)

#### Frequenzgang

Summensignal: (30...15000 Hz) mit wählbarer Preemphasie 0, 50, 75  $\mu$ s, die auch bei Mono-Betrieb wirksam ist; Abweichung  $< \pm 0,5$  dB vom Sollwert

Differenzsignal (23...53 kHz): mit Summensignal = 0,2 dB identisch

#### Klirrdämpfung

M-Signal (L = R): bei einem Ausgangspegel  
+10 dB  $> 48$  dB  
+12,5 dB  $> 44$  dB

S-Signal (L = -R): bei einem Ausgangspegel  
+10 dB  $> 47$  dB  
+12,5 dB  $> 45$  dB

#### Fremd- und Geräuschspannung

Bezogen auf einen Ausgangspegel von +5 dB/1000 Hz ist die

Fremdspannung  $< -67$  dB (ohne Restträger)

Geräuschspannung  $< -70$  dB

#### Übersprechen

Zwischen M und S  $< -40$  dB

Zwischen L und R

von  
100 Hz...5000 Hz  $< -50$  dB  
bei 40 Hz  $< -40$  dB  
bei 15000 Hz  $< -43$  dB

#### Pegelkontrolle

Zwei eingebaute Pegelmesser mit logarithmischer Skala

Linkes Instrument: Kanal L oder Pilotton

Rechtes Instrument: Kanal R oder Multiplexausgang

Eichung in % Aussteuerung (6 dB = 100 %) und „kHz“ Hub-Äquivalentwert; Hauptbereiche in vier Farben ausgelegt; Genauigkeit etwa  $\pm 1$  dB

#### Bedienungsorgane

##### Schalter für

a) Eingangspegel: 25 Stufen je 0,5 dB von -4...+8 dB für beide Kanäle gekuppelt, am Anfang und Ende des Drehbereichs je eine Aus-Stellung.

b) Betriebsart: L = -R, L = R, Normal, R = L, R = -L

c) Preemphasie 0, 50, 75  $\mu$ s

d) Anzeige:

Eingang - Nullpunkt - Ausgang

Kanal L / Kanal R Pilot / Multiplex

e) Mono, Stereo, Fernbedienung

f) Pilotton: Ein / Aus

g) Netz: Ein / Aus

Stellregler, an der Frontplatte, verdeckt:

a) Eingangspegel Kanal L

b) Eingangspegel Kanal R

c) Trägerrest

d) Pilottonamplitude

e) Pilottonphase

f) Ausgangspegel Multiplex

g) Anzeigenullpunkt Links

h) Anzeigenullpunkt Rechts

#### Fernbedienung

Mit einem eingebauten Relais kann die Mono- oder Stereo-Betriebsart über den eingebauten Handschalter oder über eine äußere Kurzschlußleitung ( $R \leq 300$  Ohm) geschaltet werden; offene Leitung = Mono-Betrieb

#### Netzteil

Anodenspannung und Betriebsspannung für Transistoren elektronisch stabilisiert; Heizung der Modulationsstufe mit EW-Widerstand stabilisiert

#### Ausführung

Für Gestellbau: „MST-6 BN 40 701“; Einschub A 5 DIN 41490 mit rücksseitigen Steckkontaktleisten DIN 41622 M/F 16 und zwei koaxialen 13-mm-Buchsen für die Multiplexausgänge sowie einer gleichen Buchse an der Frontplatte für Oszillografenanschluß; Gewicht 15 kg

Tischgerät: „MST-6 BN 40 701 G“; im Gehäuse ähnlich DIN 41490, mit Traggittern; Ventilator Kühlung; Gewicht 23 kg

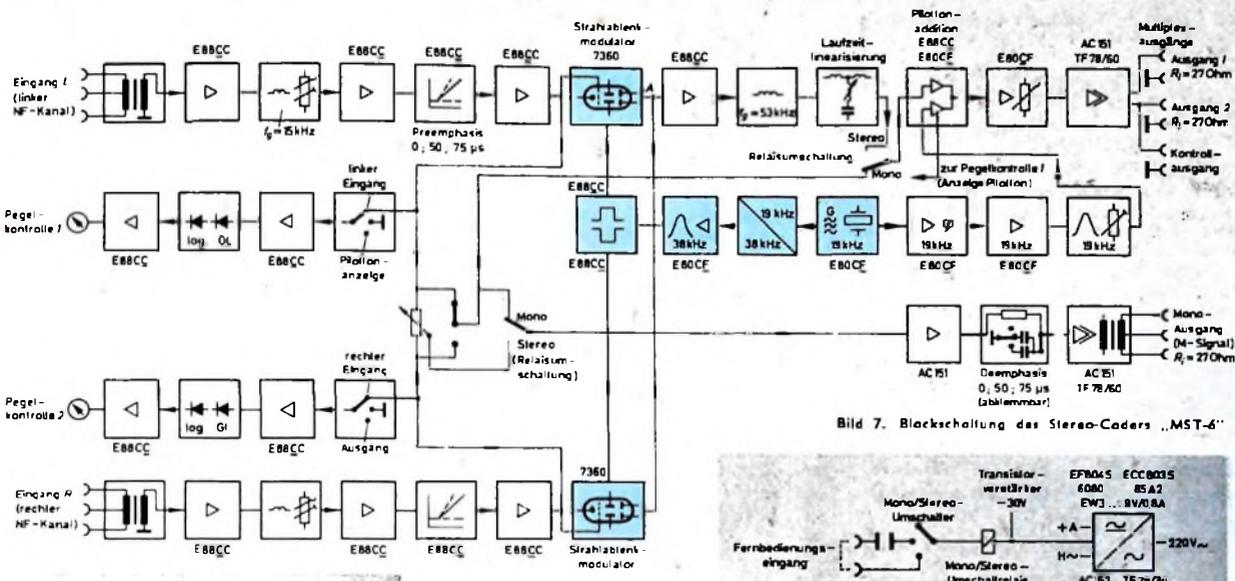


Bild 7. Blockschaltung des Stereo-Coders „MST-6“

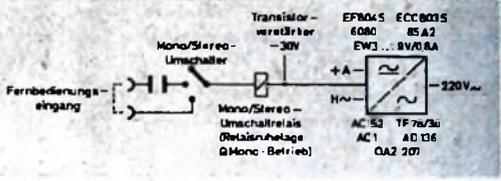


Bild 8. Blockschaltbild der Stromversorgung und der Mono/Stereo-Umschaltung des Stereo-Coders

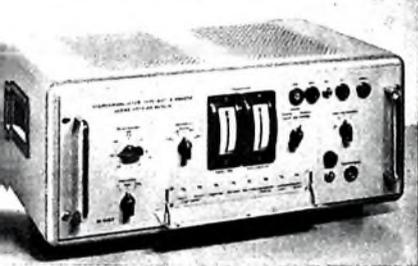


Bild 9. Ansicht des Stereo-Coders „MST-6“ von Loewe Opta

rüstende UKW-Sender sollte möglichst den Empfehlungen der „Ergänzung zum Pflichtenheft 5/1-UKW-FM-Rundfunksender (zusätzliche Anforderungen bei Stereo-Übertragung)“, 3. Entwurf vom 10. 6. 1963, entsprechen. Insbesondere muß der meistens dem FM-Modulator des Senders vorgeschaltete Trennübertrager umgangen werden, da dieser für das Multiplexsignal nicht genügend breitbandig (bis 53 kHz) ausgelegt ist.

3.2. Aufbau der Schaltung

Die Blockschaltung des „MST-6“ ist im Bild 7 wiedergegeben. Über ein eingebautes Relais läßt sich entsprechend Bild 8 die gewünschte Betriebsartenumschaltung Mono/Stereo mittels eines Umschalters oder über eine Fernbedienung (Kurzschlußkontakt) durchführen.

Die beiden Eingänge für den linken und rechten NF-Kanal des Coders sind vollkommen gleichartig aufgebaut. Beide NF-Signale werden zur Vermeidung von Erdungsschwierigkeiten über hochwertige Studio-Trennübertrager auf die Eingangskanäle gegeben und in einer mit je einem System einer E88CC aufgebauten Stufe verstärkt. Es folgen hochwertige Tiefpässe mit einer Grenzfrequenz von 15 kHz. Bei völlig konstantem Dämpfungsverlauf bis 15 kHz setzt oberhalb dieser Grenzfrequenz ein sehr steiler Abfall ein, der für 19 kHz einen Dämpfungswert von 46 dB erreicht. Hierdurch werden Interferenz- und Intermodulationseffekte von Ober-

wellen aus dem Tonfrequenzspektrum mit der 19-kHz-Pilottonfrequenz und der 38-kHz-Hilfsträgerfrequenz weitgehend vermieden.

Die anschließenden gekuppelten Stufenregler haben 25 Stufen zu je 0,5 dB und umfassen insgesamt einen Pegelbereich von +8 -4 dB. Je eine weitere Schalterstellung oberhalb und unterhalb dieses Bereichs ermöglichen eine Abschaltung beider Eingangssignale.

Nach einer weiteren Verstärkung der Signale kann in einer folgenden Preemphasistufe die Akzentuierung nach USA-Norm auf 75 µs oder nach UER-Norm auf 50 µs eingestellt oder beispielsweise für Meßzwecke ganz abgeschaltet werden. (Bei einem dem Sender vorgeschalteten Coder ist die Preemphasie des FM-Modulators des Senders abzuschalten; an deren Stelle tritt dann die auf 50 µs eingestellte Preemphasie des Coders, die auch bei Mono-Schaltung im Betrieb bleibt.)

Nach der Akzentuierung wird eine nochmalige Verstärkung durchgeführt, und anschließend werden die NF-Signale auf die Gitter je einer Strahlablenkroöhre 7360 gegeben. Mit Hilfe der beiden Strahlablenkroöhren erfolgt die wechselseitige Abtastung der Hüllkurven des rechten und des linken Eingangssignals. Hierzu wird in einer Quarzstufe eine 19-kHz-Schwingung erzeugt und anschließend auf 38 kHz verdoppelt sowie verstärkt. Eine darauffolgende Stufe nimmt die Umwandlung dieser 38-kHz-Sinusschwingung in zwei gegenphasige Rechteckschwingungen vor. Mit diesen beiden Rechteckspannungen steuert man (wie an Hand von Bild 6 geschildert) die Ablenkelektroden der Strahlablenkroöhren.

Das nun von den Anodenpaaren im richtigen Anteil zum Punkt A gelangende Multiplexsignal wird verstärkt und durchläuft einen phasenlinearen Tiefpaß mit einer oberen Grenzfrequenz von 53 kHz, der die noch im Multiplexsignal vorhandenen höherfrequenten Oberwellen sperrt. Anschließend wird noch eine Laufzeit-

linearisierung vorgenommen und das Signal dann auf eine Pilotton-Additionsstufe gegeben. Dieser Additionsstufe führt man gleichzeitig die von der Quarzstufe abgegebene und anschließend verstärkte sowie in ihrer Phase und Amplitude richtig eingestellte Pilottonfrequenz zu. Das erzeugte Gesamtgemisch steht nach Verstärkung schließlich an den Ausgängen des Coders zur Modulation des FM-Senders zur Verfügung.

Außer den beiden gleichwertigen, vorschrittsmäßig entkoppelten Ausgängen und einem Kontrollausgang für das Multiplexsignal ist noch ein weiterer erdfreier Mono-Ausgang vorhanden.

Bei Mono-Betrieb beträgt der Pegel an allen Ausgängen des Coders bei richtiger Einstellung des Eingangspegelreglers +6 dB. Der Eingangspegelregler kann einen Leitungspegel von -4... +8 dB anpassen. Bei Umschaltung auf Stereo-Betrieb reduziert sich der Multiplexausgangspegel automatisch um den Wert, der bei Vollaussteuerung für den Pilotton benötigt wird.

Die Pilottonamplitude an den Multiplexausgängen ist für Normalbetrieb mit +6 dB Bezugspegel eingestellt und beträgt demgemäß  $9 \pm 1\%$  von +11 dB (Vollaussteuerung), das heißt etwa 0,7 V<sub>eff</sub>, entsprechend einem Sendersollhub von 6,75 kHz.

Der Coder (Bild 9) enthält zwei eingebaute Pegelkontrollgeräte mit logarithmischen Skalen. Sie sind entweder auf die beiden NF-Eingangssignale oder auf den Multiplexausgang und den Pilotton schaltbar. Im praktischen Einsatz hat sich diese Überwachungsmöglichkeit sehr bewährt.

Schrifttum

- [1] Ratsch, J.: Vergleichende Betrachtung über die Aufbereitung von stereophonen Rundfunksignalen nach dem Matrix- und dem Abtastsystem. Elektron. Rdsch. Bd. 17 (1963) Nr. 5, S. 236-238
- [2] Stereo-Coder „MST-6 BN 40 701“; vorläufige Kurzinformation der Loewe Opta AG Jd.

# Warum Planar-Transistoren?

## 1. Einleitung

Die Planar-Technik ist ein verhältnismäßig neues Verfahren, Transistoren hoher Güte und ganz spezieller Eigenschaften herzustellen. Beim Planar-Transistor ist das gesamte System mit einer zur Maskierung verwendeten Oxydschicht überzogen, während beim Mesa-Transistor die Oxydmasken oder mechanischen Masken, die zur Begrenzung der Elektroden dienen, wieder entfernt werden. Die Oxydschichten bieten den empfindlichen pn-Übergängen des Planar-Transistors einen guten Schutz und gewährleisten deshalb stabile, zuverlässige Systeme.

## 2. Diffusionstechnik beim HF-Transistor

Hochfrequenztransistoren verlangen dünnste Basisschichten (< 1 µ). Durch die Diffu-

gezielte Ätzung und Diffusion erlaubt es wird dabei Silizium als Grundmaterial verwendet. Das Siliziumdioxid (Quarz), nahezu so fest wie Aluminiumoxyd, hat (im Gegensatz zu Germanium) eine vom Silizium gänzlich verschiedene Diffusionskonstante.

Man möchte wohl die kleine Bindungsenergie, das heißt den kleineren Energiesprung vom Leitungsband zum Valenzband, des Germaniums von 0,72 eV ausnutzen (bei Silizium 1,12 eV), um höhere Stromverstärkungen zu bekommen, nimmt diesen Nachteil des Siliziums jedoch in Kauf, um eine höhere Grenztemperatur (175 °C) und kleinere Restströme zu erhalten und um auch die zuverlässige Oxydtechnik anwenden zu können. Bild 2 zeigt links einen Querschnitt und rechts die Draufsicht eines Planar-Transistors.

Bei der Planar-Technik verkleinert sich der Leckstrom infolge der vollständig eingeschlossenen Grenzschichten. Dieser Vorzug ergibt kleine Rauschzahlen, kleinere Restströme, höhere Stromverstärkung und eröffnet ein weites Anwendungsgebiet in der Steuerungs- und Regelungstechnik. Die Ausnutzung der hohen Stromverstärkung bei kleinen Strömen, der sogenannten Anfangsstromverstärkung, ist nur möglich, weil eben der Reststrom eines Planar-Transistors um mehr als zwei Zehnerpotenzen kleiner ist als der von vergleichbaren legierten Siliziumtransistoren. Bild 5 zeigt die Abhängigkeit der Stromverstärkung  $B$  vom Collectorstrom bei einem legierten Siliziumtransistor und einem Planar-Transistor. Bei HF-Transistoren hat der Rauschwert eine besondere Bedeutung, weil sie häufig in Vorstufen eingesetzt werden müssen. Die Rauschanteile setzen sich analog dem Funkeffekt bei Röhren aus dem Rauschen in der Halbleiteroberfläche sowie aus Widerstandskomponenten zusammen und können mit Hilfe der Planar-Technik wesentlich verkleinert werden. Die Widerstandskom-

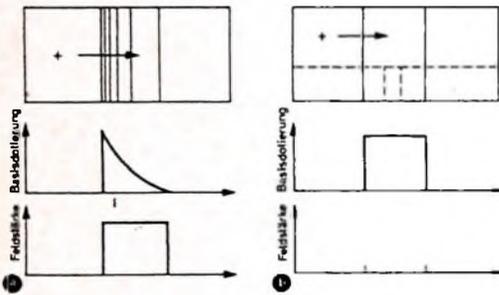


Bild 1 a) Basisdotierung und Feldstärke bei einem Diffusionstransistor, b) Basisdotierung und Feldstärke bei einem Legierungstransistor

Bild 2. Querschnitt (links) und Draufsicht (rechts) eines Planar-Transistors

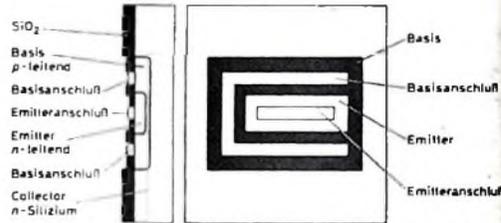
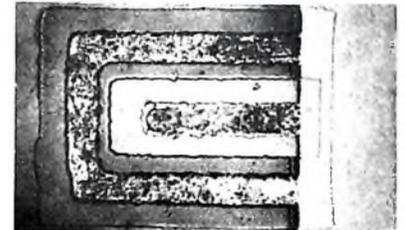


Bild 3. Teilweise angeschliffener Silizium-Planar-Transistor



sion (Einbau von Fremdatomen in das Ausgangsmaterial aus der Gasphase des Dotierungsstoffes) wird ein Driftfeld in der Basis erzeugt. Dabei handelt es sich um ein elektrisches Feld, das infolge der zum Collector hin abnehmenden Dotierung entsteht. Die Basis ist nicht ganz gleichmäßig dotiert, sondern die Störstellendichte steigt sprunghaft an und fällt dann langsam auf Null ab. Dieses Driftfeld, dessen Konzentrationsänderung nach einer Exponentialfunktion verläuft, verkürzt die Laufzeit und führt zu einer höheren Grenzfrequenz sowie zu einer Vergrößerung der Leistungsverstärkung. Bild 1a zeigt Basisdotierung und Feldstärke beim Diffusionstransistor. Im Bild 1b sind die entsprechenden Verhältnisse beim Legierungstransistor wiedergegeben. Ein besonderer Vorteil des Diffusionsverfahrens ist, daß verschiedene Metalle (Akzeptoren beziehungsweise Donatoren) unter gleichen Bedingungen verschieden schnell in den Kristall eindringen.

Die als Doppeldiffusion bezeichnete Diffusion des Emitters ist zur gleichen Zeit möglich, da die Diffusionskonstanten von Akzeptoren und Donatoren verschieden sind. Der Emittor wird bei höherer Dampfdichte in einer kürzeren Zeit hergestellt. Der pn-Übergang ist im Gegensatz zum diffusionslegierten Transistor sehr „weich“, weshalb eine höhere Sperrspannung zulässig ist. Die Emittorkapazität verringert sich natürlich auch, wodurch sich kürzere Schaltzeiten ergeben.

## 3. Silizium als Grundmaterial

Der Aufbau des Planar-Transistors erfordert einen Herstellungsgang, der eine

Im Bild 3 ist ein teilweise angeschliffener Silizium-Planar-Transistor zu sehen.

## 4. Güte eines Transistors

Sie ist im wesentlichen von drei Größen abhängig und ergibt sich aus

$$\frac{1}{8\pi} \cdot \frac{f_0}{r_B \cdot C_C} \approx P_{max\,dB}$$

( $f_0$  Grenzfrequenz,  $r_B$  Basiswiderstand,  $C_C$  Collectorkapazität).

Niederohmiger Basiswiderstand am Emittor (Diffusionstechnik) und kurzes Collectorbahngebiet charakterisieren den HF-Transistor, wenn die Collectorkapazitäten klein und die Sperrspannungen hoch genug sind.

Diese Forderungen sind mit dem Planar-Transistor nur zum Teil erfüllbar, da er zwar einen hochohmigen Bereich vor dem Collector hat, wodurch sich kleine Collectorkapazitäten und hohe Sperrspannungen ergeben, aber in bezug auf HF-Tauglichkeit nicht ganz genügt (niederohmiges Collectorbahngebiet bei kleiner Collectorkapazität). Die Lösung dieses Problems, also niederohmiges Collectorbahngebiet bei kleiner Collectorkapazität und hoher Sperrspannung, läßt sich nur mit Hilfe des Epitaxial-Planar-Verfahrens erreichen.

Ein weiteres Güte Merkmal stellt der Sperrstrom dar, der sich nach Bild 4 aus dem reinen (optimalen) Sperrstrom und dem Leckstrom zusammensetzt. Die Sperrschicht enthält besonders nahe der Oberfläche des Halbleitermaterials Defektstellen, die wie ein der Sperrschicht parallel liegender „Leckwiderstand“ wirken. Der hindurchfließende Strom überlagert sich dem Sättigungsstrom.

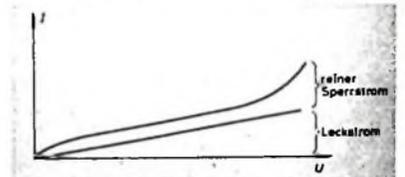


Bild 4. Der in Sperrrichtung fließende Strom  $I$  setzt sich aus dem reinen Sperrstrom und dem Leckstrom zusammen ( $U$  ist die in Sperrrichtung gepolte Spannung)

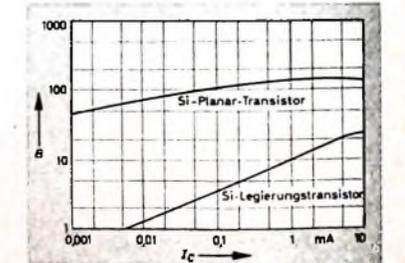


Bild 5. Abhängigkeit der Stromverstärkung  $B$  vom Collectorstrom  $I_C$  bei einem legierten Siliziumtransistor und einem Planar-Transistor

ponenten, deren Ursprung in den pn-Übergängen zu suchen ist, sind von dem Fertigungsverfahren fast unabhängig.

### 5. Epitaxial-Planar-Technik

Wie schon bemerkt, ist die Verstärkung bei hohen Frequenzen außer von der Grenzfrequenz auch noch von der Größe der Collectorkapazität abhängig. Die Collectordiode wird in Sperrichtung betrieben und bildet in dem gesperrten pn-Übergang eine Kapazität. Das Dielektrikum wird in diesem Fall von der Collectorsperrschicht direkt gebildet. Die Kapazität ist um so kleiner, je dicker dieses Dielektrikum ist. Es bieten sich also hier zwei Möglichkeiten an, die Kapazität zu verkleinern: dünneren Collector oder Collector mit geringerer Dotierung. Die erstgenannte Möglichkeit scheidet wegen mechanischer Gründe aus und führt wiederum zu einem

hohen Collectorbahnwiderstand und damit zu einer hohen Restspannung.

Unter der neuen Technik, „Epitaxie“ genannt, versteht man das Aufwachsen einer hochohmigen Schicht auf der fast metallisch leitenden Grundsicht eines Collectormaterials. Sowohl die POB- (push out base-)Technik als auch die Mesa- und die Planar-Technik haben gegenüber der MADT-Technik (micro-alloy-diffusionstransistor; hierbei wird eine elektrolytische Strahlätzung mit nachfolgender Abscheidung von Indium und Gallium angewendet) den Nachteil, daß das unvermeidlich dicke Collectorbahngebiet einen gewissen Widerstand darstellt, der wegen der hohen Restspannung Anlaß zu störenden Verlusten bei Schaltanwendungen gibt. Das schon genannte, nun zweischichtige Grundmaterial (niederohmige Grundsicht mit einkristallin aufgewachsener Hochohmschicht) wird als Grundlage für

die epitaxiale Mesa- und Planar-Technik genommen. Mit diesem Fertigungsverfahren ergeben sich kleine Restwiderstände und wegen der hochohmigen Zone kleine Collectorkapazitäten und höhere Sperrspannungen. Mit dieser neuen Technik können Transistoren hergestellt werden, die den höchsten Zuverlässigkeitsansprüchen gerecht werden.

### Schrifttum

- [1] Wiesner, R.: Physikalisch-technische Grenzen schneller Transistoren. Elektro-Anzeiger (1962) Nr. 2
- [2] Lee, C. A.: A high-frequency diffused base germanium transistor. Bell Syst. techn. J. Bd. 35 (1956) S. 23-24
- [3] Thornton, C. G., u. Angell, J. B.: Technology of micro-alloy diffused transistors. Proc. IRE Bd. 6 (1958) S. 1166-1176
- [4] Epitaxie (Sonderheft) IBM-Journ. 4. Juli 1960
- [5] a) Telefonen-Laborbuch Bd. II, S. 189. Ulm 1962, Telefonen AG

## Von der Funkausstellung 1963 Berlin

### Neue Meß- und Prüfgeräte • Service-Zubehör

An der Berliner Funkausstellung 1963 beteiligten sich auch Meßgerätehersteller. Obwohl verschiedene Firmen ihr Neuheitenangebot bereits in Hannover vorgestellt hatten, zeigten sie in Berlin doch noch einige neue Ergänzungstypen. Die Aussteller, die in Hannover nicht vertreten waren, präsentierten ihr gesamtes Geräteprogramm 1963/64 erstmalig auf der Funkausstellung. Gezeigt wurden vor allem verbesserte Einrichtungen für Werkstätten, ein großes Angebot an preisgünstigen Einzelgeräten und Spezialkoffer für den Service. Da sehr viele Fachhändler - sie sind meistens auch Werkstätteninhaber - die Funkausstellung besuchten, fanden die neuen Erzeugnisse der Meßgerätebranche starke Beachtung.

Wie man Werkstätten zweckmäßig einrichten kann, zeigte die Bundesfachgruppe Radio und Fernsehen im Zentralverband des Deutschen Elektrohandwerks im österreichischen Pavillon. Unter anderem waren ein Fernsehgeräte-Reparaturplatz, ein Fernseh-Wobbelschaltplatz, ein Wobbelschaltplatz für UHF-Tuner, ein Tonbandgeräte-Meß- und -Reparaturplatz, ein Phonogeräte-Serviceplatz sowie Reparaturplätze für röhrenbestückte und transistorisierte Rundfunkempfänger zu sehen.

#### Radio-Fernseh-Service-Koffer

Ein großer Teil der anfallenden Reparaturarbeiten wird heute in der Wohnung des Kunden abgewickelt. Gute Hilfe leistet

dabei der neue Radio-Fernseh-Service-Koffer „Assistent“ der Firma Bernstein Werkzeugfabrik, Remscheid-Lennep. Im abnehmbaren Deckel ist ein Spiegel mit praktischer Aufstellvorrichtung untergebracht. Die elektrische Ausrüstung besteht aus einem Heath-Röhrenvoltmeter „IM-11/D“ und dem Netzüberwachungsfeld mit Spannung- und Leistungsmesser. Vier Schubladen enthalten Abgleichwerkzeuge sowie Spezialwerkzeuge für Arbeiten an gedruckten Schaltungen. Außerdem sind eine Schnellhalterung für den betriebswarmen LötKolben, ein Fach für Meßschnüre, eine eingebaute Teströhrenbox für 30 Teströhren und acht handelsübliche Sortimentskästchen zur Aufnahme von Kleinmaterial vorhanden. Der stabile Holzkoffer ist außen mit strapazierfähigem grauem Kunstleder bezogen und innen mit Hart-PVC-Folie verkleidet.

Für den Außendienst-Techniker ist auch der kleine Bernstein-Koffer „Service-Set Allix 5500“ bestimmt. Er enthält verschiedene Zangen, Schraubenzieher, Abgleichwerkzeuge, Zentriervorrichtungen, Scheren, Pinzetten und weitere Spezialwerkzeuge. Der Koffer hat die Abmessungen 40,5 cm x 32,5 cm x 7,5 cm und wiegt 4,6 kg. Alle Werkzeuge liegen auf grauen Schaumgummi-Auskleidungen, in die die Werkzeugkonturen schwarz eingelegt sind. Das Fehlen eines Werkzeugs ist daher leicht zu erkennen. Die Werkzeug-Abdeckplatten können technische Unterlagen, Prospekte usw. aufnehmen.

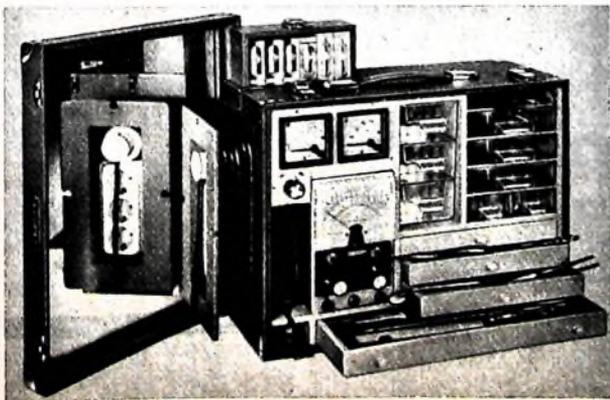
#### Neue elektronische Meß- und Prüfgeräte

Ein umfassendes Programm elektronischer Meß- und Prüfgeräte zeigte die Firma Tehaka, Augsburg. Neu ist das Eico-Röhrenvoltmeter „222“, ein handliches Vielzeigergerät mit 11,5 cm breitem Anzeigeelement für Gleichspannungs-, Wechselspannungs- und Widerstandsmessungen in je fünf Bereichen (Frequenzbereich 30 Hz bis 3 MHz, Eingangswiderstand 11 M $\Omega$ ). Es hat eine Meßwerk-Schutzschaltung, Polumschalter und Nullpunktverschiebung in die Skalenmitte. Interessant ist ferner das NF-Millivoltmeter „250“ mit Breitbandverstärker, dessen Meßverstärker (maximale Verstärkung im 1-mV-Bereich 60 dB, maximale Ausgangsspannung 5 Volt, Frequenzgang 8 Hz ... 800 kHz -3 dB) auch getrennt verwendet werden kann.

Für Werkstätten kommt der preisgünstige Service-Kleinoszillograf „430“ mit 7,5-cm-Röhre und allen technischen Eigenschaften auf den Markt, die für Service-Arbeiten wichtig sind. Die Empfindlichkeit des Vertikalverstärkers (Frequenzbereich 2 Hz bis 500 kHz, -6 dB bei 1 MHz) ist 25 mV/cm, während der Horizontalverstärker eine Empfindlichkeit von 250 mV/cm hat (Frequenzbereich 2 Hz ... 380 kHz).

Das neue Transistorprüf- und Vielfachmeßgerät „680“ ist für die Prüfung und Reparatur von Transistorgeräten bestimmt. Es erlaubt neben der Prüfung von Transistoren auch Gleichspannungs-, Gleichstrom- und Widerstandsmessungen (Spannungsbereiche 0 ... 5/50 V bei 20 k $\Omega$ /V, Strombereiche 0 ... 50/500  $\mu$ A, 0 ... 5/50/500 mA, Widerstandsbereiche 0 bis 2/200 k $\Omega$ /20 M $\Omega$ ).

Zum Eico-Lieferprogramm gehören unter anderem auch ein Klirrfaktormeßgerät mit Millivoltmeter, eine Kapazitätsmeßbrücke,

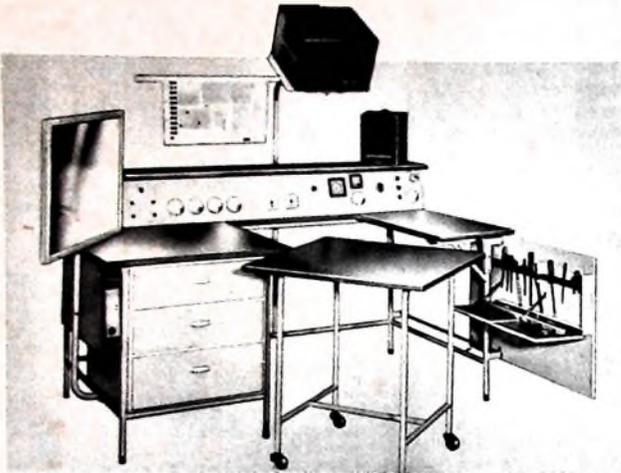


Radio-Fernseh-Service-Koffer „Assistent“ (Bernstein Werkzeugfabrik)

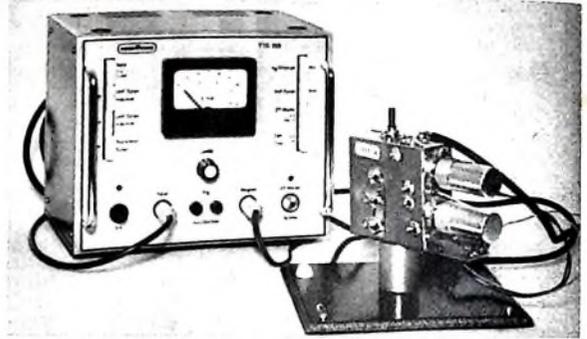
Unten: Kleinoszillograf „430“ (Eico)



Transistorprüf- und Vielfachmeßgerät „680“ (Eico)



Service-Tisch mit einschiebbarem Gerätewagen (Norddeutsche Apparatebau- und Vertriebsgesellschaft mbH)



Tuner-Testgerät „TTG 359“ (Nordmende)

ein Stromversorgungsgerät, ein Sinus-Rechteck-Generator und ein Griddipmeter. Alle Geräte können auch als Bausatz (ausgenommen das Klirrfaktormessgerät) geliefert werden.

#### Service-Tisch mit einschiebbarem Gerätewagen

Einen Service-Tisch mit einschiebbarem Gerätewagen, der von der Soba-Kundendienstabteilung entwickelt wurde, liefert die Norddeutsche Apparatebau- und Vertriebsgesellschaft mbH, Hamburg. Er gestattet es, am „Fließband“ zu reparieren, wenn die Service-Arbeit in der Werkstatt rationalisiert ist.

Das durchgehende Armaturenpult an der Rückseite des Tisches enthält einen Prüflautsprecher mit nieder- und hochohmigem Anschluß, vier Schukodosen, zwei Antennensteckdosen, ein Wattmeter (0 bis 300 W), einen Regel-Trenntransformator (50...250 V) mit Steckdose, eine Kontrolllampe mit Sicherungselement, eine Schukodose für den LötKolben und fünf Schukodosen an der Rückseite des Pults zum Anschluß der Meßgeräte. An der linken Seite des Tisches ist ein Dreh-Kippspiegel angebracht und an der rechten eine Ausziehplatte mit zweiteiligem Werkzeugfach. Die drei abschließbaren Schubladen unter dem Tisch bieten Raum für Kleinmaterial. Eine schräge Konsole an einem schwenkbaren Stahlrohrausleger eignet sich zum Aufstellen von Meß- und Prüfgeräten. Der Gerätewagen mit einer Abstellfläche von 75 cm x 75 cm läuft beim Einfahren in den Tisch auf zwei Schienen. Dabei wird er vom Boden abgehoben und hat dann einen festen Sitz. Nach der Fehlerortung im Gerät kann der Service-Techniker den Wagen ausfahren und die mechanischen Arbeiten von Hilfskräften außerhalb des Service-Tisches ausführen lassen.

Ferner liefert die Firma einen Wagen mit schräger Abstellfläche für Meßgeräte. In zwei geräumigen Schubkästen ist Platz für Service-Schriften, Prüflleitungen und Meßzubehör. Beide Seiten des Wagens haben Doppelsteckdosen für die Stromversorgung der Meßgeräte.

Am Stand dieses Herstellers war auch eine praktische Leuchtlupe zu sehen. Diese in Art einer Bürotischlampe ausgeführte Lupe, deren Fassung an einem leicht verstellbaren Schwannenhals befestigt ist, erweist sich vor allem bei Arbeiten an gedruckten Schaltungen als nützlich. Es gibt noch eine zweite Bauform mit langem

Scherenarm und Tischzwinde (Ausladung 100 cm). Für Laden und Werkstatt sind ferner fahrbare Fernseh- und Geräteständer interessant.

#### Tuner-Testgerät

Für den Aufbau eines Tuner-Reparaturplatzes, beispielsweise in Verbindung mit dem UHF-Wobbler „967“ und einem Oszillografen oder Sichtgerät fertigt Nordmende jetzt das Tuner-Testgerät „TTG 359“. Außer den Betriebsspannungen für Röhren- oder Transistortuner liefert es eine Gittervorspannung und zur Gleichlaufkontrolle beim Tunerabgleich eine ZF-Mittenmarke. Diese Marke läßt sich zum Einstellen des richtigen Höckerabstandes mit einem 3-MHz-Frequenzspektrum überlagern. Während des Tunerabgleichs können der Oszillatorstrom, der Gesamtstrom, die Automatikspannung und die Betriebsspannung gemessen werden. Besonders praktisch ist eine magnetische Spannvorrichtung, mit der sich der Tuner in der Arbeitslage festhalten läßt.

Erweitert wurde das Einschub-Programm für den Universal-Wobbelleistplatz „UWM 346“ um den Sichtschub „263“ mit der 10-cm-Katodenstrahlröhre DG 10-14, mit dem bei Wobbelmessungen Frequenzgänge dargestellt werden können. Der empfindliche Y-Verstärker ( $\approx 4,5$  mV/cm) gestattet Nulllinienklammerung. Die Höhe des Oszillogramms ist dabei unabhängig von Änderungen der Wobbelkurve.

Neu ist ferner im Nordmende-Programm die unsymmetrische Eichleitung „ELU 355“. Diese Kombination zweier getrennt voneinander einstellbarer Eichteiler läßt die Einstellung genau definierter Dämpfungswerte zu. Beide Eichteiler liegen in Reihe an einer 60-Ohm-Koaxialleitung. Genaue Dämpfungseinstellungen sind im Frequenzbereich bis 1000 MHz möglich.

#### Hochwertiges Röhrenvoltmeter

Insgesamt 17 Meßbereiche hat das neue Service-Röhrenvoltmeter „GM 6000“ von Philips. Es wird mit Diodenmeßkopf, eingebauter Eichspannungsquelle und Umpolsschalter geliefert. Der Gleichspannungsbereich ist 0...1000 V mit 10 MOhm Eingangswiderstand und der Wechselspannungsbereich 0...300 V (20 Hz...100 MHz) mit 3 MOhm || 8 pF Eingangsimpedanz. Widerstandsmessungen sind im Bereich 10 Ohm...5 MOhm möglich. Zu den Philips-Neuerungen gehört ferner ein Ersatzteile-Kasten für Miniaturlaufteile.

#### Service-Tische für Reparaturarbeiten an Fernseh-, Rundfunk- und Tonbandgeräten

Die jahrzehntelange Erfahrung in Kundendienst und Entwicklung werteter Telefunken bei seinen neuen Service-Tischen aus, die das Rationalisierungsprinzip berücksichtigen. Auf der Funkausstellung sah man einen Arbeitstisch für Fernsehreparaturen (s. Titelbild) und einen Arbeitsplatz für Reparaturen an Rundfunk- und Tonbandgeräten. In den Tischen sind alle für eine schnelle Reparatur erforderlichen Spannungsquellen sowie Instrumente für Spannungs- und Leistungsmessungen eingebaut. Die auf einem speziellen Gerätewagen angelieferten Fernseh-, Rundfunk- oder Tonbandgeräte lassen sich schnell anschließen, untersuchen und reparieren. Der Wagen wird mit den darauf stehenden und verbleibenden Geräten durch einen Handgriff fest mit dem Tisch verankert. Das Gerät bleibt so von allen Seiten frei zugänglich. Die insgesamt fünf Schubladen des Service-Tisches bieten Platz für Werkzeuge. Service-Unterlagen usw. Der Transportwagen hat ein schräg angebrachtes Fach zur Aufnahme der Geräterückwand oder des Gehäusedeckels. Die beiden gezeigten Service-Tische unterscheiden sich durch ihre verschiedenartige Ausstattung mit Meß- und Prüfgeräten.

#### Komplettes Meß- und Prüfgeräteangebot

Am Stand der Firma Ultron GmbH, München, wurde ein komplettes Meß- und Prüfgeräte-Programm für Service-Werkstätten vorgestellt. Besonders interessant sind - neben dem Breitband-Oszillografen „G 43“, dem Universal-Oszillografen „G 14“, dem HF-Prüfgenerator „HPG 18“ und dem „Sinus-Rechteck-Generator „SRG 22“ - der Signalgenerator „EP 57“, ein Universal-Prüfender für Abgleicharbeiten an Rundfunkempfängern, der sich auch als Markengeber für den Fernsehgeräteabgleich verwenden läßt, und das Radio-Transistorprüfgerät „RTP 62“. Bei diesem batteriebetriebenen Gerät handelt es sich um eine Prüfgerätekombination für die Fertigung und Wartung von Transistorempfängern. Der eingebaute Signalverfolger arbeitet wahlweise mit akustischer oder optischer Kontrolle. Zur Prüfung von Empfängerstufen steht eine amplitudenmodulierte (800 Hz, 40%) HF-Spannung von 1 MHz zur Verfügung. Mit dem eingebauten Meßinstrument lassen sich die Batteriespannung des Prüfgerätes und des zu untersuchenden Empfängers, die Stromverstärkung  $\beta$  von Transistoren sowie der Sperr- und Durchlaßstrom von Dioden messen. Zum Ultron-Lieferprogramm gehört auch ein Universal-Röhrenvoltmeter „R 123“ in bewährter Brückenschaltung mit den üblichen Meßbereichen.

Werner W. Diefenbach



## Internationaler Wettbewerb der besten Tonbandaufnahme (IWT)

Der 12. IWT findet in diesem Jahr vom 24.-29. Oktober in Lüttich statt. Ihm ging am 28. und 29. September der Nationale Wettbewerb (NWT) voraus, der in den Räumen der Uher-Werke in München abgehalten wurde, die auch die technischen Einrichtungen zum Abhören zur Verfügung gestellt hatten. Ausgerichtet wurde der NWT vom Ring der Tonbandfreunde (RDT), der alleinigen legitimen Vertretung für die Bundesrepublik Deutschland in der internationalen Vereinigung der Tonbandamateure, der Fédération Internationale des Chasseurs de Son (FICS). Der Jury unter Vorsitz von Herrn Runge (RDT) gehörten außerdem 18 Vertreter der Industrie, der Fachpresse und des Rundfunks an.

Gegenüber dem Vorjahr (vgl. FUNK-TECHNIK Nr. 20/1962, S. 684) stieg die Anzahl der zu bewertenden Aufnahmen von 56 auf 86. Ein erfreuliches Ergebnis, denn es kommt darin das wachsende Interesse weiter Kreise an dem Hobby Tonband als einem Mittel zur echten Freizeitgestaltung zum Ausdruck. Es muß aber auch festgestellt werden, daß das mittlere Niveau der diesjährigen Tonbandaufnahmen nicht das der vorjährigen erreichte. Zum Teil ist das darauf zurückzuführen, daß viele Teilnehmer sich zum ersten Male an einem solchen Wettbewerb beteiligten, zum Teil aber sicherlich auch darauf, daß der Erfahrungsaustausch unter den Tonbandfreunden noch zu gering ist. Hier bietet sich für den Ring der Tonbandfreunde eine große Aufgabe für die nächste Zukunft. Er sollte die Zeit bis zum nächstjährigen Wettbewerb nutzen und seinen Mitgliedern an Hand von ausgesuchten Beispielen aus dem diesjährigen Wettbewerb demonstrieren, was gut und was schlecht gemacht wurde.

Diese Arbeit müßte bereits mit der Erläuterung der Ausschreibungsbedingungen beginnen, denn wenn von 119 Einsendungen nur 86 gewertet werden können, weil 33 Tonbandaufnahmen (über 25%) die Voraussetzungen nicht erfüllen (zum Beispiel vorgeschriebene Zeitdauer überschritten, zu kurzes Vorspannband, Name des Einsenders im Text genannt usw.), dann ist es schade um die vertane Zeit. Manche sonst möglicherweise gute und aussichtsreiche Aufnahme ging dadurch von vornherein verloren.

Einige hervorragende Leistungen bewiesen einerseits, welche Gestaltungsmöglichkeiten einer guten Idee die oft bescheidenen technischen Mittel des Amateurs bieten. Andererseits hörte man aber auch Aufnahmen, die keineswegs das Prädikat „wettbewerbswürdig“ verdienen. Hier fehlte es manchmal an der notwendigen Erfahrung und an Selbstkritik. Es kann den jungen Tonbandfreunden nicht genug empfohlen werden, aufmerksam Hörspiele, Features und Reportagen des Rundfunks zu studieren und daraus für die eigene Arbeit zu lernen. Mancher Mangel an gestalterischer und technischer Phantasie läßt sich damit beheben, denn gute Beispiele regen das Können des Tonbandamateurs stets an.

Offenbar haben viele Tonbandamateure – ähnlich wie viele Schmalfilmmamateure – Angst vor der Schere Zugegeben, es ist manchmal nicht leicht, Teile der mit viel Liebe und Arbeitsaufwand hergestellten Aufnahme in den Papierkorb wandern zu lassen, aber Längen, Wiederholungen und unnötige Worte machen das akustische Geschehen nur langweilig. Ein Schnitt an der richtigen Stelle kann jedoch Wunder wirken: Er bringt Leben und Tempo.

Manche Tonaufnahmen waren technisch von überzeugender Qualität. Sie zeichneten sich durch studiömäßig linearen Frequenzgang, große Dynamik, sauber aufgenommene Zischlaute und hervorragende Silbenverständlichkeit selbst bei Chorgesang aus, hatten gekonnte Überblendungen und Schnitte, sauber aufgenommene Vorstimmung von den Abmessungen des Raumes, in dem sich das akustische Geschehen abspielte. Die Pegel der einzelnen Aufnahmen waren sorgfältig aufeinander abgestimmt, und Hintergrundmusik sowie Geräusche aller Art standen in jenem Verhältnis zur Sprache oder Musik, die das Ohr als angenehm und richtig empfand. Hört man dagegen Aufnahmen, die einen starken Brumm haben oder bei jeder Klebestelle die Membrane des Lautsprechers zu gefährden scheinen, dann kann man eigentlich nur noch den „Mut“ des Einsenders zur Kenntnis nehmen.

Merkwürdig war auch, welche Schwierigkeiten manche Wettbewerbsteilnehmer mit Sprachaufnahmen hatten. Besonders bei Dialogen wechselte der Charakter der Stimmen oft so stark, daß man glaubte, ganz verschiedene Stimmen zu hören. Auch änderte sich der raumakustische Eindruck manchmal erheblich, oder man hatte den Eindruck, die beiden Gesprächspartner in verschiedenartigen Räumen sprechen zu hören. Hier fehlten noch die elementaren Kenntnisse über die Eigenschaften der Mikrofone und die Erfahrungen im Umgang mit Mikrofonen. Nur probieren und immer wieder probieren hilft hier weiter, denn auch in der Tonaufnahmetechnik ist noch kein Meister vom Himmel gefallen. Der Amateur wird dann bald lernen, den Ton- und Sprachcharakter mit der akustischen Illusion vom Ort der Handlung zu koordinieren, und es wird dann nicht mehr vorkommen, daß die Sprache zu hallig klingt oder Vogelgezwitscher im Freien einen deutlichen Nachhall hat (weil es im Vogelhaus des Zoologischen Gartens aufgenommen wurde).

Und noch eines sollte der Teilnehmer an kommenden Wettbewerben beachten: Die Wiedergabe erfolgt über Hi-Fi-Anlagen, das heißt über Anlagen mit weitem, linearem Frequenzbereich und großer Dynamik. Er sollte deshalb danach trachten, mit möglichst linearem Frequenzgang aufzunehmen, weil jede Frequenzgangkorrektur bei der Aufnahme, zum Beispiel Anhebung der Tiefen bei Musikaufnahmen, sich bei der Wiedergabe über eine Hi-Fi-Anlage nachteilig auswirken kann. Darüber hinaus ist es zweckmäßig, auch die Senkrechtstellung des Spaltes des Magnet-

kopfes zu überprüfen. Bei Geräten mit kombiniertem Aufnahme-Wiedergabekopf kann innerhalb gewisser, verhältnismäßig weiter Grenzen nichts passieren, solange auf derselben Maschine aufgenommen und wiedergegeben wird. Beim Wettbewerb aber wird über eine Maschine abgehört, deren Spalt genau senkrecht steht. Nur zu leicht kann es dabei zu schlechter Höhenwiedergabe kommen, wenn man vor der Aufnahme den Kopfspalt des eigenen Tonbandgerätes nicht sauber justiert hat.

Alle diese kritischen Bemerkungen sollen aus der Sicht eines Jury-Mitglieds dem Tonbandamateure einige Hinweise für die eigene Arbeit geben. Alles in allem war das Ergebnis des NWT 1963 in München ein Erfolg für das Hobby Tonband. Es gab eine ganze Anzahl von bemerkenswerten Aufnahmen, von denen manche eine gute Chance beim IWT in Lüttich haben werden. Nicht zufriedenstellend waren die Leistungen in der Kategorie Stereo. Hier hatte man es in diesem Jahr nicht verstanden, das technische Mittel Stereo in den Dienst der Gestaltung einer Idee zu stellen. So begnügte man sich teilweise mit einfachen Links-Rechts-Effekten oder damit, Musik „live“ aufzunehmen. Das genügt nicht, denn eine Tonbandaufnahme im IWT wird nicht nur nach ihrer technischen Perfektion, sondern auch nach ihrer Idee und deren Gestaltung bewertet.

Aus dem NWT 1963 in München gingen in den einzelnen Kategorien die nachstehend genannten Tonbandamateure als die jeweils besten hervor:

### Kategorie A (Montagen)

Rita Maas, Dortmund: „Angst“

### Kategorie B (Dokumentaraufnahmen und Reportagen)

Tonbandamateureclub Leverkusen: „Klänge aus der guten alten Zeit“

### Kategorie C (Musikalische oder gesprochene Aufnahmen)

Karl Duschek, Braunschweig: „Seine Majestät“

### Kategorie D (Einmalige Tondokumente)

Wilhelm Glückert, Mainz: „Das Lied der Caldera“

### Kategorie E (Trickaufnahmen oder technische Montagen)

Siegfried Meyer zu Hoberge, Herdecke (Ruhr): „Multi-Playback für Gitarre“

### Schulkategorie

Philipp Schäfbuch, Finthen: „Schön ist die Welt, drum Brüder laßt uns reisen...“

Mit besonderer Genugtuung ist festzustellen, daß in diesem Jahr nach mehrjähriger Pause die Schulkategorie wieder vertreten war. Sie zeigte, welche Möglichkeiten sich der Schule in der Zusammenarbeit von Lehrern und Schülern bieten. Die eingereichte Aufnahme war die technisch saubere, gut geschnittene Vertonung einer gut gestalteten Idee, die es wert wäre, weit über den Rahmen dieses Wettbewerbs hinaus im Schulfunk als beispielhaft herausgestellt zu werden.

In der Gesamtwertung ergaben sich folgende Hauptsieger und Plätze:

Hauptsieger Mono: Philipp Schäfbuch, Finthen  
Hauptsieger Stereo: Tonbandamateurclub  
Leverkusen

Platz 1: Siegfried Meyer zu Hoberge,  
Herdecke (Ruhr)

Platz 2: Tonbandamateurclub Leverkusen

Platz 3: Friedhelm Fuchs, Dortmund

Platz 4: Rita Maas, Dortmund

Platz 5: Wilhelm Glückert, Mainz

Platz 6: Karl Duschek, Braunschweig

Platz 7: Hermann Quenbaum, Hildesheim

Platz 8: Klaus Rainer Scherer, Opladen

Platz 9: Wilhelm Glückert, Mainz

Platz 10: Jürgen Hellmund, Hannover

Zur Verteilung kamen 92 Preise im Gesamtwert von etwa 8000 DM. Folgende fünf beste Tonbandaufnahmen wurden von der Jury als Beitrag zum IWT 1963 in Lüttich ausgewählt: „Angst“ (R. Maas), „Klänge aus der guten alten Zeit“ (Tonbandamateurclub Leverkusen), „Kennedy“ (K. R. Scherer), „Das Lied der Caldera“ (W. Glückert), „Multi-Playback für Gitarre“ (S. Meyer zu Hoberge), „Schön ist die Welt,

drum Brüder laßt uns reisen...“ (Ph. Schäfbuch).

In Lüttich hat die Bundesrepublik Deutschland in diesem Jahr den Titel eines Weltmeisters zu verteidigen, den beim Wettbewerb 1962 in Straßburg Karl Heinz Wellinghoff, Eislerfeld, errang.

\*

Die meisten Tonbandamateure hatten zu ihren Aufnahmen technische Angaben über die Typen des oder der benutzten Tonbandgeräte und Mikrofone gemacht. Für den technisch interessierten Amateur ist es reizvoll, einmal die Technik im Spiegel der Statistik zu sehen. Zu diesem Zweck sind in Tab. I die in den einzelnen Kategorien benutzten Tonbandgeräte zusammengestellt und in Tab. II die entsprechenden Angaben für Mikrofone. Aus Tab. I erkennt man, wie weit dem technischen Aufwand nach die Skala der benutzten Geräte reicht, und aus Tab. II, welche Mikrofon-Typen sich des besonderen Interesses der ernsthaften Tonbandamateure erfreuen. Tab. III schließlich gibt einen Überblick über den Anteil der verschiedenen Spurbreiten und Bandgeschwindigkeiten.

Hersteller und Typ	Kategorie					St	Schule	Insgesamt
	A	B	C	D	E			
AKG								
M 35	2							2
M 76	1							1
M 76	1							1
M 85		1						1
Beutek								
MT 6	1							1
Grundig								
TK 1		4		1				5
TK 1 Luxus								1
TK 6		1						1
TK 8								1
TK 14								1
TK 16		1						1
TK 19						1		2
TK 20						1		1
TK 25	1	1	1					3
TK 30						1		1
TK 35	2	1	1					5
TK 41		1						1
TK 46						1		1
TK 47	1	2	1	2		2		8
TK 600 L						1		1
o. T.	1		1	2				4
Loewe Opta								
404				1				1
412	1							1
414	1		1					2
Philips								
RK 10					1			1
RK 12	1	1						2
RK 36	1							1
RK 40	2		2		2			6
RK 60						1		1
Qualla								
Studio II	1							1
Revox								
E 36	1		1		1			3
o. T.							1	1
Saba								
TK 125 B				1				1
TK 220 B					1			1
Telefunken								
Automatic		1						1
M 24	3		2		4			9
M 26			1					1
M 35			1					1
M 75		1	1		1			3
M 76	1	1			1			3
M 77						1		1
M 85	6	2	6	1	2			17
M 95			1					1
M 96	1							1
o. T.		1	1					2
Uher								
196	1		1					2
782	1							1
4000	6	9	2	3	1	1		21
SR II					1			1
Japanisches								
Fahrthaus								
DM 14	1							1
o. T. - ohne Typenangabe								
	37	26	27	12	20	6	1	131

Tab. I. Häufigkeitsverteilung der benutzten Tonbandgeräte

Tab. II. Häufigkeitsverteilung der benutzten Mikrofone

Hersteller und Typ	Kategorie					St	Schule	Insgesamt
	A	B	C	D	E			
AKG								
D 9 A	1							1
D 11 C	1							1
D 19 B	4	2				1		13
D 19 C	1		3	1			2	7
D 24 B			1					1
Beier								
M 61	1							1
Grundig								
GDM 12					1			1
GDM 1A				1				1
GDM 125			1					1
GDSM 202						1		1
OMB 125	1	2						3
Neumann								
D 24			1		1			2
U 67			1		1			2
Philips								
o. T.			1					1
Sennheiser								
MD 21	6	5	6	4	1			25
MD 421	3	2	4		2		1	12
MD 81					1			1
Telefunken								
D 11 B				1				1
Uher								
606		2						2
o. T. - ohne Typenangabe	18	13	27	7	7	4	1	77

Tab. III. Häufigkeitsverteilung der Spurbreiten und Bandgeschwindigkeiten

Kategorie	Spurbreite			Bandgeschwindigkeit in cm/s		
	voll	halb	viertel	9,5	19	38
A		20	1	13	8	
B		18		10	8	
C	4	19		9	12	2
D		9		6	3	
E	3	6			9	
St		2	3	1	4	
Schule		1			1	
	7	76	4	39	46	2

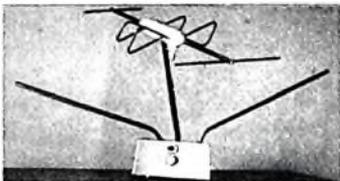
# Empfangsantennen-Neuheiten

DK 421 394 67; 421 397 42; 421 396 62

Obwohl erst vor gar nicht langer Zeit zusammenfassend über neue Empfangsantennen und Antennenzubehör berichtet wurde<sup>1)</sup>, ist doch schon wieder manches nachzutragen. Nicht alle Antennenformen, die auf der Funkausstellung in Berlin ausstellten<sup>2)</sup> brachten Weiterentwicklungen; hier und da war aber doch Neues zu verzeichnen.

## Fernseh-Zimmerantennen

Engels zeigte mit der „Zitra 63“ jetzt eine neue Zimmerantennen-Lösung. Die „Zitra 63“ enthält für VHF einen verkürzten, geknickten Dipol (beliebig schwenkbar) und für den gesamten UHF-Bereich eine 4-Elemente-Antenne, die ebenfalls schwenkbar auf dem Fuß angeordnet ist. Im Fuß der Antenne sind – mit je einem Transistor GMO 280 bestückt – ein kleiner VHF-Breitbandverstärker (Verstärkung etwa 15 dB) und ein abstimmbarer UHF-Verstärker (Verstärkung 10 ... 15 dB) sowie eine 9-V-Kompaktbatterie für die Stromversorgung der Verstärker untergebracht. Die Antenne kann in der Wohnung unab-



Fernseh-Zimmerantenne „Zitra 63“ (Engels)

Fernseh-Zimmerantenne „Zifa 34a“ (Hirschmann)



Fernseh-Zimmerantenne „Telix“ (Kathrein)



hängig vom Standort des Empfängers an günstiger Stelle aufgestellt oder aufgehängt werden. Die Verstärker gleichen die Dämpfung eines bis zu 20 m langen von der Antenne zum Empfänger führenden Kabels (abgeschirmtes Koaxialkabel) aus. Als Rauschzahl der Verstärker wurde 5 ... 8 genannt. Die „Zitra 63“ ist auch mit nur einem VHF-Verstärker oder mit nur einem UHF-Verstärker lieferbar.

1) Neue Fernseh-Empfangsantennen. Funk-Techn. Bd. 18 (1963) Nr. 14, S. 496-498  
Neues Empfangsantennen-Zubehör. Funk-Techn. Bd. 18 (1963) Nr. 16, S. 538

2) R. Bosch Elektronik, Engels, Juba, Hirschmann, Kathrein, Roka, Schuricht, Siemens, Ultron, Wul, Zehnder

Bei Kathrein fand man die neue Zimmerantenne „Telix“ für VHF und UHF (getrennte Empfängeranschlußsnüre). Diese Antenne ist eine Weiterentwicklung der bekannten Antenne „Telefix“ und zeichnet sich dieser gegenüber durch eine vergrößerte Aufnahmefähigkeit der horizontal angeordneten Elemente aus. Für den VHF-Bereich enthält die Antenne zwei verkürzte  $\lambda/2$ -Schleifendipole und für den UHF-Bereich zwei  $\lambda$ -Schleifendipole. Äußerlich zeichnet sich die Antenne durch eine neuzeitliche rechteckige Form der Schleifendipole und des Trägers der Elemente aus.

Hirschmann modernisierte die „Libelle“-Zimmerantennen. Der Fuß der neuen Antennen wird jetzt in zeitloser Form aus bruchsicherem antistatischen Kunststoff gefertigt und ist damit kein Staubfänger mehr. Die neue Anordnung wird bei den Antennen „Zifa 34a“ (Bereiche III und IV/V), „Zifa 40a“ (Bereich IV/V) und „Zifa 100a“ (Bereich III) angewendet.

## Fernseh-Außenantennen

Neuheiten erstreckten sich bei einigen Firmen auf Ergänzungen bestehender Antennenserien und auf Weiterentwicklungen konstruktiver Einzelheiten.

Bei Kathrein haben alle Fernsehantennen der neuen Baureihe „K 63“ für die Bereiche I, III und IV/V jetzt ein neues vier-eckiges Kunststoffanschlußkästchen. Im Verhältnis zu den bisher verwendeten Rundgehäusen ist dieses Anschlußkästchen geräumiger. Für das Ankleben der Leitungen oder das Einsetzen eines Übertragers ist kein Schraubenzieher mehr notwendig, da kräftige Rändelschrauben verwendet werden. Das neue Gehäuse und die Elementbefestigungen der Antennen werden aus dem hochwertigen Kunststoff „Polypropylen“ hergestellt, der mechanisch hochbeanspruchbar ist und auch bei extremen Temperaturbeanspruchungen seine Elastizität beibehält.

## Bereich-I-Antennen

Die bisher verschiebbar angeordneten Elemente der Bereich-I-Antennen von Kathrein wurden bei den meisten Typen jetzt festgelegt. Durch die Festlegung wird das Ausklappen der Elemente bei der Montage nicht beeinträchtigt.

## Bereich-III-Antennen

Die R. Bosch Elektronik GmbH stellte eine neue 4-Elemente-Antenne für den erweiterten Bereich III (Kanäle 5 ... 12) vor. Die Antenne (Gewinn 5,5 ... 6,5 dB, Vordruckverhältnis etwa 15 dB) ist als „FA 4 B III“ für Mastmontage und als „FF 4 B III“ für Fenstermontage erhältlich. Symmetrierglieder und Einsatzfilter lassen sich in dem Anschlußgehäuse unterbringen.

Als preisgünstige Parallelserie zu ihren bewährten Feder-Rast-Automatik-Antennen schuf Engels neu die Serie „S“ mit schwenkbaren, aber nicht selbsttätig einrastenden Elementen (Breitbandantennen mit 4, 6, 10 oder 14 Elementen; Vierkanal-Antennen mit 6 oder 10 Elementen; Ein-

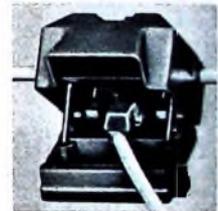
kanal-Antenne mit 13 Elementen; Kombinationsantennen mit 12 Elementen für die Kanäle 8 und 34 oder 8 ... 11 und 24 ... 30).

Hirschmann führte bei den Bereich-III-Antennen eine neue Kabelanschlußdose ein. Diese Anschlußdose ist selbst bei senkrechter Montage für vertikale polarisierte Sender gut gegen Regenwasser abgedichtet. Der Anschluß des Kabels erfolgt am losen Deckel, so daß die Möglichkeit einer Vormontage des Kabels gegeben ist. Eine Schnellspannklemme gewährleistet mit Hilfe eines nach allen Richtungen schwenkbaren Klemmsteiges einen von der Dicke des Kabels und seiner Adern unabhängigen gleichmäßigen Klemmdruck. Messerkontakte, die in Buchsen mit mehreren voneinander unabhängigen Federn eingeschoben werden, sorgen für zuverlässigen Kontakt zum Dipol. Mit Hilfe eines eingebauten Symmetriergliedes ist wahlweiser Anschluß von symmetrischem



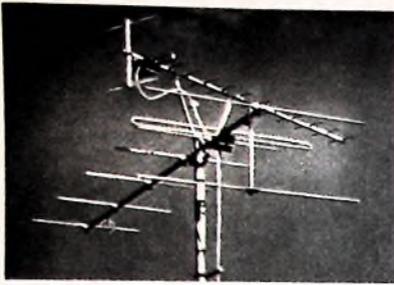
Anschlußgehäuse mit eingesetztem Übertrager für 60 Ohm der Antennen-Baureihe „K 63“ (Kathrein)

Neue Kabelanschlußdose von Kathrein für Bereich-III-Antennen

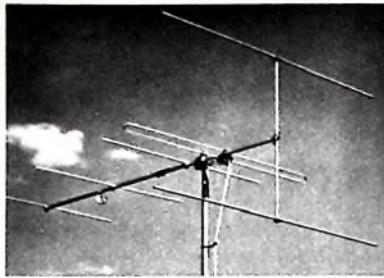


Kabel (120 ... 300 Ohm) oder von koaxialem Kabel (60 Ohm) möglich. Im Gehäuse ist auch Platz für eine Einbauweiche. Ein Blitzschutz ist bei den mit diesem Anschlußkästchen ausgerüsteten Antennen nicht mehr erforderlich, da die Faltdipolmitte leitend mit dem geerdeten Träger verbunden ist.

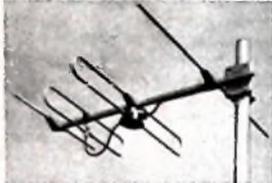
Die von Kathrein auf der Hannover-Messe angekündigte Umstellung auch der Bereich-III-Antennen auf eine neue Serie „K 63“ ist jetzt durchgeführt. Dabei konnten durch eine günstige Bemessung bessere Kennwerte und durch bessere Anpassung an den heutigen Ausbau des Sendernetzes eine Reduzierung der Typenanzahl erreicht werden. Alle kleineren Antennentypen stehen jetzt nur noch als Breitbandantennen für den ganzen Bereich zur Verfügung, während die mittleren Antennentypen (beispielsweise „Optima“ und „Maxima“) als Kanalgruppen-Antennen umdimensioniert wurden. Als Kanalantenne ist nur noch die Hochleistungsantenne „Gigant“ erhältlich. Weiter als Bereichantennen werden – neu umdimensioniert – die „Multika“ und „Multigant“ geliefert. Alle neuen Band-III-Antennen erhielten eine neue Befestigung der Elemente. In einem fest am Abstandsrohr angeordneten Kunststoffteil sind die Elemente mit einem weiteren, eingesetzten Kunststoffteil beweglich gelagert; sie lassen sich aus der zusammengeklappten Form mit einem einzigen Handgriff sicher einrasten. Infolge



Mehrbereich-Kombinationsantenne „Fesa 816 L“ von Hirschmann



Hochleistungs-UKW-Antenne „U 6“ (Hirschmann)



Spezialantenne (Testantenne) „SP 322“ von fuba für den Fernsehbereich III

der Verwendung dieser klappbaren Kunststoffhalterung sind Korrosionen ausgeschlossen.

#### UHF-Antennen (Bereich IV/V)

Aus der bisherigen Antenne „Dezi Dura 8“ entwickelte Kathrein die neue „Dezi Dura 11“, die für alle Kanäle im Bereich IV/V einsetzbar ist (11 Elemente, Gewinn 6 bis 9,5 dB, Vor-Rückverhältnis 14 ... 23 dB, horizontaler Öffnungswinkel 41 ... 64°, vertikaler Öffnungswinkel 50 ... 90°). Für den Empfang in der Moselgegend erschien bei Kathrein eine Spezialantenne „Multitan“ mit besonders guten Empfangseigenschaften (22 Elemente, Kanäle 21 ... 37, Gewinn 9 ... 13,5 dB, Vor-Rückverhältnis 20,5 bis 28 dB, horizontaler Öffnungswinkel 28 bis 46°, vertikaler Öffnungswinkel 32 ... 53°). Alle UHF-Antennen erhielten das neue Kathrein-Anschlußkästchen.

#### Kombinationsantennen

für die Bereiche III und IV/V Hirschmann erweiterte die breitbandigen Kombinationsantennen um zwei Typen. Die neue mit 13 Elementen aufgebaute Mehrbereich-Kombinationsantenne „Fesa 13 L“ ist in allen Kanälen der Bereiche III und IV/V für den Empfang von Sendern geeignet, die in annähernd gleichen Richtungen liegen. Bei dieser preisgünstigen Antenne werden wie bei den im Frühjahr herausgebrachten Antennen „Fesa 16 L“ und „Fesa 18 L“ ein VHF-Faltdipol und ein UHF-Breitbanddipol mit einer starren Koppelleitung verbunden. Ein offenes Leitungsstück am VHF-Dipol und dicht vor dem UHF-Dipol angebrachte Koppelstäbe halten den Widerstand der Antenne in den weiten Empfangsbereichen in zulässigen Grenzen und verbessern auch die Empfangseigenschaften (Bereich III: Gewinn im Mittel 3,5 dB, Vor-Rückverhältnis 16 ... 22 dB; Bereich IV/V: Gewinn 5,5 ... 10 dB, Vor-Rückverhältnis 18 ... 28 dB). Zusätzlich zu der ebenfalls im Frühjahr herausgebrachten Mehrbereich-Kombinationsantenne „Fesa 4/16 AM“ für den Empfang von aus verschiedenen Richtungen einfallenden Sendern in den Bereichen III und IV/V erschien jetzt auch die größere, ähnlich aufgebaute Antenne „Fesa 816 L“. Sie besteht aus einer 8-Elemente-Antenne für den Bereich III, auf die an einem drehbaren Bügel eine UHF-Antenne mit 16 Elementen

ten aufgesetzt wurde (Bereich III: Gewinn 8 ... 10 dB, Vor-Rückverhältnis im Mittel 20 dB; Bereich IV/V: Gewinn 6,5 ... 11 dB, Vor-Rückverhältnis 18 ... 20 dB).

#### Spezialantennen

Bei fuba erstreckten sich Neuentwicklungen von Empfangsantennen vor allem auf verschiedene kommerzielle Antennen. So steht beispielsweise eine große Antennenanordnung mit vier zirkularpolarisierten Kreuz-Yagis für den Empfang von Satellitensignalen (136 ... 174 MHz) zur Verfügung. Durch elektronisches Umschalten (25mal in der Sekunde) kann zur Ortung des Satelliten die Keule des Antennendiagramms sehr schnell geschwenkt werden. Verwiesen sei bei fuba unter anderem auch noch auf die Testantennen „SP 322“ (Bereich III, 4 Elemente, leichte Antenne für Dachmontage auf Kraftfahrzeugen, Gewinn 6 dB, Vor-Rückverhältnis > 18 dB, horizontale Bündelung 60°, Spinner-Anschluß) und „SP 45 121“ (Bereich IV/V, 13 Elemente, Gewinn 8 dB, Vor-Rückverhältnis > 18 dB, horizontale Bündelung 45°, Spinner-Anschluß).

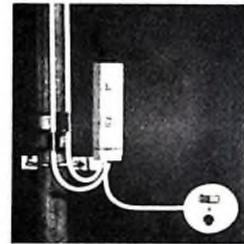
#### UKW-Antennen

Die UKW-Antennen für den Frequenzbereich 87 ... 104 MHz ergänzte Hirschmann jetzt mit einer 6-Elemente-Antenne „U6“. Diese Antenne wurde vor allem für besonders schwierige Empfangsverhältnisse geschaffen und dürfte ebenfalls im Hinblick auf den kommenden Stereo-Rundfunk als sehr leistungsfähige Antenne Interesse finden. Auch diese Antenne hat den neuen Kabelanschlußkasten erhalten. Technische Daten: Gewinn 7,5 ... 8,5 dB, Vor-Rückverhältnis 20 dB, horizontaler Öffnungswinkel 61°, vertikaler Öffnungswinkel 80°, mechanische Länge 2,46 m, elektrische Länge 0,7 ... 0,83 λ, Widerstand 240 Ohm symmetrisch, Anschluß für symmetrische Kabel 120 ... 300 Ohm, Anschluß von 60-Ohm-Koaxialkabel mit Hilfe eines Einbauübertragers.

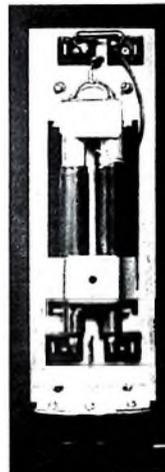
#### Zubehör

Als Zubehör für Einzel-Antennenanlagen mit koaxialer Niederführungskabel führte Siemens jetzt ein Antennen-Umschaltrelais „SAZ 7050“ mit Steuerenteil vor. Dieses Relais ist besonders dann zweckmäßig, wenn bei einer Zusammenschaltung zweier Antennen oder zweier Antennenkombinationen – vor allem für Nachbarantenne – auf die gemeinsame Niederführung der Aufwand an Weichen und Nachbaranschlüssen sehr groß ist oder wenn dabei für zumindest eine Antenne die Dämpfung der Antennenspannung zu groß sein würde. Wie aus dem Prinzipschaltbild hervorgeht, ist das Steuergerät beim Teilnehmer in der Antennensteckdose untergebracht. Diese enthält auch eine kleine 6-V-Stubatterie für die Stromversorgung. Als Steuerleitungen dienen normalerweise die

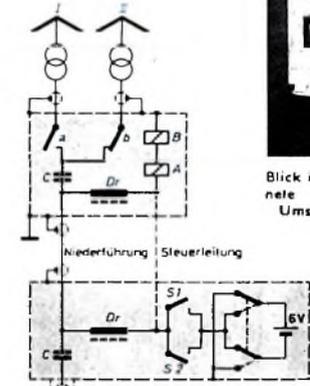
Koaxialleitung und ihre Abschirmung. Die Drosseln  $D_r$  und die Kondensatoren  $C$  bilden Gleichstrom- und HF-Weichen. Mit Hilfe von zwei Umschaltdrucktasten  $S_1$  und  $S_2$  im Steuerenteil wird ein entsprechend gerichtetes Gleichstromimpuls (53 mA) auf die beiden hintereinander geschalteten Relaissteuerwicklungen  $A$  und  $B$  gegeben. Die diesen Steuerwicklungen zugehörigen Umschaltkontakte  $a$  und  $b$  (hochwertige Schutzgaskontakte) legen entweder die Antenne I oder die Antenne II auf die Niederführung. Die jeweilige Kontaktstellung wird durch einen kleinen Dauermagneten aufrechterhalten. Eine zusätzliche Steuerleitung (im Prinzipschaltbild gestrichelt gezeichnet) ist nur dann erforderlich, wenn die Niederführung hinter dem Umschaltrelais mit weiteren Antennen über Weichen zusammengeschaltet wird, die eine Unterbrechung des Gleichstromweges über die Ader bewirken. Durchlaßdämpfung und Übersprechdämpfung des neuen Antennen-Um-



Antennen-Umschaltrelais „SAZ 7050“ von Siemens mit Steuerenteil



Blick in das geöffnete Antennen-Umschaltrelais



Funktionschaltung des Antennen-Umschaltrelais

Tab. I. Durchlaßdämpfung und Übersprechdämpfung des Antennen-Umschaltrelais „SAZ 7050“ von Siemens

Bereich	Durchlaßdämpfung [dB]	Übersprechdämpfung [dB]
U	0,5	38
FI	0,6	43
F III	0,6	35
F IV	1,0	30
F V	1,5	26

schaltrelais gehen aus Tab. I hervor. Das in Antennennähe unterzubringende Relais ist in einem zylindrischen Metallbecher eingebaut und eignet sich sowohl für Überdach- als auch für Unterdachmontage. j.d.

# Einführung in die Vektoralgebra

## Einleitung

Alle physikalischen Begriffe kann man als Tensorgrößen auffassen, die sich in der Stufenzahl der zu ihrer Beschreibung erforderlichen Tensoren unterscheiden.

In dieser Terminologie sind skalare Größen Tensoren nullter Stufe, vektorielle Größen Tensoren erster Stufe, Dyaden Tensoren zweiter Stufe usw. Die Vektorrechnung lehrt, wie man mit Vektoren zu rechnen hat. Sie teilt sich ein in die Vektoralgebra und in die noch wesentlich wichtigere Vektoranalysis. Für die Vektoralgebra benötigt man keine Kenntnisse der höheren Mathematik, hingegen sind sie für die Vektoranalysis unbedingt erforderlich. In diesem Beitrag wird die Vektoralgebra insofern etwas erweitert, als die Differentiation und Integration von parameterabhängigen Vektoren mitbehandelt wird.

Als Beispiele für einige skalare Größen der Elektrizitätslehre seien die Masse  $m$ , die Ladung  $q$  und die Permeabilität  $\mu$  angeführt.

Vektorielle Größen der Elektrizitätslehre und Mechanik, der Hauptanwendungsgebiete der Vektorrechnung, sind zum Beispiel der Ortsvektor  $r$ , die Kraft  $K$ , die elektrische Feldstärke  $E$ , die Verschiebungsdichte  $D$ , die Stromdichte  $i$ , die magnetische Feldstärke  $H$ , die magnetische Flußdichte  $B$  usw. Diese Beispiele sind natürlich unvollständig. Tensorielle Größen der Elektrizitätslehre sind beispielsweise der Maxwell'sche Spannungstensor  $T$  und in einem anisotropen dielektrischen Medium der Dielektrizitätstensor

$$\epsilon = \begin{pmatrix} \epsilon_{11} & \epsilon_{12} & \epsilon_{13} \\ \epsilon_{12} & \epsilon_{22} & \epsilon_{23} \\ \epsilon_{13} & \epsilon_{23} & \epsilon_{33} \end{pmatrix}$$

In einem speziellen Bezugssystem, dem System der dielektrischen Hauptachsen, kann der Dielektrizitätstensor  $\epsilon$  auf die einfache Form

$$\epsilon = \begin{pmatrix} \epsilon_1 & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_2 & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_3 \end{pmatrix}$$

gebracht werden.

In einem dielektrisch isotropen Medium ist  $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3$ . Der symmetrische Dielektrizitätstensor  $\epsilon$  entartet dann zur Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$ . Nach den bisherigen Ausführungen kann ein Tensor zweiter Stufe als Matrix betrachtet werden.

Obwohl man sich über den Vektorcharakter vieler physikalischer Größen im klaren ist, wird bei praktischen Berechnungen sehr oft auf die durch Einführung des Vektorkalküls gegebenen Vorteile verzichtet. Meist wird dann mit den skalaren Vektorkomponenten statt direkt mit Vektorgrößen gerechnet. Dabei geht natürlich der durch den Vektorkalkül gegebene Vorteil wieder verloren. Die Berechnung gestaltet sich außerdem in den meisten Fällen sehr mühsam und zeitraubend. Der Grund dafür ist leicht einzusehen. Ein Vektor hat im dreidimensionalen Raum drei Komponenten. Eine Vektorgleichung im dreidimensionalen Raum umfaßt drei Komponentengleichungen, die sich weitgehend ähneln. Die Komponentengleichungen müssen einzeln behandelt werden. Liegt endlich das Ergebnis der Berechnung vor, so muß dieses dann wieder mühsam in eine Vektorgleichung übergeführt werden.

Um wieviel einfacher ist dagegen in den weitaus meisten Fällen der direkte Weg unter Benutzung der Rechenregeln des Vektorkalküls! Man kann direkt mit Vektorgrößen rechnen, die Darstellung ist koordinatenfrei, und das Endergebnis liegt unmittelbar als Vektorgleichung vor. Es kann in dieser Form sehr leicht und anschaulich physikalisch gedeutet werden. Das Ziel dieses Einführungslehrganges ist die routinemäßige Beherrschung der Vektoralgebra und deren Rechenregeln. Die allgemeinere Tensoralgebra wird nicht behandelt.

## Bezeichnungen

Für Vektoren und die mit ihnen gebildeten Produkte — in der Hauptsache skalare und vektorielle Produkte — gibt es die verschiedenartigsten Bezeichnungen.

Im älteren deutschsprachigen Schrifttum sind Vektoren gewöhnlich durch große oder kleine Frakturbuchstaben gekennzeichnet (zum Beispiel  $\mathfrak{A}, \mathfrak{a}$ ). Neuerdings benutzt man statt dessen aus verschiedenen Gründen kursive Buchstaben in Fettdruck (zum Beispiel  $\mathbf{A}, \mathbf{a}, \boldsymbol{\omega}$ ).

Im angelsächsischen Schrifttum kennzeichnet man gewöhnlich Vektoren durch Kursivbuchstaben mit darüber befindlichem Pfeil (zum Beispiel  $\vec{A}, \vec{a}, \vec{\omega}$ ).

Es gilt also  $\mathfrak{A} = \vec{A} = \overline{A}$ . Schreibtechnisch gesehen, sind die fetten Kursivbuchstaben unzweckmäßig. Man verwendet deshalb bei handschriftlichen Berechnungen von Vektorgrößen besser die Symbolik des angelsächsischen Schrifttums. Eine noch größere Vielfaltigkeit der Bezeichnungen tritt beim skalaren und beim vektoriellen Produkt auf. Die wesentlichsten Symbole und die Autoren, von denen sie verwendet wurden, sind in Tab. I aufgeführt.

Die in neuerer Zeit wegen ihrer Verallgemeinerungsfähigkeit bevorzugten Symbole für das skalare und das vektorielle Produkt sind in der Tabelle unter den Autornamen Kästner, Lagally und Gibbs angegeben. Zwischen den Symbolen von Kästner und Lagally bestehen nur geringfügige Unterschiede in den Bezeichnungen von Vektorgrößen. Ersterer benutzt die modernere Schreibweise der fettgedruckten Kursivbuchstaben, letzterer verwendet Frakturbuchstaben zur Kennzeichnung von Vektoren. Beide Darstellungen lassen sich sehr leicht verallgemeinern. Das ist besonders dem Tensorbegriff wichtig. In diesem Beitrag wird die von Kästner eingeführte Symbolik verwendet. Die Formeln des Einführungslehrganges sind durchgehend in den Abschnitten numeriert. Beispielsweise bedeutet (5;26) die 26ste Formel des Abschnittes 5. Durch diese Kennzeichnungen ist ein leichteres Auffinden der Formeln bei Verweisung auf vorhergehende Stellen des Textes gewährleistet.

## 1. Der Begriff des Skalars

Ein Skalar ist durch Angabe einer Zahl vollständig bestimmt. Man denke dazu beispielsweise an die Masse, die Ladung, die Permeabilität. Ist jedem Raumpunkt eindeutig ein Skalar zugeordnet, so spricht man von einem skalaren Feld.

Ein einfaches Beispiel eines skalaren Feldes ist das Potential  $U$ . Das Potential  $U$  ist im allgemeinen eine eindeutige Funktion des Ortes  $r = (x_1, x_2, x_3)$ , manchmal auch eine Funktion des Ortes  $r$  und der Zeit  $t$ . Man deutet das durch die Schreibweise

$$U = U(r) = U(x_1, x_2, x_3) \text{ beziehungsweise } U = U(r, t) = U(x_1, x_2, x_3, t) \text{ an.}$$

### 1.1. Rechenregeln für Skalare

Für das Rechnen mit Skalaren gelten die gleichen Rechenregeln wie für gewöhnliche Zahlen.

Die Addition von Skalaren gehorcht dem kommutativen Gesetz

$$U_1 + U_2 = U_2 + U_1, \quad (1;1)$$

und dem assoziativen Gesetz

$$U_1 + (U_2 + U_3) = (U_1 + U_2) + U_3 = U_1 + U_2 + U_3. \quad (1;2)$$

Die Multiplikation von Skalaren unterliegt dem kommutativen Gesetz

$$U_1 U_2 = U_2 U_1, \quad (1;3)$$

dem assoziativen Gesetz

$$U_1(U_2 U_3) = (U_1 U_2) U_3, \quad (1;4)$$

und dem distributiven Gesetz

$$U_1(U_2 + U_3) = U_1 U_2 + U_1 U_3. \quad (1;5)$$

Gl. (1;5) kann auch als Regel für das Auflösen von Klammern betrachtet werden.

Tab. I. Schreibweise des skalaren und des Vektorproduktes bei verschiedenen Autoren

Autor	Kästner	Lagally	Gibbs	Sommerfeld	Heaviside	Italiener	Graßmann
skalares Produkt	$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$	$\mathfrak{A} \cdot \mathfrak{B}$	$\mathfrak{A} \mathfrak{B}$	$(\mathfrak{A} \mathfrak{B})$	$\mathfrak{A} \mathfrak{B}$	$\mathfrak{A} \times \mathfrak{B}$	$\mathfrak{A}   \mathfrak{B}$
Vektor-Produkt	$\mathbf{A} \times \mathbf{B}$	$\mathfrak{A} \times \mathfrak{B}$	$\mathfrak{A} \times \mathfrak{B}$	$[\mathfrak{A} \mathfrak{B}]$	$\vee \mathfrak{A} \mathfrak{B}$	$\mathfrak{A} \wedge \mathfrak{B}$	$\mathfrak{A} \mathfrak{B} \text{ bzw. }   \mathfrak{A} \mathfrak{B}$

## 2. Der Vektorbegriff

Vektoren sind Größen, die durch Angabe von Betrag und Richtung definiert sind.

Im dreidimensionalen Raum ist eine Richtung durch zwei Zahlen, zum Beispiel in einem räumlichen Polarkoordinatensystem durch die Winkel  $\varphi$  und  $\theta$  nach Bild 1, der Betrag durch eine Zahl festgelegt.

Ein Vektor ist also im dreidimensionalen Raum erst durch Angabe von drei Zahlen eindeutig bestimmt. In diesem Beitrag werden ausschließlich Vektoren in dreidimensionalen Räumen behandelt. Die Verallgemeinerung des Vektorbegriffes auf  $n$ -dimensionale Räume bringt keinerlei Schwierigkeiten.

Ist jedem Raumpunkt  $x_1, x_2, x_3$  ein Vektor eindeutig zugeordnet, so spricht man von einem Vektorfeld und nennt diesen Vektor auch Feldvektor. Als einfaches Beispiel sei die elektrische Feldstärke  $E$  angeführt.

Da ein Vektor durch Betrag und Richtung festgelegt ist, kann er geometrisch als eine gerichtete Strecke gedeutet werden. Eine gerichtete Strecke wird durch einen Pfeil dargestellt, dessen Länge gleich dem Betrag des Vektors ist (Bild 2).

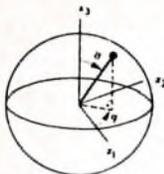


Bild 1. Darstellung einer Richtung



Bild 2. Darstellung eines Vektors A

### 2.1. Polare und axiale Vektoren

Begrifflich unterscheiden sich Vektorgrößen, es gibt polare und axiale Vektoren.

Polare Vektoren sind durch Betrag und Richtung eindeutig bestimmt. Als Beispiele polarer Vektoren seien der Ortsvektor  $r$ , die Geschwindigkeit  $v = dr/dt$  und die elektrische Feldstärke  $E$  angeführt.

Axialen Vektoren ist zur eindeutigen Kennzeichnung neben Betrag und Richtung in der anschaulichen geometrischen Darstellung noch ein Drehsinn zugeordnet. Das Drehmoment  $M$ , die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  und die magnetische Flußdichte  $B$  sind einige Beispiele axialer Vektoren. Es scheint im Rahmen des Vektorkalküls etwas merkwürdig, daß axiale Vektoren durch Betrag, Richtung und Drehsinn gekennzeichnet sind. Dafür gibt es eine ganz einfache Erklärung: Axiale Vektoren sind nämlich

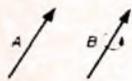


Bild 3. Darstellung eines polaren Vektors A und eines axialen Vektors B

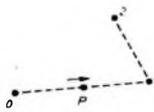


Bild 4. Darstellung einer Translation als Vektorgröße



Bild 5. Addition zweier Translationen

strenggenommen schiefasymmetrische Tensoren zweiter Stufe. Schiefasymmetrische Tensoren zweiter Stufe haben nur drei Elemente. Man kann diese Elemente als die Komponenten eines mit einem Drehsinn behafteten axialen Vektors in den Rahmen des Vektorkalküls einordnen. Bild 3 zeigt einen polaren Vektor  $A$  und einen axialen Vektor  $B$ . Der Drehsinn des axialen Vektors ist durch einen gekrümmten Pfeil dargestellt.

### 2.2. Die Addition von Vektoren

Man denke sich einen Punkt  $P$ , der geradlinig von  $O$  nach  $Z$  übergeführt wird (Bild 4). Diese Translation wird durch einen Vektor  $A$  gekennzeichnet. Der Punkt  $P$  führe jetzt nacheinander zwei geradlinige Translationen aus, die durch die Vektoren  $A_1$  und  $A_2$  beschrieben werden sollen (Bild 5).

Die Translationen  $A_1$  und  $A_2$  können durch eine einzige Translation  $A$  ersetzt werden, die den Punkt  $P$  auf der kürzesten geradlinigen Verbindung von  $O$  nach  $Z$  überführt. Man schreibt dafür auch

$$A = A_1 + A_2 \quad (2;1)$$

Gl. (2;1) lehrt, wie Vektoren zu addieren sind.

Für die Translation  $A$  ist es gleich, ob man im Punkt  $O$  mit der Translation  $A_1$  beginnt, an die sich, vom Punkt  $I$  ausgehend, die Translation  $A_2$  anschließt, oder ob die Translation  $A_2$  im Punkt  $O$  beginnt und nach einem Punkt  $I'$  führt, worauf anschließend die Translation  $A_1$  von  $I'$  nach  $Z$  führt (Bild 6).

Die Bilder 4 bis 6 vermitteln ein geometrisch anschauliches Bild der Vektoraddition. Für die Vektoraddition gilt das kommutative Gesetz

$$A = A_1 + A_2 = A_2 + A_1 \quad (2;2)$$



Bild 6. Vertauschbarkeit der Translationen  $A_1$  und  $A_2$



Bild 7. Vektoraddition

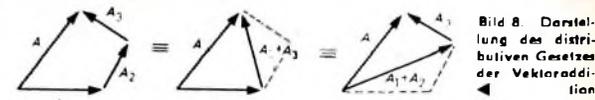


Bild 8. Darstellung des distributiven Gesetzes der Vektoraddition

Das Additionsgesetz Gl. (2;1) läßt sich sofort auf die Addition von  $n$  Vektoren  $A_1, A_2, \dots, A_n$  verallgemeinern (Bild 7).

Bild 8 zeigt für den Spezialfall  $n = 3$ , daß die Vektoren  $A_1, A_2$  und  $A_3$  beliebig zusammensetzbar sind.

Die Addition von Vektoren genügt also dem distributiven Gesetz. Für drei Vektoren  $A_1, A_2$  und  $A_3$  gilt beispielsweise

$$A = A_1 + (A_2 + A_3) = (A_1 + A_2) + A_3 = A_1 + A_2 + A_3 \quad (2;3)$$

Man kann Gl. (2;3) auch als Rechenregel zur Auflösung von in Klammern stehenden Vektorgrößen betrachten. Die Verallgemeinerung der Addition von  $n$  Vektoren  $A_1, A_2, \dots, A_n$  verläuft analog:

$$A = \sum_{k=1}^n A_k \quad (2;4)$$

### 2.3. Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar, Nullvektor, Einheitsvektor

Aus Gl. (2;3) läßt sich die Definition des Produktes einer reellen Zahl  $\lambda$  mit einem Vektor  $A$  herleiten.

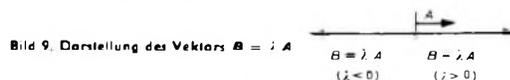


Bild 9. Darstellung des Vektors  $B = \lambda A$

Zunächst sei

$$B = \lambda A \quad (2;5)$$

für  $|\lambda| \neq 0$  betrachtet.

$B = \lambda A$  ist ein Vektor, der für  $\lambda > 0$  in Richtung, für  $\lambda < 0$  in entgegengesetzter Richtung zu  $A$  liegt und die  $|\lambda|$ -fache Länge des Vektors  $A$  hat (Bild 9).

Mit  $\lambda = 0$  erhält man für  $B$  einen Vektor der Länge Null. Dieser Vektor heißt Nullvektor.

#### 2.3.1. Definition des Einheitsvektors

Der einem Vektor  $A$  zugeordnete Einheitsvektor  $A_0$  ist ein Vektor mit gleicher Richtung wie  $A$ , der den Betrag 1 hat.

$$A_0 = \frac{A}{|A|} = \frac{A}{A} \quad (2;6)$$

Aus Gl. (2;6) ergibt sich eine neue Darstellung eines beliebigen Vektors  $A$ , nämlich

$$A = A A_0 \quad (2;7)$$

Man kann also einen beliebigen Vektor  $A$  auffassen als die Multiplikation seines Einheitsvektors  $A_0$  mit dem Betrag  $A$  des Vektors  $A$  (Bild 10).

#### 2.4. Darstellung eines Vektors durch Grundvektoren

Nach den Regeln der Vektoraddition und der Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar kann ein beliebiger Vektor  $A$  durch drei nicht linear abhängige Grundvektoren  $g_1, g_2$  und  $g_3$  durch die Beziehung

$$A = A_1 g_1 + A_2 g_2 + A_3 g_3 \quad (2;8)$$

dargestellt werden.

Die durch den Index  $k$  gekennzeichneten Grundvektoren bilden ein sogenanntes Grundsystem, die Größen  $A_k$  nennt man die Komponenten des Vektors  $A$ .

Bild 11 zeigt, wie man sich den Aufbau eines Vektors  $A$  aus den Kompo-

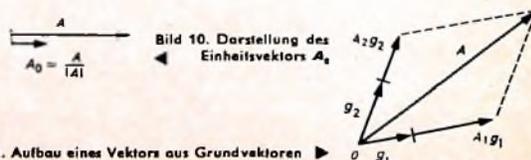


Bild 11. Aufbau eines Vektors A aus Grundvektoren

nenen  $A_k$  und dem Grundsystem  $g_k$  im Falle  $k = 1, 2$  vorzustellen hat. Es gilt

$$A = A_1 g_1 + A_2 g_2. \quad (2;9)$$

Sowohl die Grundvektoren  $g_1, g_2$ , als auch die Vektoren  $A_1 g_1, A_2 g_2$  haben in  $O$  ihren Anfangspunkt

#### 2.4.1. Das kartesische Grundsystem $e_k$

Haben die allgemeinen Grundvektoren  $g_k$  speziell die Länge Eins und stehen sie außerdem wie im Bild 12 aufeinander senkrecht, so bilden sie ein rechtwinkliges kartesisches Grundsystem mit den Einheitsvektoren  $e_1, e_2$  und  $e_3$ .

Im älteren deutschen Schrifttum bezeichnet man gewöhnlich das Grundsystem  $e_k$  mit den Frakturbuchstaben  $i, j$  und  $l$ .

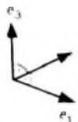


Bild 12. Das kartesische Grundsystem



Bild 13. Das Rechtssystem

Die Grundvektoren  $e_k$  bilden ein sogenanntes Rechtssystem. Darunter ist folgendes zu verstehen:

Speizt man Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger der rechten Hand entsprechend Bild 13, wobei die genannten Finger senkrecht zueinander gespreizt sind, so zeigt  $e_1$  in Richtung des Daumens,  $e_2$  in Richtung des Zeigefingers und  $e_3$  in Richtung des Mittelfingers.

Man spricht deshalb auch von einem rechtshändigen Koordinatensystem oder kurz von einem Rechtssystem.

#### 2.4.2. Darstellung eines Vektors $A$ als Zeilen- beziehungsweise Spaltenvektor

Die Komponenten  $A_k$  eines Vektors  $A = A_1 g_1 + A_2 g_2 + A_3 g_3$  kann man in einer einreihigen beziehungsweise einspaltigen Matrix anordnen. Die Darstellung in einer einreihigen Matrix heißt Zeilenvektor, während die Anordnung der Vektorkomponenten in einer einspaltigen Matrix Spaltenvektor genannt wird.

Es gelten also die Darstellungen

$$A = (A_1, A_2, A_3) \text{ beziehungsweise } A = \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{pmatrix}. \quad (2;10)$$

#### 2.4.3. Der Ortsvektor $r$

Haben die Komponenten  $A_k$  eines Vektors  $A$  im kartesischen Grundsystem  $e_k$  speziell die Form

$$A_k = x_k, \quad (2;11)$$

wobei die  $x_k$  ( $k = 1, 2, 3$ ) kartesische Koordinaten sind, so stellt der Vektor  $A$  einen Ortsvektor  $r$  dar:

$$r = x_1 e_1 + x_2 e_2 + x_3 e_3. \quad (2;12)$$

Nach Bild 14 hat der Ortsvektor  $r$  seinen Ursprung im Nullpunkt  $O$  des Koordinatensystems, er endet in dem durch die Koordinaten  $x_1, x_2, x_3$  gekennzeichneten Raumpunkt  $P$ .

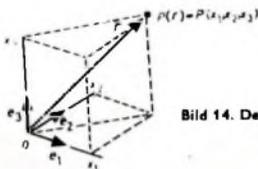


Bild 14. Der Ortsvektor  $r$

Aus dieser geometrischen Deutung des Vektors  $r$  rührt die Bezeichnung Ortsvektor her.

#### 2.5. Komponentendarstellung der Vektoraddition

Die Vektoren  $A, B$  und  $C$  sollen auf ein kartesisches Grundsystem bezogen sein, und es gelte

$$A + B = C. \quad (2;13)$$

Wegen

$$A = \sum_{k=1}^3 A_k e_k, \quad B = \sum_{k=1}^3 B_k e_k, \quad C = \sum_{k=1}^3 C_k e_k \quad (2;14)$$

ergibt sich unter Benutzung von Gl. (2;13)

$$\sum_{k=1}^3 (A_k + B_k - C_k) e_k = 0. \quad (2;15)$$

Gl. (2;15) stellt einen Nullvektor dar, denn nur dieser hat identisch verschwindende Komponenten. Es gilt also

$$A_k + B_k = C_k. \quad (2;16)$$

Vektoren werden addiert, indem ihre Komponenten addiert werden.

Die Verallgemeinerung der Komponentendarstellung der Vektoraddition auf  $n$  Vektoren verläuft analog.

#### 2.6. Beispiele zur Vektoraddition

##### 2.6.1. Zahlenbeispiel

Es seien die Vektoren

$$A = (5, 3, -1), \quad B = (4, 0, 2) \quad (2;17)$$

gegeben. Wie lautet der Summenvektor  $C = A + B$ ?

Nach Gl. (2;16) gilt

$$C_k = A_k + B_k.$$

Damit ergeben sich für  $C$  die als Zeilenvektor dargestellten Komponenten

$$C = (C_1, C_2, C_3) = (9, 3, 1). \quad (2;18)$$

##### 2.6.2. Dipolfeld

Zwei Punktladungen  $Q_1 = +q$  und  $Q_2 = -q$  haben entsprechend Bild 15 den vektoriellen Abstand  $l$ . Als Nullpunkt des Ortsvektors  $r$ , der in dem Feldpunkt  $P$  endet, sei die Mitte der Verbindungslinie der beiden Punktladungen gewählt.

Welche resultierende elektrische Feldstärke  $E$  herrscht in dem beliebigen Feldpunkt  $P$ , der vom Nullpunkt des Koordinatensystems den vektoriellen Abstand  $r$  hat?

Nach dem Coulombschen Gesetz ruft die Ladung  $Q_1 = +q$  im Feldpunkt  $P$  die Feldstärke

$$E_1 = \frac{Q_1}{(r_1)^2} r_1 = \frac{q}{(r_1)^2} r_1, \quad (2;19)$$

die Ladung  $Q_2 = -q$  die Feldstärke

$$E_2 = \frac{Q_2}{(r_2)^2} r_2 = \frac{-q}{(r_2)^2} r_2 \quad (2;20)$$

hervor.  $r_1$  und  $r_2$  sind Ortsvektoren, die in den Punktladungen  $Q_1 = +q$  und  $Q_2 = -q$  ihren Ursprung haben.

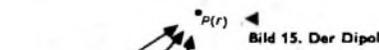


Bild 15. Der Dipol

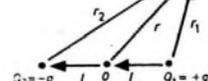
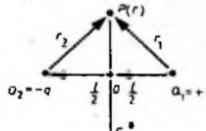


Bild 16. Dipol mit  $|r_1| = |r_2|$



Die Einzelfeldstärken  $E_1$  und  $E_2$  addieren sich vektoriell zur gesamten im Punkt  $P(r)$  herrschenden elektrischen Feldstärke  $E$ . Es ergibt sich

$$E = E_1 + E_2 = q \left\{ \frac{r_1}{(r_1)^3} - \frac{r_2}{(r_2)^3} \right\}. \quad (2;21)$$

Gl. (2;21) beschreibt die von den Punktladungen  $+q, -q$  im Feldpunkt  $P(r)$  hervorgerufene elektrische Feldstärke  $E$ .

Befindet sich der Feldpunkt  $P$  speziell auf einer durch den Nullpunkt  $r = 0$  gehenden Ebene, deren Normale die Richtung von  $l$  hat, so gilt

$$r_1 = r_2, \quad r_2 = r_1 - l \quad (2;22)$$

Für diesen Spezialfall (Bild 16) geht Gl. (2;21) über in

$$E = \frac{q l}{(r_1)^3}. \quad (2;23)$$

In allen auf dieser speziellen Ebene liegenden Feldpunkten hat die elektrische Feldstärke  $E$  die Richtung des Verbindungsvektors  $l$ . Liegt der Feldpunkt  $P$  im Ursprung des Koordinatensystems, so gilt

$$r_1 = r_2 = \frac{l}{2}, \quad -r_2 = +r_1 = \frac{l}{2}. \quad (2;24)$$

Aus Gl. (2;25) folgt nun

$$E = q \frac{l}{\left(\frac{l}{2}\right)^2} = 8q \frac{l}{l^2} \quad (2;25)$$

Ein weiterer wichtiger Fall ergibt sich für  $r_1 \gg l$  und  $r_2 \gg l$ . Aus Bild 15 entnimmt man dann die Gleichungen

$$r_1 = \frac{l}{2} + r, \quad r_2 = -\frac{l}{2} + r, \quad r_1 \approx r_2 \approx r \quad (2;26)$$

Damit geht Gl. (2;21) in

$$E = q \frac{r_1 - r_2}{r^3} = \frac{q l}{r^2} \quad (2;27)$$

über

Gl. (2;27) beschreibt die von einem aus den Punktladungen  $+q, -q$  bestehenden Dipol in einer Entfernung  $r \gg l$  hervorgerufene elektrische Feldstärke  $E$ . Die Feldstärke  $E$  wirkt im Falle  $r \gg l$  (Fernfeld) in Richtung von  $l$ , sie nimmt mit  $1/r^2$  ab.

Interessiert man sich für das Nahfeld des Dipols, so ist die Bedingung  $r \gg l$  nicht mehr erfüllt, und es muß auf Gl. (2;21) zurückgegriffen werden. Das in Gl. (2;27) auftretende Produkt aus der Ladung  $q$  und dem vektoriellen Abstand  $l$  nennt man auch Dipolmoment:

$$p = q l \quad (2;28)$$

Schon an diesem einfachen Beispiel aus der Elektrizitätslehre ist zu erkennen, daß der Vektorkalkül sehr schnell und einfach zum Ziel führt. Die Deutung der erhaltenen Ergebnisse ist ebenfalls sehr einfach und anschaulich. Das liegt daran, daß der Vektorkalkül dem physikalischen Charakter der elektrischen Feldstärke angepaßt ist.

### 3 Das skalare Produkt

In der Physik spielen drei aus Vektoren gebildete Produkte eine hervorragende Rolle, und zwar das skalare Produkt, das vektorielle Produkt und das tensorielle Produkt.

Definition des skalaren Produktes:

Das skalare Produkt (innere Produkt) zweier beliebiger Vektoren  $A$  und  $B$  ist ein Skalar, der gleich dem Produkt der Beträge der beiden Vektoren, multipliziert mit dem Kosinus des von ihnen eingeschlossenen Winkels  $(A, B)$  ist.

Das skalare Produkt zweier Vektoren  $A$  und  $B$  wird durch einen Punkt zwischen den beiden Vektoren gekennzeichnet:  $A \cdot B$

Nach der Definition des skalaren Produktes erhält man

$$A \cdot B = AB \cos(A, B) \quad (3;1)$$

Darin bedeutet  $(A, B)$  den von den beiden Vektoren  $A$  und  $B$  eingeschlossenen Winkel.  $A$  und  $B$  sind die Beträge der Vektoren  $A$  und  $B$ .

#### 3.1. Rechenregeln für das skalare Produkt

Auf der rechten Seite der Definitionsgleichung Gl. (3;1) stehen nur skalare Größen. Für ein Produkt von Skalaren gilt das kommutative Gesetz. Folglich ist auch das skalare Produkt  $A \cdot B$  kommutativ, das heißt, in Gl. (3;1) kann die Reihenfolge der Vektoren  $A$  und  $B$  vertauscht werden:

$$A \cdot B = B \cdot A \quad (3;2)$$

Außerdem gilt das distributive Gesetz

$$(A + B) \cdot C = A \cdot C + B \cdot C \quad (3;3)$$

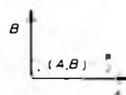
Wird das skalare Produkt zweier nichtverschwindender Vektoren  $A$  und  $B$  gleich Null, so folgt daraus, daß beide Vektoren aufeinander senkrecht stehen.

Der Beweis ist sehr einfach:

Es sei  $A > 0$  und  $B > 0$ , und es gelte

$$A \cdot B = AB \cos(A, B) = 0$$

Bild 17. Darstellung des skalaren Produktes  $A \cdot B = 0$



Da die Beträge  $A, B$  der beiden Vektoren  $A$  und  $B$  größer als Null sind, ist auch das Produkt  $AB$  größer als Null. Das skalare Produkt  $A \cdot B$  kann nur dadurch gleich Null werden, daß die beiden Vektoren  $A$  und  $B$  aufeinander senkrecht stehen, denn dann ist  $\cos(A, B) = 0$  (Bild 17).

#### 3.2. Betrag und Quadrat eines Vektors, Vektorprojektion

##### 3.2.1. Betrag und Quadrat eines Vektors

Unter dem Quadrat  $A^2$  eines Vektors  $A$  versteht man das skalare Produkt dieses Vektors mit sich selbst. Der Kosinus zum Winkel  $(A, A) = 0$

ist gleich 1. Nach der Definition des skalaren Produktes Gl. (3;1) gilt

$$A^2 = A \cdot A \quad (3;4)$$

Unter dem Betrag  $A$  eines Vektors  $A$  versteht man die positive Quadratwurzel aus dem Quadrat des Vektors  $A$

$$A = +\sqrt{A \cdot A} \quad (3;5)$$

Der Kosinus des von zwei beliebigen Vektoren  $A$  und  $B$  eingeschlossenen Winkels  $(A, B)$  kann aus

$$\cos(A, B) = \frac{A \cdot B}{AB} \quad (3;6)$$

berechnet werden. Durch Bildung der Umkehrfunktion ergibt sich der Winkel  $(A, B)$  zu

$$(A, B) = \arccos \frac{A \cdot B}{AB} \quad (3;7)$$

##### 3.2.2. Der Begriff der Vektorprojektion

In der Definitionsgleichung (3;1) des skalaren Produktes kann

$$A_{(B)} = A \cos(A, B) \quad (3;8)$$

als Projektion des Vektors  $A$  auf den Vektor  $B$  und

$$B_{(A)} = B \cos(A, B) \quad (3;9)$$

als Projektion des Vektors  $B$  auf den Vektor  $A$  aufgefaßt werden.

Unter der Vektorprojektion  $A_{(B)}$  des Vektors  $A$  versteht man den Vektor

$$A_{(B)} = A_{(B)} \frac{B}{B} \quad (3;9)$$

Der Vektor  $A_{(B)}$  zeigt für  $A_{(B)} > 0$  in Richtung von  $B$ , für  $A_{(B)} < 0$  in die entgegengesetzte Richtung.

Für die Vektorprojektion  $B_{(A)}$  ergibt sich die Darstellung

$$B_{(A)} = B_{(A)} \frac{A}{A} \quad (3;10)$$

Bild 18 zeigt die Darstellung der Vektorprojektion  $A_{(B)}$ .

Dannach ist die Vektorprojektion  $A_{(B)}$  einfach die in Richtung von  $B$  zeigende vektorielle Komponente des Vektors  $A$ , wenn man sich diesen in eine zu  $B$  parallele Komponente  $A_{(B)}$  und eine dazu senkrechte Komponente  $A_{(\perp B)}$  zerlegt denkt.

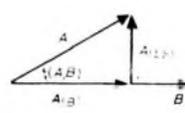


Bild 18. Die Vektorprojektionen  $A_{(B)}$  und  $A_{(\perp B)}$



Bild 19. Geometrische Verhältnisse beim skalaren Produkt  $A \cdot B$

Die geometrische Deutung der Vektorprojektion  $B_{(A)}$  ist ganz analog. Bild 19 zeigt die geometrischen Beziehungen beim skalaren Produkt  $A \cdot B$ .

#### 3.3. Anwendung des skalaren Produktes auf die Grundvektoren $e_k$

Die kartesischen Grundvektoren  $e_k$  sind aufeinander senkrecht stehende Einheitsvektoren. Unter Benutzung des Kronecker-Symbols  $\delta_{ik}$  kann man die Eigenschaften der kartesischen Grundvektoren  $e_k$  besonders elegant darstellen.

##### 3.3.1. Definition des Kronecker-Symbols $\delta_{ik}$

Das Kronecker-Symbol  $\delta_{ik}$  ist gleich 1, wenn die beiden Indizes  $i$  und  $k$  einander gleich sind, es ist gleich Null, wenn die Indizes nicht gleich sind:

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{für } i = k \\ 0 & \text{für } i \neq k \end{cases} \quad (3;11)$$

Die kartesischen Grundvektoren  $e_1, e_2$  und  $e_3$  haben den Betrag 1, und stehen nach Bild 12 aufeinander senkrecht. Unter Benutzung der Definitionsgleichung (3;1) des skalaren Produktes ergibt sich die Darstellung

$$e_1 \cdot e_1 = 1, \quad e_2 \cdot e_2 = 1, \quad e_3 \cdot e_3 = 1, \\ e_1 \cdot e_2 = e_2 \cdot e_1 = 0, \quad e_2 \cdot e_3 = e_3 \cdot e_2 = 0, \quad e_3 \cdot e_1 = e_1 \cdot e_3 = 0$$

Diese etwas umständliche Darstellung lautet unter Benutzung der Definitionsgleichung (3;11) des Kronecker-Symbols  $\delta_{ik}$  einfach

$$e_i \cdot e_k = e_k \cdot e_i = \delta_{ik} \quad (3;12)$$

(Wird fortgesetzt)

# Elektronische Steuer- und Schaltmittel für Modelleisenbahnanlagen

## 1. Einleitung

Im folgenden werden elektronische Einrichtungen für größere Modelleisenbahnanlagen beschrieben, die bei geringem Aufwand eine teilweise Automatisierung, die Zugsicherung und den Zweizugbetrieb auf eingleisigen Streckenabschnitten ermöglichen. Diese Einrichtungen wurden für Modellbahnen entwickelt, die das Zweischienenprinzip mit einer bis etwa 16 V regelbaren Gleichspannung (Fahrspannung) verwenden. Die Zugbeeinflussung wird auf bestimmten Gleisabschnitten durch das Zwischenschalten der elektronischen Einrichtung in den Fahrstromkreis vorgenommen. Damit ist ein zusätzlicher Stromverbrauch praktisch vermieden. Die Anlage erfordert jedoch eine hohe Betriebssicherheit innerhalb des Regelbereiches der Fahrspannung. Aus Gründen der Einfachheit, der Betriebssicherheit und der zu fordernden langen Lebensdauer werden die elektronischen Einrichtungen über handelsübliche Kontaktschienen und Trennschienen vom Zug selbst betätigt.

Wegen der zahlreichen Variationen hinsichtlich Umfang und Art der Gleisanlagen, wegen der Vielseitigkeit des Fahrbetriebes bei der individuellen Ausgestaltung einer Modellbahnanlage sowie der damit gegebenen unterschiedlichen Möglichkeiten und

Notwendigkeiten für die Anwendung elektronischer Hilfsmittel beschränkt sich dieser Beitrag auf die Beschreibung des Aufbaues und der Funktionen der elektronischen Einrichtungen.

## 2. Flip-Flop als Ein-Aus-Schalter

Die einfachste elektronische Operation ist der durch die kurzzeitige Betätigung eines Hilfskontaktes eingeleitete Ein-Aus-Schaltvorgang. Diese Aufgabe erfüllt ein Flip-Flop nach Bild 1.

Die Gesamtanordnung besteht aus zwei Transistorkreisen, die auf Grund der gegenseitigen Verkopplung ihrer Basis- und Collectorkreise zwangsweise einen Betriebszustand annehmen, bei dem ein Transistor stromführend, der zweite gesperrt ist. Der Transistor T1 liefert den Fahrstrom, dem Transistor T2 fällt die Aufgabe eines Hilfssteuerkreises zu (Bild 1). Der gewählte Transistortyp AC 128 (Valvo) ermöglicht bei richtiger Dimensionierung der Schaltung einen Bahnstrom bis zu maximal 0,6 A. Der Schiene ist zur Strombegrenzung ein Schutzwiderstand von 10 Ohm vorgeschaltet. Die Fahrströme sind etwa 0,2 - 0,35 A und erreichen nur beim Anfahren unter maximaler Spannung den zulässigen Grenzstrom. Der Hilfskreis ist hochohmig ausgelegt, so daß der maximale Collectorstrom 20 mA nicht überschreitet. Einen automatischen Schutz gegen Überlastung des Transistors T1 bei Kurzschluß auf den Schienen gewährleistet das Umkippen des Flip-Flop in den Auszustand bei Strömen über 0,7 A.

Befindet sich auf dem eingeschalteten Gleisabschnitt kein Zug, dann fließt über den 1-kOhm-Widerstand ein Vorstrom von maximal 16 mA. Das Umschalten des Flip-Flop erfolgt beim Überfahren der Kontaktschiene, wobei der Spannungsteilerwiderstand von 560 Ohm kurzzeitig überbrückt wird.

Dabei wird die Basis-Emitter-Spannung Null, und der Transistor springt vom stromführenden in den gesperrten Zustand um. Im Bild 1 sind zusätzlich eine Diode OA 81 und eine Gleichrichterzelle für 0,6 A eingezeichnet. Diese werden nur erforderlich, wenn durch Umpolen der Gleichspannung ein Fahrbetrieb in beiden Richtungen stattfinden soll. Dabei ist die elektronische Einrichtung unwirksam und der Fahrbetrieb in dieser Richtung unkontrolliert, sofern nicht ein zweiter Flip-Flop vorhanden ist.

Im Bild 2 ist die Anwendung des elektronischen Schalters für einen Zweizugbetrieb auf eingleisiger Strecke mit einem Transformator dargestellt. Um eindeutige Haltepunkte zu erreichen, sind nur kurze Teilstrecken von der elektronischen Einrichtung, die dazwischenliegenden Gleisstücke aber unmittelbar gesperrt. Ein Aufahren des zweiten Zuges wird durch das Abschalten des vom ersten Zug durchfahrenen Gleisabschnittes verhindert. Der Minimalabstand beider Züge entspricht demnach der Länge eines Gleisabschnittes. In ähnlicher Weise läßt sich ein Zugsicherungssystem mit Blockstellen für beliebige Gleisanlagen aufbauen. Bild 3 zeigt die praktische Ausführung eines derartigen Flip-Flop.

## 3. Flip-Flop als Umschalter

Eine Abwandlung der Schaltung nach Bild 1 in einen elektronischen Umschalter entsprechend Bild 4 kann ohne Mehraufwand durchgeführt werden. Die beiden Transistorkreise sind gleich aufgebaut und speisen abwechselnd zwei Schienenabschnitte. Ein Umschalter ermöglicht in vielen Fällen die Einsparung von Bauelementen. Er könnte zum Beispiel als Zugsicherung vor Weichen und Kreuzungen bei Mehrzugbetrieb verwendet werden.

Sind mehrere Gleisabschnitte gleichzeitig von einer Kontaktstelle ein- oder auszu-schalten, können die Basiskreise der Transistoren parallel geschaltet werden. Eine solche Schaltung ist im Bild 5 aufgezeigt. Sie läßt sich unter anderem bei mehrgleisigen Kreuzungen gut verwenden.

Eine Anordnung, die mit geringstem Aufwand eine Reihe von Steuerungsaufgaben bei der Zugsicherung nach dem Blocksystem, bei Mehrzugbetrieb usw. löst, ist im Bild 6 dargestellt. Sie ermöglicht bei drei Stromkreisen die umlaufende Abschaltung eines Stromkreises. Bild 7 zeigt die Verwendung dieser Ringschaltung für einen Zweizugbetrieb. Ein Vergleich mit Bild 2 verdeutlicht die erreichten Einspa-

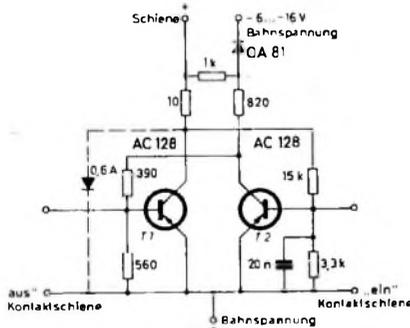


Bild 1. Flip-Flop als Ein-Aus-Schalter

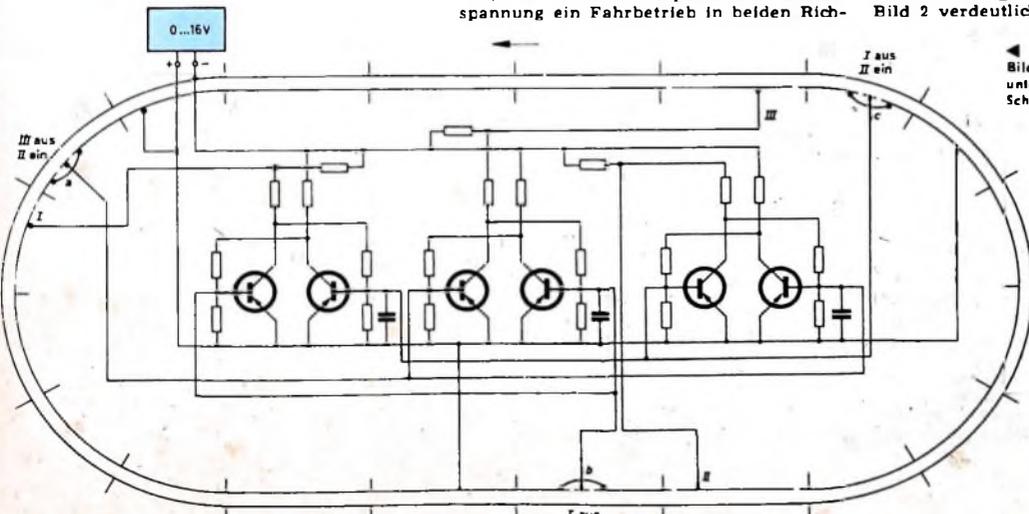


Bild 2. Zweizugbetrieb unter Verwendung der Schaltung nach Bild 1

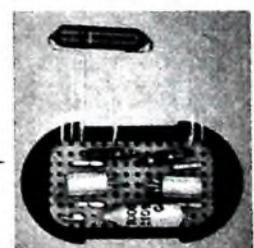


Bild 3. Praktische Ausführung eines Flip-Flop

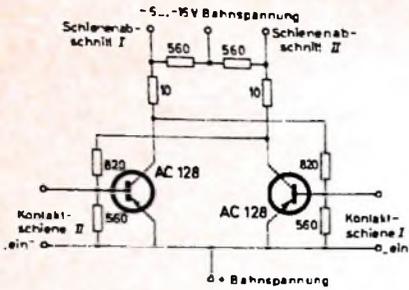


Bild 4. Flip-Flop als Umschalter

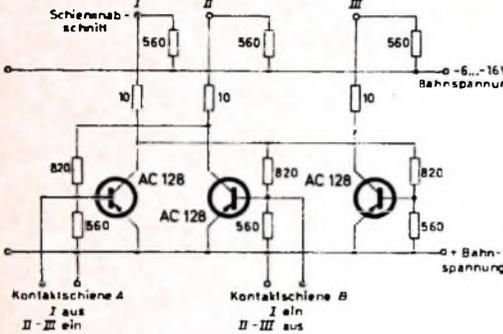


Bild 5. Umschalter mit Parallelkreis

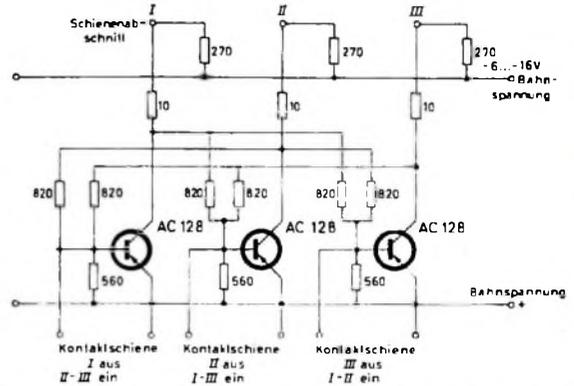


Bild 6. Ringschaltung

Bild 7. Zweizugbetrieb unter Verwendung der Schaltung nach Bild 6

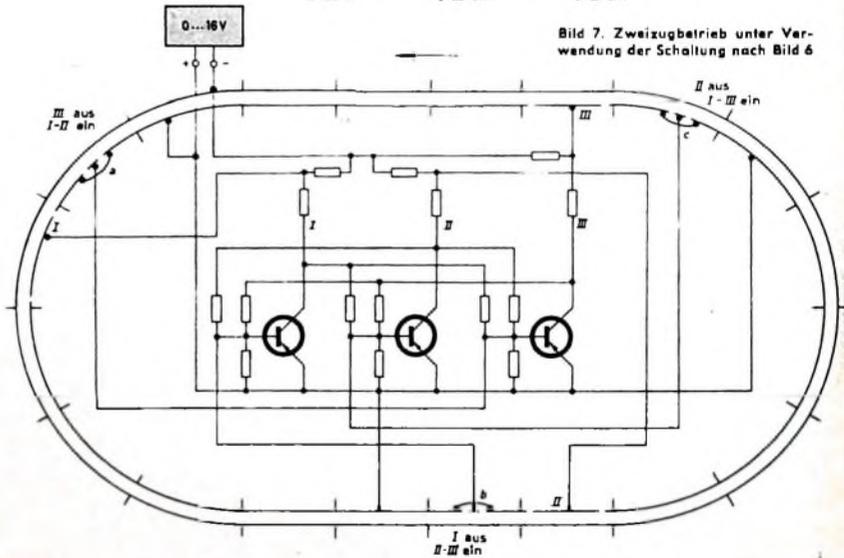


Bild 8 (unten). Aufbau der Ringschaltung nach Bild 6

Bild 9 (unten). Umschalter nach Bild 4 mit lichtelektrischer Betätigung

rungen Bild 8 zeigt den mechanischen Aufbau auf kleinstem Raum.

#### 4. Verwendung einer Lichtschranke

Soll eine Bahnanlage vollelektronisch ohne Verwendung von Kontaktschienen arbeiten, stehen dafür lichtelektrische Bauelemente zur Verfügung. Die Umschaltung der Flip-Flop erfolgt beim Durchfahren einer Lichtschranke. Eine mögliche Ausführungsform dieser Schaltung gibt Bild 9 wieder. Diese Schaltung ist eine Abwandlung von Bild 4. Den 820-Ohm-Widerstand ersetzt die Reihenschaltung eines Widerstandes von 270 Ohm mit einem Photowiderstand LDR 04 (Valvo). Der Photowiderstand ist mit einer Lichtquelle so zu belichten, daß sein Widerstandswert 350 bis 1000 Ohm ist. Beim Durchfahren der Lichtschranke und der damit verbundenen Abdunklung wird der Widerstandswert des Photowiderstandes so groß, daß der Flip-Flop umkippt. Um das einwandfreie Arbeiten dieser Anordnung zu gewährleisten, muß Nebenlicht vermieden werden. Dies ist durch Abdeckung des Photowiderstandes zu erreichen. Bei Modellgröße HO benötigt man als Lichtquelle eine Glühlampe von 2,5...3 W. Der Mittenabstand von Glühlampe und Photowiderstand ist dabei etwa 50 mm.

#### 5. Schutzmaßnahmen

Der in Serie mit dem Photowiderstand liegende 270-Ohm-Widerstand dient als Schutz. Als weitere Schutzmaßnahme ist die Belichtung so zu wählen, daß ein Widerstandswert von 350 Ohm nicht unterschritten wird. Für alle angegebenen Schaltungen gilt die bereits genannte Forderung der vorgegebenen Polarität der Bahnspannung. Gegen falsche Polung bei Fahrtrichtungsänderung sind die im Bild 1 angegebenen Schutzmaßnahmen (Dioden) erforderlich. Bei Zweizugbetrieb mit getrennter Einspeisung, für den einen Zug über Oberleitung und Schiene, für den anderen über Oberleitung und Schiene, können bei gemeinsamer Pluschiene beide Züge von

einer Kontaktstelle aus gesteuert werden. Für den praktischen Fahrbetrieb ist die Überbrückung der Kontaktstellen mit zusätzlichen, am Fahrpult montierten Drucktasten mit Arbeitskontakt zu empfehlen. Damit ist die Möglichkeit gegeben, bei Inbetriebnahme der Anlage und der jeweiligen Situation entsprechend einzugreifen.

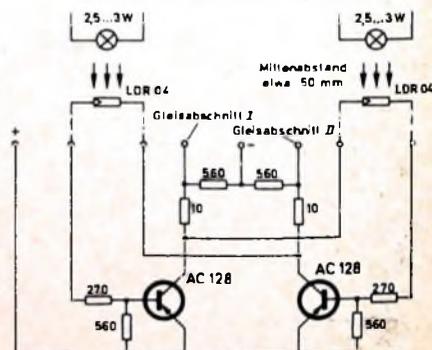
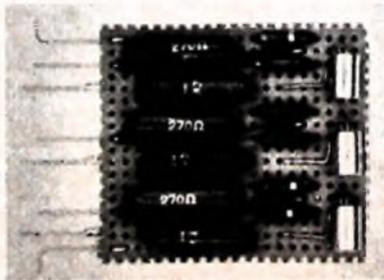
#### 6. Speisung

Für die Speisung der Transistorstufen kann an Stelle der regelbaren Bahnspannung eine getrennte, konstante Spannungsquelle, die einer mittleren Fahrgeschwindigkeit entspricht, benutzt werden. Damit ergibt sich der Vorteil, daß auf den übrigen

gen, unmittelbar gespeisten Streckenabschnitten Züge durch Abschalten dieser Spannung zum Halten gebracht werden können, ohne daß dabei die Schaltstellungen der Transistorstufen beeinflußt werden.

#### 7. Schlußbemerkung

Die angegebenen Schaltungen sind als Bausteine für elektronisch gesteuerte Modelleisenbahnanlagen anzusehen, die weitgehende Freiheit in der Kombination und Anwendung lassen. Diese Bausteine sollen dazu dienen, eine Anlage vielseitiger und interessanter zu gestalten, und nicht etwa einer stupiden Automatisierung aller Abläufe Vorschub leisten.



# Eine über vier Dekaden veränderbare Eichspannungsquelle

Schluß aus FUNK-TECHNIK Bd. 18 (1963) Nr. 20, S. 749

## 4. Inbetriebnahme und Meßergebnisse

### 4.1. Pulsform

Alle im folgenden angegebenen Messungen sind an dem beschriebenen Gerät vorgenommen worden. Im Bild 11 ist ein Oszillogramm der Ausgangsspannung in der 1-V-Stellung zu sehen, im Bild 12 die Vorderflanke und im Bild 13 die Rückflanke in vergrößertem Maßstab. Danach

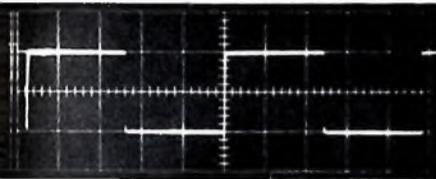


Bild 11. Oszillogramm der Ausgangsspannung im 1-V-Bereich (Vertikalablenkung 0,5 V/Rastereinheit, Horizontalablenkung 200  $\mu$ s/Rastereinheit)

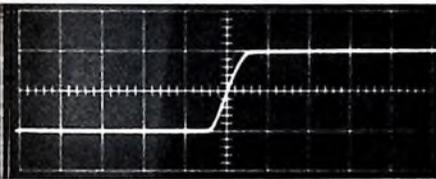


Bild 12. Oszillogramm der Vorderflanke im 1-V-Bereich (Vertikalablenkung 0,5 V/Rastereinheit, Horizontalablenkung 10  $\mu$ s/Rastereinheit)

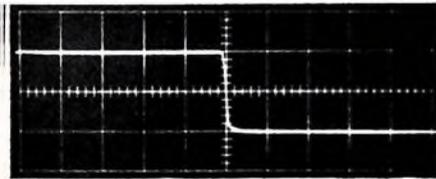


Bild 13. Oszillogramm der Rückflanke im 1-V-Bereich (Vertikalablenkung 0,5 V/Rastereinheit, Horizontalablenkung 10  $\mu$ s/Rastereinheit)

ist die Anstiegszeit (von 10% auf 90%) etwa 7  $\mu$ s, die Abfallzeit etwa 1,3  $\mu$ s. Die gute Symmetrie der Rechteckspannung wurde durch jeweils paarweises Aussuchen der Kondensatoren  $C_2$  und  $C_3$  sowie der Widerstände und Transistoren der Kipperschaltung erreicht. Der Erfolg dieser Maßnahme kann mit Hilfe eines Drehspulinstrumentes überprüft werden, das bei geöffnetem Schalter  $S_2$  genau halb soviel anzeigt wie bei geschlossenem Schalter  $S_2$ .

### 4.2. Temperaturabhängigkeit der Ausgangsspannung

Der wunde Punkt der Schaltung ist die Temperaturabhängigkeit der Ausgangsspannung. Der Temperaturkoeffizient der Zenerspannung hat die beträchtliche Größe von  $+0,6\%/^{\circ}\text{C}$  bei einer 12-V-Diode. Bei einer Schwankung der Umgebungstemperatur von  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ , was in Anbetracht der

Eigenerwärmung des Geräts nicht viel ist, ergibt sich daraus bereits eine Unsicherheit der Vergleichsspannung von  $\pm 0,6\%$ .

Außerdem ist zu bedenken, daß die Sperrschichttemperatur der Diode um etwa  $50^{\circ}\text{C}$  über der Umgebungstemperatur liegt. Das hat zur Folge, daß die Spannung wegen der Wärmeträgheit der Diode nicht unmittelbar nach dem Einschalten ihren

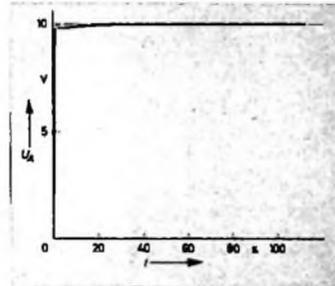


Bild 14. Zeitlicher Verlauf der Ausgangsspannung unmittelbar nach dem Einschalten des kalten Gerätes

Sollwert erreicht, sondern zunächst auf 97,5% desselben springt und sich ihm dann asymptotisch nähert, wie dies Bild 14 zeigt. Nach etwa 60 s hat sie ihn praktisch erreicht. Die sofortige Betriebsbereitschaft, die man von einem Transistorengerät erwartet, ist also nur bedingt gegeben.

### 4.3. Abhängigkeit der Ausgangsspannung von der Netzspannung

Die Temperaturabhängigkeit der Zenerspannungen wirkt sich noch an anderer Stelle nachteilig aus, nämlich in bezug auf

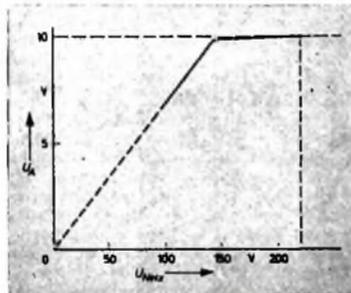


Bild 15. Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Netzspannung

die Empfindlichkeit gegenüber Netzspannungsschwankungen. Bild 15 zeigt die Abhängigkeit der Ausgangsspannung von der Netzspannung. Im Stabilisierungsbereich ist das Verhältnis der relativen Änderung der Ausgangsspannung zur relativen Änderung der Netzspannung, das mit  $\epsilon$  bezeichnet sei, etwa  $\epsilon = 3\%$  (ohne Stabilisierung wäre  $\epsilon = 1$ ). Bei dynamischen Widerständen (Steigung der Zenerkennlinie) der Dioden  $D_2$  bis  $D_4$  von zusam-

men 10 Ohm und von  $D_5$  von 18 Ohm erhielt man aber theoretisch einen Wert von  $\epsilon = 0,6\%$ . Die Verschlechterung um den Faktor 50 tritt ein, weil die Leistungsaufnahme der Zenerdioden dem Zenerstrom ungefähr proportional ist und weil damit wegen des Temperaturkoeffizienten sich auch die Zenerspannung wesentlich stärker ändert, als es der (wohl mit Hilfe einer Wechselstrommessung ermittelte) Wert des dynamischen Widerstands im Zenergebiet erwarten läßt. Immerhin ist die resultierende Änderung der Ausgangsspannung von  $\pm 0,3\%$  bei  $\pm 10\%$  Netzspannungsschwankung noch erträglich.

### 4.4. Kompensation des Temperaturkoeffizienten

Eine Kompensation des Temperaturkoeffizienten wäre dadurch zu erreichen, daß in Serie zu den Zenerdioden mehrere in Durchlaßrichtung gepolte normale Siliziumdioden geschaltet werden. Deren Durchlaßspannung weist einen großen negativen Temperaturkoeffizienten auf, mit dem sich der positive Temperaturkoeffizient der Zenerspannungen ausgleichen ließe. Man braucht aber erstens sehr viele Dioden (drei in Serie zu  $D_5$  und insgesamt drei in Serie zu  $D_2$  bis  $D_4$ ), und zweitens taucht dann eine andere Schwierigkeit auf: Haben die Dioden keinen Wärmekontakt miteinander, dann lassen sich zwar Schwankungen der Umgebungstemperatur unschädlich machen, nicht aber Netzspannungsschwankungen. Sorgt man für guten Wärmekontakt der Dioden (gemeinsame Kupferschelle), dann wird die thermische Zeitkonstante und damit die Einlaufzeit der Eichspannungsquelle unangenehm vergrößert.

Am elegantesten ist es, bereits kompenzierte Zenerdioden zu verwenden, wie sie zum Beispiel Motorola (USA) herstellt. Das Kompensationsprinzip ist gerade das eben beschriebene, jedoch sind bei diesen Dioden sämtliche pn-Übergänge in einem Diodenkörper vereinigt, der nicht größer als der einer normalen Zenerdiode ist. Sie kosten aber leider heute noch rund 30 DM je Stück.

### 5. Spezielle Bauelemente

Zum Schluß einige Stichworte über die verwendeten Bauelemente:

Netztransformator mit Kern M 42, Dynamoblech IV ohne Luftspalt; primär 800 Wdg. 0,07  $\Omega$  CuL, nach jeder 3. Lage 1mal gefleederte 0,6-mm-Hostaphanfolie; sekundär 2000 Wdg. 0,15  $\Omega$  CuL, Lagenisolation wie primär; Grund-, Wicklungs- und Deckisolation je 2mal 0,1-mm-Lackpapier. Es kann aber jeder Transformator verwendet werden, der bei 60 mA Gleichstrom mehr als 45 V Gleichspannung hinter dem Gleichrichter abgibt. Dann ist eben  $R_1$  so zu bemessen, daß 57 mA durch ihn fließen.

Transistoren OC 613 (Telefunken), OC 45 (Valvo); Zenerdioden (Telefunken); Brückengleichrichter (Telefunken);  $C_2$  und  $C_3$  sind Polyesterkondensatoren (Valvo), es können aber auch gute Papierkondensatoren verwendet werden.





# DIE MATSUSHITA ELECTRIC-STORY

FOLGE 5



Bauteile für eine Weltproduktion. Matsushita Electric stellt sämtliche Bauteile für die NATIONAL-Geräte in eigenen Werken her. Auch das ist ein Grund für die hohe Qualität der Produkte, die den weltbekanntesten Namen NATIONAL tragen.

Das prominente amerikanische Nachrichtenmagazin „Time“ widmete ihm eine Titelseite und fast fünf Seiten. Die Zeitschrift würdigte damit die großartige Leistung eines führenden Mannes im Wirtschaftsgeschehen der freien Welt: Des Japaners Konosuke Matsushita. Er ist der Gründer von Matsushita Electric, Japans größtem Hersteller von Rundfunk-, Fernseh- und Elektrogeräten. Daß

er heute über ein Weltunternehmen mit fast 40 000 Mitarbeitern und 50 großen Werken gebietet, verdankt er vor allen Dingen seinem konsequent vertretenen Grundsatz: Dem Verbraucher Produkte von höchster Qualität zu bieten. Zugleich gewann Matsushita Electric durch eine solide und marktgerechte Preispolitik überall das Vertrauen des Handels. Die Produkte von Matsushita Electric sind

unter dem Namen NATIONAL in mehr als 120 Ländern ein Begriff für Qualität geworden.

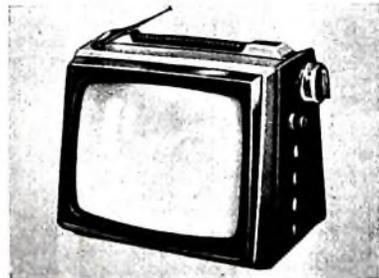
In Fortführung unserer Artikelserie bringen wir jetzt für die Leser dieser Zeitschrift interessante Einzelheiten aus der gegenwärtigen Produktion von Matsushita Electric.

## Forschungserfolg am Beispiel tragbarer Fernsehgeräte

Die Konstruktion eines tragbaren Fernsehgerätes muß von ganz speziellen Anforderungen ausgehen. Die besondere Schwierigkeit liegt darin, ein wirklich transportables Gerät zu schaffen, das in seiner technischen Qualität nicht hinter guten Heimgeräten zurückbleibt. Bei Matsushita Electric hat man zuviel Erfahrung, als daß man dieses Problem auf die leichte Schulter genommen hätte. Es war völlig klar, daß nur mit Größeneinsatz gründlicher Forschung das beste Ergebnis zu erreichen sein würde. Die Forschungsarbeit begann bei Matsushita Electric bereits vor Jahren. Matsushita Electric studierte zum Beispiel intensiv die Wirkung des Fernsehens auf das menschliche Auge. Wie klein kann ein Bildschirm sein, ohne eine Überbeanspruchung des Auges hervorzurufen? Das war eine entscheidende Frage. Die wissenschaftliche Antwort nach langen Versuchen: Das 23-cm-Format ist ideal. Wer sich zu Qualität verpflichtet fühlt, der kann diesen „Gesichtspunkt“ nicht außer acht lassen! Auf der Basis von vielen Hunderten wissenschaftlichen Einzelergebnissen entstand ein wirklich tragbarer Transistor-Fernseher, von dem man heute wohlbegründet vermuten kann:

## Bestseller 1964?

Es ist das Transistor-Fernsehgerät TT-21 RE von Matsushita Electric. Dieses Gerät wiegt 4,8 kg — also: Ein echt tragbarer



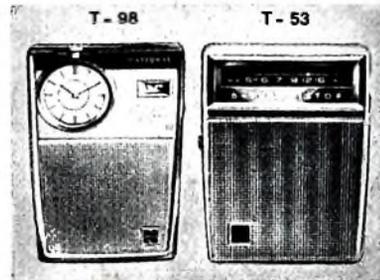
## Spitzenqualität setzt sich durch

Deshalb darf man erwarten, daß dieses echt tragbare Transistor-Gerät TT-21 RE von Matsushita Electric auch in der Bundesrepublik zum Favoriten der Käufer wird.

Fernseher! Seine erprobt zweckmäßigen Maße: 19,5 x 23 x 22 cm. Die 23-cm-Rechteck-Bildröhre garantiert — wie bereits geschildert — die Bildqualität und die augenschonenden Sehbedingungen eines guten großen Gerätes. Auf Grund der bisherigen Entwicklung des Verkaufs in zahlreichen Ländern der Welt kann man erwarten, daß der Transistor-Fernseher von Matsushita Electric im kommenden Jahr unter den Bestsellern sein wird. Das wäre übrigens durchaus keine Sensation. Matsushita Electric ist heute schon der zweitgrößte Fernsehgeräte-Produzent der Welt!

## Aus dem Programm des weltgrößten Radio-Herstellers

Mit der gleichen wissenschaftlichen Gründlichkeit wurden Transistor-Radios und Zubehörteile von Matsushita Electric



## NATIONAL T-53

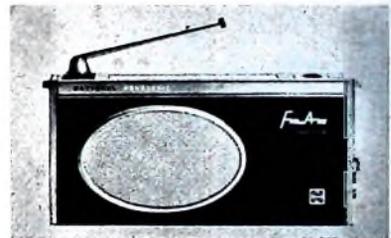
Taschenradio mit 6 Spezial-Transistoren und 1 Diode. Speziallautsprecher. Einhandbedienung. MW.

## NATIONAL T-98

Eleganter Taschenempfänger mit Wecker. 7 Transistoren und 2 Dioden. MW.

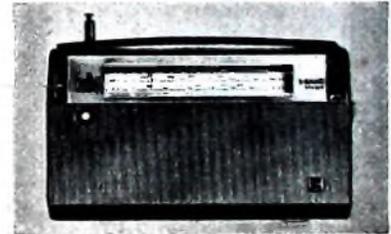
entwickelt, die durch ihre Qualität und verbrauchergerechte Formgestaltung dazu beitragen, daß Matsushita Electric in der Produktion von Radiogeräten in der Welt an der Spitze steht.

Fortsetzung in der nächsten Ausgabe.



## NATIONAL T-81 L

Eine Spitzenleistung unter den Transistorgeräten. 8 Spezial-Transistoren und 4 Dioden. Spezial-Konzertlautsprecher. UKW, MW, LW. Anerkannt eines der form schönsten Geräte.



## NATIONAL T-82 L

Hochwertiges Zweitergerät für Heim und Reise. Mit großem Konzertlautsprecher. 8 Spezial-Transistoren und 6 Dioden. UKW, MW, LW.

Japans größter Hersteller für Fernseh-, Rundfunk- und Elektro-Geräte

# MATSUSHITA ELECTRIC

JAPAN  
Generalvertretung für Deutschland  
TRANSONIC Elektrohändlergesellschaft m.b.H. & Co. Hamburg 1, Schmilinskystr. 22, Tel. 24 52 52  
HEINRICH ALLES KG, Frankfurt/M., Mannheim, Siegen, Kassel · BERRANG & CORNEHL, Dortmund,  
Wuppertal-Eibfeld, Bielefeld · HERBERT HOLZ, Hamburg, Lübeck · KLEINE-ERFKAMP & CO.,  
Köln, Düsseldorf, Aachen · LEHNER & KOCHENMEISTER KG, Stuttgart · MUFAG GROSSHANDELS  
GMBH, Hannover, Braunschweig · WILH. NAGEL OHG, Karlsruhe, Freiburg/Brag., Mannheim ·  
GEBRODER SIE, Bremen · SCHNEIDER-OPEL, Berlin SW-81, Wolfenbüttel, Marburg/Lahn ·  
GEBRODER WEILER, Nürnberg, Bamberg, Regensburg, Würzburg, München, Augsburg, Landshut.

Neu von der Funkausstellung:

**BRAUN**

## Stereopult TC 20 aus der »audio«-Klasse



Alltransistor-Gerät in der Bauweise des audio 1. Flachform, obenliegende Bedienelemente, Plexiglasdeckel. Dank kleiner Abmessungen überall unterzubringen, besonders geeignet für Tisch- oder Regalaufstellung. Drei Wellenbereiche, laufruhiger Plattenspieler P 2 (ebenfalls Neuentwicklung), Anschluß für Tonband. Ausgangsleistung 2x4,5 Watt, Klirrfaktor 1%. Als Lautsprecher besonders geeignet: L 25. Preis des Gerätes DM 795.-

Das Spitzengerät audio 1 hat 2 x 8 Watt Ausgangsleistung, 4 Wellenbereiche, automatische Scharfabstimmung, Plattenspieler mit Aufsetzhilfe, wahlweise magnetischen Tonabnehmer. Preis DM 1090.- (1250.-)

Braun AG,  
Frankfurt (Main), Rüsselsheimer Straße

gesehen · gehört · notiert

### Deutsche Industrieausstellung Berlin

► Auf der Deutschen Industrieausstellung Berlin (12.-27. 10. 1963) war die Rundfunk- und Fernsehindustrie nicht in dem sonst gewohnten Maße vertreten, da erst wenige Wochen vorher auf demselben Ausstellungsgelände unter dem Funkturm die Große Deutsche Funkausstellung 1963 Berlin stattfand. Um die Bedeutung des kürzlichen Starts der Rundfunk-Stereophonie jedoch stärker herauszustellen, fanden sich 13 Firmen (AEG, Blaupunkt, Graetz, Grundig, Körting-Neckermann, Loewe Opta, Metz, Nordmende, Philips, Saba, Schaub-Lorenz, Siemens und Telefunken) zu einer Gemeinschaftsveranstaltung zusammen. Im Kinosaal des Philips-Pavillons wurden den interessierten Besuchern Stereo-Rundfunkgeräte der beteiligten Firmen jeweils nach einem kurzen einleitenden Vortrag vorgeführt. Auch nach Schluß der Ausstellung sollen – vorerst in Berlin – gemeinschaftliche Stereo-Vorführungen und andere Werbe- und Aufklärungsaktionen stattfinden.

► Einen Ausblick auf spätere Fernseh-Möglichkeiten fand man im britischen Pavillon. Dort war neben manchen anderen elektronischen Geräten (digitale Bausteine, elektronische Datenverarbeitungsanlagen, industrielles Fernsehen) verschiedener Firmen von Marconi ein kleines Farbfernsehstudio nach dem NTSC-Verfahren aufgebaut. An Empfangsgeräten (Marconi, Bush), die nebeneinander entweder in Schwarzweiß oder in Farbe ausgesteuert wurden, hatte man eine gern wahrgenommene Gelegenheit, sowohl das Farbbild als auch das kompatible Schwarzweißbild zu betrachten. Da die Kamera ein neues, sehr lichtempfindliches Orthikon der English Electric Valve enthielt, war das Bild recht gut ausgeleuchtet. Die Farbübereinstimmung überzeugte jedoch nicht ganz; zu gut konnte man die Originalfarben im Studio mit dem empfangenen Bild vergleichen. Rank-Cintel führte dicht daneben einen Farbfernsehprojektor für Schulungszwecke (Bildgröße 1,83 m x 1,37 m) vor, der für die drei Farben Rot, Grün und Blau je eine getrennte Projektionsröhre enthielt. Die Deckung der Teilbilder war gut. Da der Projektor seine Aussteuerung aber von der bereits erwähnten Farbfernsehanlage erhielt, traten die gleichen Farbverfälschungen auf.

► Als „Partner des Fortschritts“ wurden in einer sehr großzügig aufgezogenen Sonderschau in diesem Jahr vor allem asiatische Länder herausgestellt. Auf der japanischen Kollektivausstellung fand man außer tragbaren Rundfunkempfängern, tragbaren Stereo-Phonokoffern und Magnettongeräten auch kleine Schwarzweiß-Fernsehempfänger mit Bildröhrendiagonalen von etwa 15 und 25 cm. Einige Rundfunkempfänger wurden in dieser Sonderschau nur noch von Korea ausgestellt.

► Aus dem weiten Gebiet der angewandten Elektronik waren hier und da nur Beispiele zu finden. So fing Philips mit Hilfe des industriellen Fernsehens und einer magnetischen Bildspeicherung das Kontertel von Besuchern des Philips-Pavillons ein, die sich an einer Verlosung beteiligen konnten. Auch Siemens demonstrierte eine industrielle Fernsehanlage und unter anderem ihr Regelgeräteprogramm. Bei SEL fand man außer vielfältigen Bauelementen Muster aus dem Senderbau (Frequenzumsetzer). Die AEG hatte neben Diktiergeräten den Konsumgüterschwerpunkt auf Haushaltsgeräte abgestellt, die auch bei Braun im Vordergrund standen.

► Auf über 2500 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche zeigten die USA in einer gut gestalteten Sonderschau unter den Schlagwörtern „Automation“ und „Elektronik“ modernste Methoden (Fachgebiete Zeitungsdruck, medizinische Geräte, Büromaschinen und Datenverarbeitungsgeräte, Lebensmittelverpackungsmaschinen, Metallverarbeitungsmaschinen). Hingewiesen sei beispielsweise auf den „Dataplotter“ (Keuffel & Esser Co.), ein elektronisches Aufzeichnungsgerät für graphische Darstellungen (Punkt-, Strich- oder Symboldarstellung), für den die Daten mittels Magnetband, Lochstreifen, Lochkarte oder durch Handtastatur eingegeben werden können. Ein neuartiges Metallverformungsverfahren „Magneform“ führte die General Dynamics Corp. vor. Es läßt sich zum Dehnen, Pressen, Bördeln und Abscheren von metallischen, leitenden Werkstoffen einsetzen. Impulsförmige Entladungen (10...20 µs) einer Kondensatorbatterie werden dabei auf eine Arbeitsspule gegeben, deren Magnetfeld das Werkstück durchsetzt und dort einen Stromimpuls hervorruft, der seinerseits wieder ein Induktionsfeld erzeugt. Als Folge der aufeinander wirkenden Felder entstehen elektromagnetische Kräfte bis zu 50 000 lb/sq in (etwa 3500 kg/cm<sup>2</sup>), die berührungslos und mit Hilfe leicht auswechselbarer Spulen sehr vielseitige Verformungsmöglichkeiten des Werkstoffes zulassen. jd.

## Persönliches

### H. Nürger stellvertretendes Vorstandsmitglied bei Siemens

Dr. Heribald Nürger, bisher stellvertretendes Vorstandsmitglied der Bayerischen Vereinsbank, München, ist in freundschaftlichem Einvernehmen in die Dienste des Hauses Siemens getreten und mit Wirkung vom 1. Oktober 1963 als stellvertretendes Vorstandsmitglied in die Vorstände der Siemens & Halske AG und Siemens-Schuckertwerke AG berufen worden.

### H. Maler 40 Jahre bei Telefunken

Direktor Hermann Maler, Vertriebschef für Röhren und Halbleiter im Geschäftsbereich Bauelemente der Telefunken AG, konnte am 1. 11. 1963 auf eine 40jährige Tätigkeit in dem Unternehmen zurückblicken.

Nach Abschluß seiner kaufmännischen Lehrzeit trat H. Maler am 1. 11. 1923 in das Berliner Stammhaus von Telefunken ein. Dort wurde er im Frühjahr 1925 in die Rundfunkabteilung übernommen, wo man ihm schon nach kurzer Einarbeitungszeit die Disposition für Röhren, Rundfunkgeräte und Zubehörteile im Kontakt mit den Lieferwerken übertrug.

1941 übernahm er dann die Leitung des Vertriebs von Elektronenröhren an die apparatebauende Industrie. Gleichzeitig wurde er auf Grund seiner umfassenden fachlichen Erfahrung zur Bearbeitung aller kaufmännischen Fragen herangezogen, die sich im Rahmen von Verträgen mit anderen Röhren herstellenden Firmen ergaben. Hierzu gehörte auch die Wahrnehmung vertriebspolitischer Interessen im Ausland.

Als Telefunken nach 1945 die Röhrenfertigung wieder aufnehmen konnte, übernahm der Jubilar hierbei die Vertriebsleitung mit Sitz in Ulm. In dieser Position hat er entscheidend am stetigen Wachsen des Röhrengeschäftes, vor allem auch bei der Erweiterung des Fertigungsprogramms um Fernsehbildröhren, Spezialröhren und Halbleiter mitgewirkt.

### R. Föhrenbach und H. W. Meyer-Oldenburg 25 Jahre bei Saba

Am 1. Oktober feierten die Direktoren Rudolf Föhrenbach und Dr. Hans W. Meyer-Oldenburg ein Doppeljubiläum. Das gemeinsame Jubiläumsdatum der 25jährigen Zugehörigkeit zum Hause Saba ist einfach zu erklären: Am 1. November 1938 wurde in Berlin die Firma Jaroslaws erste Glimmerwarenfabrik von Saba übernommen und als Firma Scherb & Schwer KG weitergeführt. Herr Föhrenbach führte zusammen mit Herrn Scherb die Kaufverhandlungen. Er wurde nach der Übernahme der Firma geschäftsführender Prokurist. Dr. Meyer-Oldenburg gehörte dem Unternehmen bereits seit 1935 als kaufmännischer und technischer Leiter der Abteilung Kondensatoren an.

Rudolf Föhrenbach, 1907 geboren, absolvierte nach dem Besuch der Realschule eine kaufmännische Lehre bei den Metallwerken Schwarzwald AG. Zusammen mit Eugen Schrade gründete er die Revisions- und Treuhand KG, bei der er bereits mit 21 Jahren Einzelprokura erhielt. Die Verbindung zu Saba kam 1938 zustande, als er die Geschäftsführung des Schwesterunternehmens Scherb & Schwer übertragen bekam; aber erst im April 1952 wechselte Herr Föhrenbach ganz in die Geschäftsleitung der Firma Saba über. Seit elf Jahren ist Rudolf Föhrenbach Mitglied des Vorstandes der Elektro-Isolierwerke Schwarzwald AG, ab 1. 1. 1961 auch alleiniger Geschäftsführer der Firma Scherb & Schwer GmbH & Co. in Berlin.

Dr. Hans W. Meyer-Oldenburg, 1908 geboren, studierte in den Jahren 1927-1932 in München, Berlin, Karlsruhe und Braunschweig. Von 1935 bis zum Kriegsende lebte und arbeitete er in Berlin. Anfang 1945 übersiedelte er nach Villingen. Er zählt zu den ersten 15 Mitarbeitern, die daran gingen, auf dem zerstörten Saba-Gelände aufzuräumen. Über viele Monate hinweg führte Dr. Meyer-Oldenburg alleinverantwortlich die Geschäfte und übernahm nach der Währungsreform die Verkaufsleitung für das In- und Ausland. 1957 wurde er zusammen mit den Herren Föhrenbach, Schanz und Dr. Schnabel zum Direktor ernannt.

### R. Jötten zum Professor ernannt

Dr.-Ing. Robert Jötten, bisher Leiter der Entwicklungsabteilung „Antriebstechnik“ in der Stromrichterfabrik der AEG in Berlin, wurde als ordentlicher Professor der Fakultät für Elektrotechnik an die Technische Hochschule in Darmstadt berufen und mit der Leitung des Instituts für Stromrichter- und Gasentladungstechnik betraut.

R. Jötten promovierte 1953 in Darmstadt und wurde in den nunmehr zehn Jahren seiner Tätigkeit in der Industrie der Fachwelt durch viele Veröffentlichungen und Vorträge, speziell über die Steuerungs- und Regelungstechnik von Quecksilberdampf- und Halbleiter-Stromrichteranlagen bekannt.



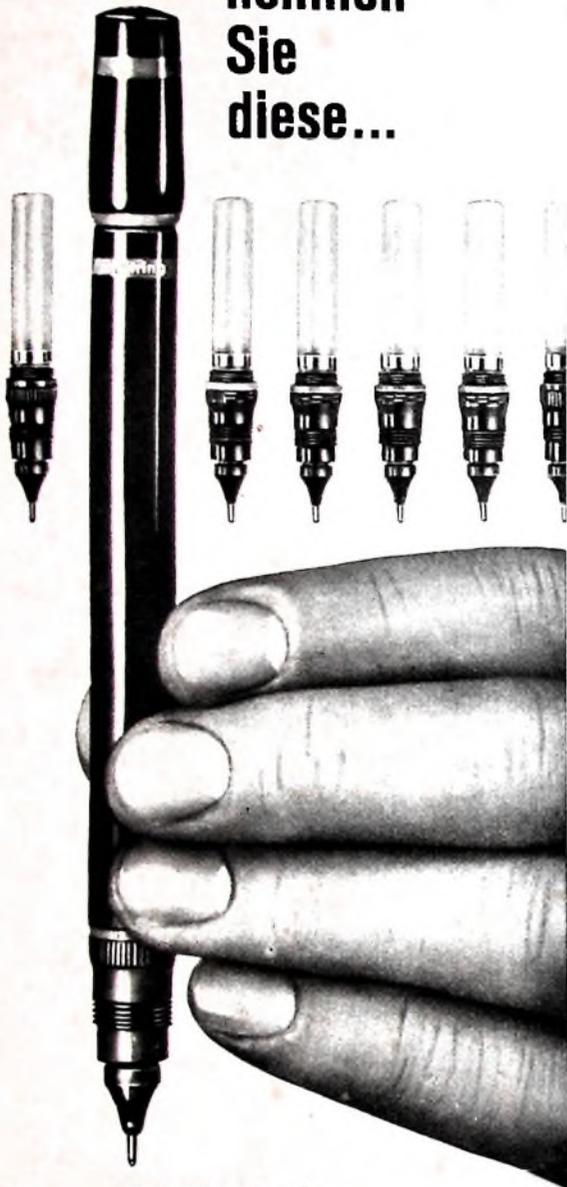
der  
ist  
sauer!

Kein Wunder! Tuscheverschmutzte Hände machen ihm das Leben schwer, denn sie bedeuten Ärger, Zeitverlust und Kosten. Vermeiden Sie das durch sorgfältige Auswahl Ihrer Zeichengeräte.

Ein guter Tip für Sie auf der nächsten Seite! —

23/1

nehmen  
Sie  
diese...



Rapidograph,  
Variant und Varioscript -  
leichter, sauberer,  
schneller, rationeller!

**rotring**  
ZEICHENGERÄTE

RIEPE-WERK · HAMBURG-ALTONA  
Fordern Sie unseren Prospekt 704 B 50

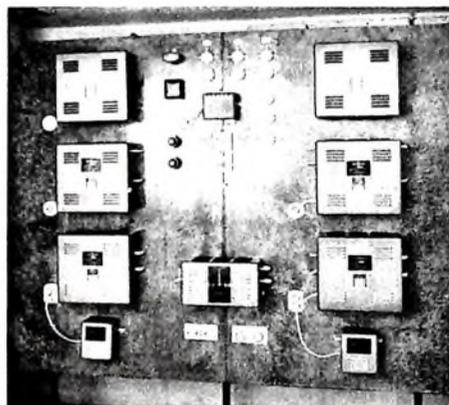
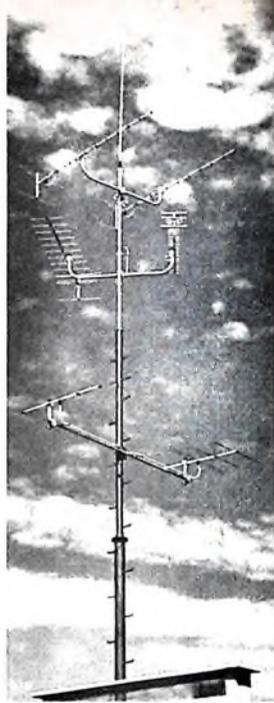
Z 3/2

## 1120 Haushaltungen an einer Gemeinschafts- Antennenanlage

Im September wurde in München die bisher größte und modernste Gemeinschafts-Antennenanlage für Hörfunk und Fernsehen in der Bundesrepublik offiziell in Betrieb genommen. Sie versorgt 1120 Wohneinheiten einer ausgedehnten Altbau-Wohnanlage mit allen dort zu empfangenden Rundfunk und Fernsehprogrammen. Damit verschwindet ein „Antennenwald“ von etwa 500 einzelnen Antennen von den Dächern des Häuserkomplexes an der Pilgersheimer/Walddeckstraße in München-Giesing. Um alle Probleme elektrischer, bautechnischer und rechtlicher Art auszuschalten, beauftragte die Hauseigentümerin die Firma Funk- und Antennentechnik GmbH, München, mit der Errichtung einer Gemeinschafts-Antennenanlage die in Zusammenarbeit mit Siemens entstand.

Die Anlage ist für Hörfunk sowie für die Übertragung des ersten und zweiten deutschen Fernsehprogramms eingerichtet und für das künftige dritte deutsche Fernsehprogramm vorbereitet. Vor allem mit Rücksicht auf die Teilnehmer, die einen älteren Fernsehempfänger ohne UHF-Teil besitzen und bisher nicht in der Lage waren, das zweite Fernsehprogramm zu empfangen, wird dieses in den Fernbereich III umgesetzt. Der Empfang der Sendungen des österreichischen Fernsehens wird in diesem Teil Münchens durch den Giesinger Berg stark beeinträchtigt oder verhindert und ist dort über Einzelantennen unbefriedigend oder gar unmöglich. Über die empfangstechnisch günstige Antenne der neuen Gemeinschaftsanlage können nunmehr alle angeschlossenen Teilnehmer diese Sendungen gut empfangen.

Auf dem Flachdach des einzigen Hochhauses in dem gesamten Komplex erhebt sich der 11 m hohe, etwa 500 kg schwere Stahlrohr-Stiegmast, der die Empfangsantennen trägt. Wegen starker Windbelastung infolge großer Bauhöhe wurde eine Siemens-Schiffsantenne für den Empfang des Hörfunks im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich eingesetzt. Die Prasselschutzkugel der hochelastischen Glasfaserrolle dieser Stabantenne befindet sich etwa 45 m über dem Erdboden. Fernseh- und UKW-Empfangsantennen bilden in Zwillingsanordnung drei Ebenen. Die oberste Zwillingsantenne empfängt die Sendungen des österreichischen Fernsehens im Kanal 8. Der Aufwand zweier Antennen war hier notwendig, um unmittelbar hinter dem abschirmenden Giesinger Berg nach einen zufriedenstellenden Empfang zu gewährleisten. Darunter sind die Kanalantenne für den Empfang des ersten Fernseh-



Die Hauptverstärkerzentrale der Gemeinschafts-Antennenanlage in München-Giesing

programms im Kanal 10 sowie die Mehrbereichantenne für den Empfang des zweiten im Kanal 35 und des künftigen dritten Fernsehprogramms im Kanal 56 angebracht. In der untersten Ebene sind zwei gleichartige UKW-Empfangsantennen angeordnet, die auf je einen eigenen Verstärker in der Hauptverstärkerzentrale geschaltet sind.

Nicht nur der UKW-Verstärker ist doppelt vorhanden, sondern die gesamte Hauptverstärkerzentrale. Bei Ausfall einer Phase der Netzspannung, bei Heiz- oder Adenspannungsausfall einer Röhre schaltet sich die Anlage selbsttätig auf die zweite Hauptverstärkerzentrale um. Die Hauptverstärkerzentrale speist 18 Unterverstärker in den umliegenden Gebäuden. Diese Unterverstärker versorgen dann die zugehörigen Hausnetze.



P. ALTMANN

## Die Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik

Fortsetzung aus FUNK-TECHNIK Bd 18 (1962) Nr. 20, S. 776

### 3.3.10. Der Begriff der Zeitkonstante

Wir ändern nun die Schaltung unseres Netzgerätes dadurch ab, daß wir nach Bild 56 die Drossel  $D_r$  durch einen Widerstand  $R$  von 40 k $\Omega$ m ersetzen. An die Außenanschlüsse legen wir das auf 600 V Gleichspannung geschaltete Vielfach-Meßinstrument. Nach dem Einschalten des Netzschalters schließen wir zunächst  $C_1$  vorübergehend (wie gestrichelt gezeichnet) kurz, so daß das Voltmeter keinen Ausschlag zeigt. Dann heben wir den Kurzschluß auf und beginnen im selben Augenblick lang-

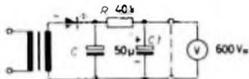


Bild 56. Zum Begriff der Zeitkonstante

sam zu zählen. Dabei werden wir sehen, daß der Zeiger des Instruments zuerst verhältnismäßig schnell ansteigt, und wenn wir etwa bis 2 gezählt haben, wird das Instrument eine Spannung von rund 200 V anzeigen. Danach erfolgt der Anstieg wesentlich langsamer, und es dauert mehrere Minuten, bis die Endspannung von etwa 300 V erreicht ist. Sie hat aber auch im Endzustand einen kleineren Wert als bei Verwendung der Drossel  $D_r$ , weil der Instrumentenstrom an  $R$  einen Spannungsabfall hervorruft, um den sich die Ausgangsspannung vermindert.

Wir wiederholen den Versuch nochmals, um uns die Vorgänge genau einzuprägen. Wichtig ist, daß die Spannung an  $C_1$  nach dem Aufheben des Kurzschlusses nicht sofort in voller Höhe vorhanden ist (wie bei Verwendung der Drossel), sondern sie steigt zuerst verhältnismäßig schnell, dann jedoch immer langsamer an.

Was zeigt dieser Versuch? Die Aufladung des Kondensators beansprucht jetzt offenbar eine bestimmte Zeit, und das ist verständlich, wenn man bedenkt, daß jeder Strom an einem Widerstand einen Spannungsabfall erzeugt. Hierfür ist in unserem Fall der Ladestrom von  $C_1$  verantwortlich. Ist  $C_1$  vollkommen entladen, so ist der Ladestrom zunächst hoch, und an  $R$  fällt eine hohe Spannung ab. Mit zunehmender Aufladung verringern sich der Ladestrom und der Spannungsabfall an  $R$ . Diese Verringerung des Stroms hat jedoch einen langsameren Fortschritt der Ladung zur Folge, weil dem Kondensator immer weniger Elektronen je Zeiteinheit zugeführt werden. Gegen Schluß der Ladung wird der Ladestrom so niedrig, daß die Ladung nur noch unmerklich fortschreitet. Es dauert daher sehr lange, theoretisch sogar unendlich lange, bis die Kondensatorspannung auf den Wert der zugeführten Spannung angestiegen ist.

Der Spannungsanstieg erfolgt um so langsamer, je größer  $R$  und  $C_1$  gewählt werden. Das Produkt dieser beiden Werte ist also ein Maß für die Ladezeit. Dieses Produkt wird „Zeitkonstante“ genannt und oft mit dem griechischen Buchstaben  $\tau$  (Tau) bezeichnet. Den Wert der Zeitkonstante in Sekunden kann man bei bekanntem  $R$  und  $C_1$  berechnen. Es ist

$$\tau = C_1 \cdot R,$$

wobei man  $R$  in Ohm und  $C_1$  in Farad einsetzen muß. Der Wert  $\tau$  gibt dann an, wieviel Zeit (in Sekunden) vergeht, bis sich der Kondensator  $C_1$  auf etwa den 0,6ten Teil der Ladespannung aufgeladen hat. Setzen wir unsere Werte ein, so ergibt sich  $\tau = 4 \cdot 10^4 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 2$  s (Sekunden). Das stimmt recht gut mit unserer Versuchsbeobachtung überein, denn wir mußten bis 2 zählen, bis die Spannung an  $C_1$  auf rund 200 V (etwa dem 0,6fachen der Endspannung von 300 V) gestiegen war. Die Messung war natürlich nur ungenau; sie genügt jedoch, um die Richtigkeit der angegebenen Gesetzmäßigkeit zu zeigen.

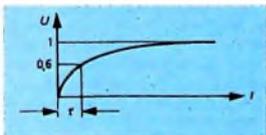


Bild 57. Verlauf der Kondensatorspannung

Trägt man die Spannung  $U$  am Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  auf, so erhält man eine Kurve nach Bild 57. Der grundsätzliche

# VALVO AF 180

## Diffusionslegierter Germanium-HF-Transistor für geregelte Vorstufen von VHF-Kanalwählern

Heute kann man diffusionslegierte Transistoren bauen, die nicht nur den Verstärkungs- und Rauschanforderungen im VHF-Bereich gerecht werden, sondern darüber hinaus auch die an eine geregelte HF-Stufe gestellten Bedingungen erfüllen. Mit dem VALVO AF 180 gibt es jetzt einen Transistor für geregelte Vorstufen von VHF-Kanalwählern. In Verbindung mit dem VALVO AF 102 in der Misch- und Oszillatorstufe bietet er eine komplette Lösung für transistorisierte VHF-Kanalwähler. Der AF 180 eignet sich besonders gut für die »Aufwärtsregelung«. In diesem Fall wird die Abnahme der Verstärkung mit zunehmendem Emitterstrom ausgenutzt. Die Vorteile dieser Regelung bestehen vor allem in einem größeren Aussteuerbereich. Die Eingangsanpassung bleibt bei Regelung weitgehend erhalten.

**Kenndaten:**  $-U_{CE \max} = 25$  V  $-I_C \max = 20$  mA

### Leistungsverstärkung

bei  $G_g = 25$  mS,  $G_L = 0,6$  mS,  $f = 50$  MHz:  $v_p = 20$  dB

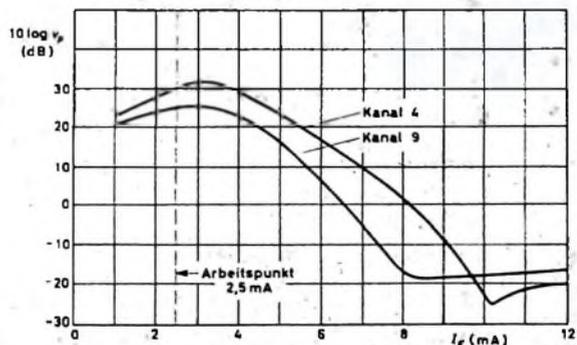
bei  $G_g = 25$  mS,  $G_L = 1$  mS,  $f = 200$  MHz:  $v_p = 14$  dB

**Rauschzahl** bei  $R_g = 40 \Omega$ ,  $f = 200$  MHz:  $F = 6$  dB

### Regelbereich

bei  $-U_{bat} = 12$  V,  $R_C + R_E = 510 \Omega$ ,  
 $I_E \leq 14$  mA,  $f = 50$  MHz: 46 dB

bei  $I_E \leq 12$  mA,  $f = 200$  MHz: 36 dB



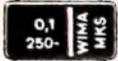
Abhängigkeit der Leistungsverstärkung  $v_p$  des Kanalwählers (gemessen in dB) vom Emitterstrom des Vorstufen-transistors (bei Regelung).

VALVO GMBH HAMBURG



H 0869/539

# WIMA- MKS



**Metallisierte Kunststoffollen-Kondensatoren.**

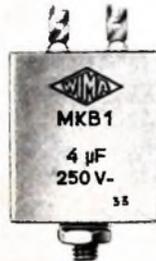
Spezialausführung für Leiterplatten in rechteckigen Bauformen mit radialen Drahtanschlüssen.

Vorteile:

- Geringer Platzbedarf auf der Leiterplatte.
  - Exakte geometrische Abmessungen.
  - Genaue Einhaltung des Rastermaßes.
  - Kein Vorbiegen der Drähte vor dem Einsetzen in Leiterplatten.
  - Unempfindlich gegen kurzzeitige Überlastungen durch Selbstheilungseffekt.
  - HF-kontaktsicher und induktionsarm.
  - Verbesserte Feuchtesicherheit.
- Betriebsspannungen: 250 V- und 400 V-;  $U_N=100$  V- in Vorbereitung.



## Moderne Bau- elemente für die Elektronik



# WIMA- MKB



**Metallisierte Kunststoffollen-Kondensatoren in Becherausführung.**

Mit hohem konstantem Isolationswiderstand und bisher unerreich kleinen Bauformen bei größeren Kapazitätswerten

Zwei Ausführungen:

**MKB 1:** Im rechteckigen Alu-Becher mit Lötlösen und Schraubbolzenbefestigung. Gießharzverschluß.

**MKB 2:** Mit axialen Anschlußdrähten im ovalen Alu-Becher. Betriebsspannungen: 250 V- (bis 16 µF) und 400 V- (bis 6 µF).

**Prospekte über unser gesamtes Fabrikationsprogramm auf Anfrage.**

**WIMA WILH. WESTERMANN  
SPEZIALFABRIK F. KONDENSATOREN  
68 MANNHEIM POSTFACH 2345**

Kurvenverlauf bleibt stets gleich, unabhängig vom jeweiligen Absolutwert der Zeitkonstante. Immer nach dem Ablauf einer Zeitkonstante  $\tau$  ist die Spannung auf den rund 0,6fachen Wert der Endspannung, die im Bild 57 mit 1 bezeichnet ist, angestiegen. Nach einer Zeit von 4...5 Zeitkonstanten hat der Kondensator praktisch die volle Endspannung erreicht; theoretisch dauert das allerdings unendlich lange.

Beim Entladen eines Kondensators spielen sich die umgekehrten Vorgänge ab, wie wir im Versuch leicht zeigen können. Ist der Kondensator C1 im Bild 56 voll aufgeladen, dann schalten wir den linken Anschluß des Widerstandes R von C ab und legen ihn an den unteren Anschluß von C1. Dadurch ergibt sich die Schaltung nach Bild 58. Das

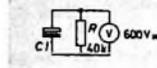


Bild 58. Entladung eines Kondensators über einen Widerstand

Umschalten von R muß schnell erfolgen, damit sich C1 über den Widerstand des Voltmeters nicht nennenswert entladen kann. Im Augenblick des Anschaltens von R beginnt die Spannung zunächst schnell und dann immer langsamer zu fallen. Für die Entladung ergibt sich also ein umgekehrter Kurvenverlauf wie im Bild 57. Auch das ist leicht einzusehen, denn bei hoher Spannung fließen zunächst viele Elektronen je Zeiteinheit ab, die Entladung erfolgt also schnell. Je niedriger die Spannung von C1 wird, um so niedriger wird auch der Entladestrom, und um so mehr verzögert sich die Entladung. Auch hier dauert die Entladung theoretisch unendlich lange; sie ist jedoch nach dem Ablauf von 4...5 Zeitkonstantenwert praktisch beendet.

In der elektronischen Praxis kommen meistens wesentlich kleinere Zeitkonstanten vor; üblich sind Werte von weniger als  $\frac{1}{1000000}$  Sekunde. Überlegen wir uns einmal, welche Kapazität für  $\tau = 10^{-6}$  s bei einem Widerstand von  $R = 10$  kOhm erforderlich ist. Es ergibt sich  $C = \tau : R = 10^{-6} : 10^4 = 10^{-10} F = 10^{-4} \mu F = 100$  pF. Das ist ein Wert, wie er in der elektronischen Praxis häufig vorkommt. Manchmal können solche Zeitkonstanten erwünscht, häufig aber auch unerwünscht sein. Den Begriff der Zeitkonstante haben uns die beiden Versuche anschaulich vor Augen geführt.

#### 4. Messungen zeigen Grundlagen elektronischer Bauelemente

In den bisherigen Hauptabschnitten 1., 2. und 3. haben wir die fundamentalen elektrophysikalischen und elektratechnischen Grundgesetze kennengelernt, über die man unbedingt Bescheid wissen muß und die man immer wieder benötigt, wenn man radiotechnische oder elektronische Spezialarbeiten ausführen will. Dabei sei erwähnt, daß manche Gesetzmäßigkeiten sich bei höheren und höchsten Frequenzen vollkommen anders zu äußern scheinen, als das in den bisherigen Versuchen der Fall war. Diese Widersprüche sind jedoch immer nur scheinbar. Sie sind meistens eine Folge bestimmter Nebeneffekte, die bei höheren und höchsten Frequenzen auftreten und die manchmal so stark sind, daß sie die Grunderscheinungen überdecken.

Der jetzt beginnende Abschnitt bildet gewissermaßen die Brücke zwischen den elektrophysikalischen Grundlagen und den spezielleren Gesetzmäßigkeiten der Radiotechnik und Elektronik. Wir lernen darin das Verhalten wichtiger Bauteile kennen, die uns in radiotechnischen und elektronischen Geräten immer wieder begegnen. Ebenso wie in den vorhergehenden Hauptabschnitten soll aber immer nur das grundsätzliche Wichtige gebracht werden.

#### 4.1. Messungen zeigen Grundlagen der Röhrentechnik

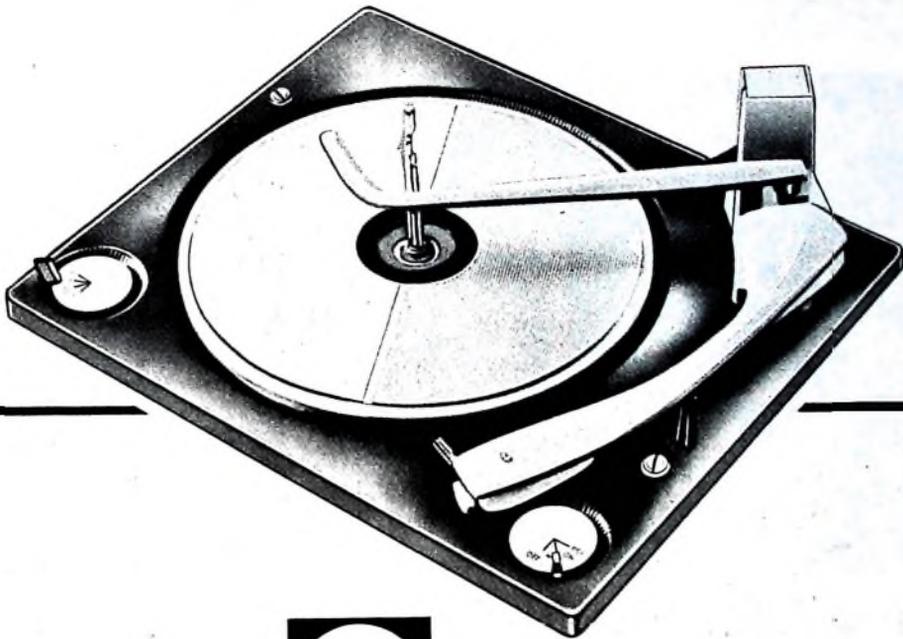
Die Röhre ist das älteste und — neben den Halbleiter-Bauelementen — das bedeutendste Bauelement der Radiotechnik und Elektronik. Bevor wir zu Versuchen übergehen, müssen wir aber wenigstens das Allerwichtigste über Aufbau und Wirkungsweise von Röhren besprechen. Eine Elektronenröhre besteht in ihrer einfachsten Form aus einem nahezu luftleeren Glaskolben, in dem eine von außen erheizbare Elektrode, die Katode, und eine weitere Elektrode, die Anode, untergebracht sind. Wird die Temperatur der Katode stark erhöht, so können einige der auf der Katode sitzenden Elektronen das Metall verlassen und bilden dann eine „Elektronenwolke“, die die Katode in geringem Abstand umgibt. Macht man nun die Anode gegenüber der Katode sehr elektronenarm — das läßt sich durch Anlegen einer Gleichspannung zwischen Anode und Katode (Anode positiv gegenüber der Katode) erreichen —, so haben die Elektronen das Bestreben, das Spannungsgefälle auszugleichen. Das wird ihnen leicht gemacht, weil sie in dem fast luftleeren Raum nur auf wenige Gasmoleküle treffen, durch die sie abgebremst werden. Sie fliegen daher mit erheblicher Geschwindigkeit von der Katode zur Anode, und dieser Elektronenfluß, der sich als Stromfluß im äußeren Stromkreis fortsetzt, dauert, solange die Spannung wirksam ist. Pausen wir die Spannung um, so kann kein Strom zustande kommen, weil die jetzt negative (elektronenreiche) Anode die Elektronen abstößt. Aus der Anode selbst können jedoch keine Elektronen austreten, da sie nicht erhitzt wird.



## Einer der meistgekauften Plattenwechsler der Welt

Der neueste BSR-Plattenwechsler spricht für sich selbst; in seiner äußeren Gestalt von Raymond Loewy entworfen, elegant und zu jeder Holzart passend. Technisch stellt das Modell UA 15 den bisherigen Höhepunkt einer jahrzehntelangen Entwicklung dar; Überzeugen Sie sich:

# BSR = zuverlässig



## BSR (Germany) GmbH

2 Hamburg 1 · West Germany · Schopenstehl 20/21 · Normannenhof



**becker**  
*autoradio*  
 FÜR ALLE WAGENTYPEN - IN JEDER PREISLAGE  
 BECKER RADIOWERKE GMBH 7501 ITTERSBAACH

Wir sehen, daß eine derartige Diode als elektrisches Ventil wirkt. Der zustande kommende Strom heißt Anodenstrom, die angelegte Spannung nennt man Anodenspannung. Zur Erhitzung der Katode benötigt man eine elektrische Leistung, die sich aus dem Produkt von Heizstrom und Heizspannung ergibt.

Die Katode besteht im einfachsten Fall aus einem dünnen Glühfaden (ähnlich wie in einer Glühlampe), der unter dem Einfluß des Heizstroms auf hohe Temperaturen gebracht wird. Dieses Prinzip hat man heute jedoch bis auf wenige Ausnahmen verlassen. Man verwendet den Glühfaden, auch Heizfaden genannt, nur zur Erhitzung eines dünnen Röhrchens, auf dem ein Stoff ausgebracht ist, der schon bei niedrigen Temperaturen Elektronen kräftig aussendet oder „emittiert“. Die Heizung erfolgt also auf indirektem Wege, und man spricht daher von „indirekter“ Heizung.

Die nahezu luftleeren Glaskolben können die verschiedenste Gestalt annehmen. Jeder Leser dieser Aufsatzreihe hat sicherlich schon eine Röhre in der Hand gehabt, so daß wir nicht mehr darauf einzugehen brauchen. Erwähnt sei lediglich, daß man außer den Grundelektroden Katode und Anode in zahlreichen Röhren noch weitere Elektroden findet, die meistens als Gitter bezeichnet werden und in der Mehrzahl der Fälle zwischen Anode und Katode angeordnet sind. Mit diesen Gittern kann man den Anodenstrom „steuern“. Wir verstehen das am besten, wenn wir uns zwischen Anode und Katode zunächst nur ein einziges Gitter denken. Dann hat die Röhre drei Anschlüsse und heißt „Triode“. Machen wir dieses Gitter stark negativ gegenüber der Katode, so fließt trotz angelegter Anodenspannung kein oder nur ein sehr niedriger Anodenstrom, weil das elektronenreiche Gitter die Elektronen zum größten Teil zurückstößt, also nicht zur Anode gelangen läßt. Je weniger negativ das

Gitter gegenüber der Katode ist, um so höher wird der Anodenstrom. Ist das Gitter jedoch positiv gegenüber der Katode, so wirkt es ähnlich wie die Anode, das heißt, es nimmt selbst Elektronen auf. Als Folge davon tritt ein Elektronenstrom in der Zuleitung zum Gitter auf, ein sogenannter Gitterstrom, der aber meistens unerwünscht ist. Die fundamentale Bedeutung einer Elektronenröhre mit Gitter besteht nämlich darin, daß die Steuerung des Anodenstroms leistungslos erfolgt, weil nur Spannungsänderungen am Gitter (jedoch kein Gitterstrom) erforderlich sind, um den Anodenstrom zu beeinflussen.

Neben Dioden und Trioden gibt es auch noch Mehrgitterröhren, deren Wirkungsweise wir an Versuchen näher kennenlernen werden. Die vorstehenden, sehr allgemeinen Ausführungen mußten jedoch vorausgeschickt werden, damit der Leser wenigstens ungefähr weiß, was eine Röhre ist.

Auf dem Markt findet man unzählig viele verschiedene Röhrentypen, die sich durch ihre elektrischen Daten, die wiederum vom Anwendungszweck bestimmt sind, voneinander unterscheiden. Auch Größenunterschiede gibt es, denn je größer die von den Röhren zu verarbeitenden Leistungen sind, um so größer müssen die räumlichen Abmessungen sein. Die Elektroden im Inneren der Röhre führen zu Anschlüssen am „Röhrensackel“, die so ausgebildet sind, daß sie in entsprechende Fassungen passen. Die im Handel erhältlichen Röhren-Tabellenbücher geben darüber näheren Aufschluß. Hier sei nur erwähnt, daß man den Röhren Typenbezeichnungen gibt, aus deren Zahlen- und Buchstabenkombinationen bereits Rückschlüsse auf die elektrischen Eigenschaften der Röhre gezogen werden können.

Es gibt Röhren, die in einem Glaskolben nur ein komplettes Elektroden-system enthalten, aber auch solche, bei denen mehrere Systeme in einem

**ELL 80**

Die bewährte Doppelendpentode für Zweikanalendstufen mit 2 x 3 Watt Sprechleistung

**ECLL 800**

Die Doppelendpentode mit Phasenumkehrtriode für 9-Watt-Gegentaktendstufen

# LORENZ-RÖHREN

**SEL** STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG STUTTGART  
 Geschäftsbereich Bauelemente

Kalben untergebracht sind. Diese Röhren heißen Verbundröhren. Aus Ersparnisgründen verwenden wir für unsere Versuche eine Verbundröhre, die ein Triodensystem und ein sogenanntes Pentodensystem enthält. Es handelt sich um die Röhre ECL 80 (Herstellerbeispiel: Valvo, Siemens, Lorenz, Telefunken). Eine derartige Röhre und eine dazu passende Röhrenfassung (Navafassung; Herstellerbeispiel: Pöh, Lumberg, Jungbecker) beschaffen wir uns und montieren sie auf einem kleinen quadratischen Grundbrett aus 2 mm dickem Pertinax, in dessen Mitte wir ein Loch bohren. Die Fassung wird so montiert, daß die Lötanschlüsse nach unten sehen. Jeden der neun Anschlüsse der Fassung verbinden wir mit einer auf dem Grundbrett montierten Telefonbuchse. Das Grundbrett selbst wird mit Distanzstücken auf einem etwas größeren Brettchen montiert. Außer der Röhre mit Fassung brauchen wir noch unser Vielfachinstrument, das im vorigen Abschnitt beschriebene Netzgerät und ein Potentiometer von 20 kOhm, 3 W, das wir ebenfalls, wie schon früher beschrieben, auf einem Brettchen befestigen.

Bild 59a zeigt eine schematische Darstellung der Röhrenelektroden der ECL 80. Das linke System ist das vorerst nicht benötigte Pentodensystem, das rechte das Triodensystem. Die Anschlüsse  $f-f$  bedeuten die Hei-

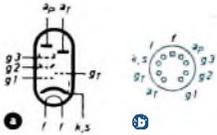


Bild 59. Elektradenschema und Sockelschaltbild der ECL 80

zung, und  $k$  ist die Katode, die hier mit einer Abschirmung  $s$  im Inneren der Röhre verbunden ist.  $g_2$  stellt das Steuergitter der Triade dar,  $a$  die Anode der Triade,  $g_1$  das Steuergitter der Pentode,  $g_2$  das Schirmgitter,  $g_3$  das Bremsgitter und  $a$  die Anode der Pentode. Bild 59b zeigt das sogenannte Sockel-Anschlußbild, das Gültigkeit hat, wenn man von unten auf die Anschlüsse der Röhre sieht. Die Bezeichnungen entsprechen denen im Bild 59a. Diese Sockel-Anschlußbilder sind in den von den Herstellern herausgegebenen Röhren-Datenblättern und in allen Röhren-Tabellenbüchern enthalten, so daß man danach die Verdrahtung vornehmen kann.

Nachdem nun das Grundsätzliche über die Röhre und die Versuchsanordnungen gesagt ist, befassen wir uns mit dem elektrischen Verhalten.

#### 4.1.1. Die Heizdaten

Wir bauen die Schaltung nach Bild 60 auf, schließen aber die Leitungen zu den Gleichspannungsklemmen des Netzgerätes zunächst nach nicht an. Die Röhre hat laut Angabe des Herstellers eine Heizspannung von

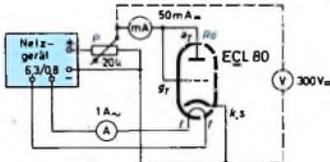


Bild 60. Die ECL 80 als Diode

6,3 V und einen Heizstrom von 300 mA. Die Spannung von 6,3 V liefert unmittelbar unser Netztransformator, so daß wir die Anschlüsse 6,3/0,8 nur mit den Anschlüssen  $f-f$  der Röhre zu verbinden hätten. Um den Heizstrom zu messen, legen wir jedoch nach Bild 60 in die eine Heizleitung unser als Wechselstrom-Amperemeter (Meßbereich 1 A~) geschaltetes Vielfachinstrument. Schalten wir nun das Netzgerät ein, so wird der Zeiger zunächst stark ausschlagen und dann langsam auf 300 mA zurückgehen. Der ursprünglich starke Ausschlag ist eine Folge der Temperaturabhängigkeit des Heizfadens, wovon schon früher die Rede war. Erst wenn der Faden völlig warm geworden ist, stellt sich der vorschriftsmäßige Heizstrom ein. Wir berechnen bei dieser Gelegenheit gleich die Heizleistung: Es ist

$$P = I \cdot U, \text{ also } P = 0,3 \cdot 6,3 = 1,89 \text{ W}$$

Zur Heizung der Röhre werden also rund 2 W verbraucht. Berühren wir den Röhrenkalben nach einigen Minuten Betriebszeit mit der Hand, dann bekommen wir ein Gefühl für die Wärme, die eine Leistung von etwa 2 W liefert. Im Inneren der Röhre erkennen wir ein schwaches Glühen, das von der durch den Heizfaden erhitzten Katodenschicht ausgeht. Nun entfernen wir das Amperemeter aus dem Heizkreis und verbinden die Heizanschlüsse direkt mit dem Netzgerät. Wir berücksichtigen die Heizung in den späteren Schaltungen nicht mehr, sondern nehmen immer stillschweigend an, daß der Heizfaden an die Anschlüsse 6,3/0,8 des Transformators gelegt ist. (Wird fortgesetzt)



**KERAMISCHE KONDENSATOREN**  
für Rundfunk, Fernsehen,  
Meßgeräte etc.

**KERAMISCHE**  
**KONDENSATOREN**  
nach MIL

**HF-BAUTEILE**

**ROSENTHAL-ISOLATOREN-GMBH**

**SELB-BAY. WERK III**

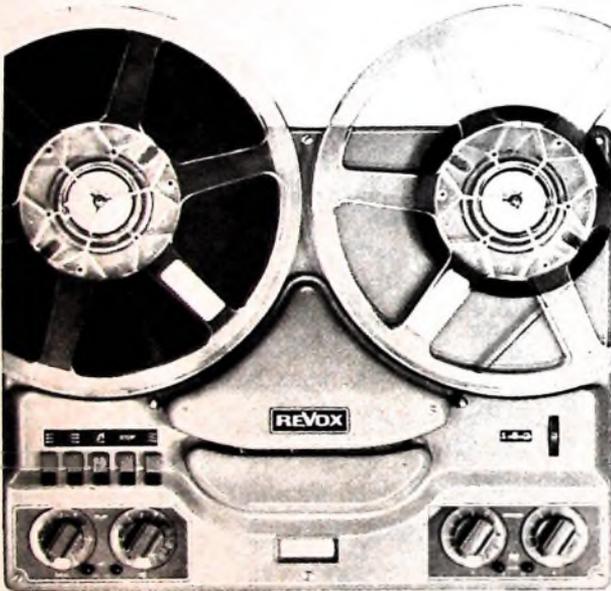
PRÄZISION



Ganz oben steht PRÄZISION

# REVOX

ist, wie Geräte der Firma STUDER/Zürich, nach diesem Grundsatz gebaut und hat unter den Tonband-Amateuren, wie auch im beruflichen Einsatz, in vielen Ländern Freunde gefunden.



## TECHNISCHE DATEN:

Stereo-Tonbandgerät REVOX F 36 Dreimotorenlaufwerk mit polumachtbarem Tonmotor für Geschwindigkeiten 9,5/19 cm. 2 oder 4 Spurausführung Getrennte Aufnahme- und Wiedergabe-Verstärker und Tonköpfe ermöglichen Hinterbandkontrolle Misch- und Multiplaymöglichkeit 13 Röhren mit 28 Funktionen. 25 cm Ø Spulen 6 W Gegentaktverstärker mit 21 cm Ø Rundlautsprecher Anschluß für Fernbedienung Empfohlener Verkaufspreis: DM 1460,—

Bitte, fordern Sie ausführliche Unterlagen bei der REVOX G. m. b. H. Abt. 1a, 78 Freiburg, Langemarckstraße 112 an.

Bei Aufnahmen musikalischer und literarischer Werke Urheberrecht beachten.

## Neue Bücher

**Schalteigenschaften von Dioden und Transistoren.** Von C. le Can, K. Hart u. C. de Ruyter. Eindhoven 1963. Philips Technische Bibliothek 225 S. m. 135 B. u. 14 S. Diagramme. 15,5 cm x 23 cm. Preis in Ganzl geb. 28,50 DM.

Das Buch will zum besseren Verständnis einiger Effekte beitragen, die - von der Anwendung her gesehen - oft als anomal erscheinen. Es stützt sich auf Arbeiten, die während der letzten Jahre im Philips-Halbleiterlaboratorium für elektrische Anwendung in Nijmegen durchgeführt wurden. Unter Benutzung verhältnismäßig einfacher Modelle wird gezeigt, daß die elektrischen Eigenschaften von Halbleiterdioden und Transistoren in ebenso einfacher Weise mit den physikalischen Vorgängen zusammenhängen.

Statische Eigenschaften und Schaltvorgänge von Flächendioden sind im ersten Kapitel beschrieben. Im Mittelpunkt der Darstellung steht die räumliche Verteilung der Trägerdichten. Alle wichtigen Probleme (Emitterwirkungsgrad, Feldeinfluß, Rahnwiderstände, Durchbruch- und Oberflächeneffekte, kapazitives und induktives Verhalten usw.) sind an Hand einfacher Modellvorstellungen und Formeln behandelt. Die an Flächendioden gewonnenen Ergebnisse sind im zweiten und dritten Kapitel auf den Transistor ausgedehnt. In der Praxis auftretende Eigenschaften wurden hier in das physikalische Gesamtbild eingeordnet und viele Fragen beantwortet, die in den Laboratorien häufig diskutiert werden (Verhalten des Transistors im Übersteuerungsbereich, Spannungs- und Stromsteuerung, Einfluß einer Transistorsymmetrie, Schalterkennwerte und dergleichen). Das vierte Kapitel enthält die Beschreibung des Impulsverhaltens von Transistoren in bestimmten Schaltungen. Es wird der Transistor in der Emitterschaltung mit kapazitiver Last (Umkehrstufe), in der Collectorstufe mit kapazitiver Last (Impedanzwandler) und in der Emitterschaltung mit induktiver Last (Kerntreiber) behandelt. Ein Anhang geht auf den Ausschaltvorgang einer Flächendiode ein. j.

**Radioarbbogen 1963.** Herausgegeben von Geo Cortsen. Kopenhagen 1963. Rateksa. 15,5 cm x 23,5 cm DIN A 5

In der bewährten Form und ausgezeichneten äußeren Aufmachung erschien jetzt wieder dieser Katalog, der einen umfassenden Überblick über die auf dem dänischen Markt angebotenen Rundfunk- und Fernsehempfänger sowie -Kombinationen, Auto- und Reiseempfänger, Phono- und Tonbandgeräte und Verstärker enthält. Für den Benutzer sind die durch Symbole in Kurzform angegebenen technischen Daten sehr übersichtlich und leicht verständlich. Bemerkenswert ist, daß bei allen Geräten auch das Baujahr genannt wird. Man findet in diesem Katalog auch Geräte, die vor vier und fünf Jahren herausgekommen sind, aber heute noch auf dem Markt gehandelt werden. Daneben enthält dieses ausgezeichnet gestaltete Nachschlagewerk wiederum eine große Anzahl von Angaben über die Organisation und die Struktur des dänischen Fachhandels und ein reichhaltiges Anschriftenverzeichnis. -th

Oben besprochene Bücher können bestellt werden bei der HELIOS-Buchhandlung und Antiquariat GmbH, Berlin-Borsigwalde, POSTanschrift: 1 BERLIN 52

**Praxis der Schmalfilmvertonung - demonstriert an Siemens-Geräten.** Von P. Stüber. Berlin 1963. Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH 61 S. m. 12 B. 15 cm x 21 cm. Preis brosch. 6,- DM.

Aus vielen Erfahrungen heraus hat der Verfasser mit Geschick diese kleine unterhaltsame Broschüre geschrieben. Sie spricht gleichermaßen Neulinge und alte Hasen auf dem Gebiet der Schmalfilmvertonung an. Mancherlei Hinweise zur Praxis der Tonaufnahme behandeln unter anderem Pegelverhältnisse, Klangregelung, akustische Rückkopplung, Zwei-Raum-Studio, Anschluß der Tonquellen, Aufnahme, Synchronisation im Zweiband-Verfahren, magnetische Überblendung, magnetische Auf- oder Abblendungen, magnetische Mischung, mehrkanalige Mischung, Gestaltung des Tones, Plastik des Tones usw. Der zweite Teil der Broschüre geht auf besondere akustische und elektrotechnische Probleme ein. Den Abschluß bildet ein gut ausgewähltes Sachwörterverzeichnis.

**Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker, Gesamtinhaltsverzeichnis I. bis VI. Band.** Berlin 1963. Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH. 40 S. 11 cm x 16,5 cm. Preis in Kunststoffeinband 3,30 DM.

Mit den in hoher Auflage bisher erschienenen sechs Bänden des Handbuchs für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker wird angestrebt, der laufenden Entwicklung ständig zu folgen. Das bedingt die Behandlung einiger ähnlicher, jedoch aus stets neuen Perspektiven betrachteten Themen in mehreren Bänden. Wer sich nun umfassend über ein bestimmtes Thema informieren will, mußte bisher die kleine Unbequemlichkeit in Kauf nehmen, in den Inhaltsverzeichnissen aller oder mehrerer Bände nachzuschlagen. Das jetzt vorliegende Gesamtinhaltsverzeichnis schafft hier Abhilfe. Es faßt die einzelnen Inhaltsverzeichnisse der sechs Bände in gedrängter Form zusammen und enthält zudem ein umfangreiches Sachwörterverzeichnis zum Gesamtinhalt. Dieser zuverlässige „Wegweiser“ erleichtert damit wesentlich die Benutzung des bisher auf insgesamt 4633 eng bedruckten Handbuchsseiten niedergeschlagenen umfangreichen Wissens aus allen Gebieten der Elektrotechnik. j.

## Microport-junior

Die drahtlose Mikrofonanlage  
für den Tonband-Amateur

DM 330,—

## Sonderangebot

solange der Vorrat reicht:

1	Microport-junior	DM 198,—
2-5	Microport-junior	DM 185,—
6-10	Microport-junior	DM 175,—
11-20	Microport-junior	DM 165,—
21-100	Microport-junior	DM 155,—

Lieferung nur per Nachnahme durch:

Firma

**A. Weth**

Hannover, Calenbergerstraße 33

## Schallplatten von Ihren Tonbandaufnahmen

Durchmesser	Umdrehung	Lautzeit max.	1-9 Stück	10-100 Stück
17,5 cm	45 per Min.	2 x 5 Min.	DM 10,—	DM 8,—
20 cm	45 per Min.	2 x 8 Min.	DM 15,—	DM 12,—
25 cm	33 per Min.	2 x 15 Min.	DM 20,—	DM 14,—
30 cm	33 per Min.	2 x 24 Min.	DM 30,—	DM 24,—

REUTERTON-STUDIO 535 Euskirchen, Wilhelmstr. 46 · Tel.: 2801

Zettelwirtschaft Penkroll bedingt  
Mogler-Kasse Ordnung bringt!



ES MIT! MOGLER KASSENMAßLER HEILBRUNN

## Kaufgesuche

Röhren und Transistoren aller Art, kleine  
und große Posten gegen Kasse. Röhren-  
Müller, Keilhelm/Ts., Parkstr. 20

HANS NERMANN FROMM bittet um  
Angebot kleiner u. großer Sonderposten  
in Empfangs-, Sende- und Spezialröhren  
aller Art. Berlin - Wilmerdorf, Fehr-  
bellner Platz 3. Tel. 87 33 85 / 88

Röhrenröhren, Spezialröhren, Widerstände,  
Kondensatoren, Transistoren, Dioden u.  
Bauteile, kleine und große Posten gegen  
Kasse zu kaufen gesucht. Neumüller & Co.  
GmbH, München 13, Schaudolphstr. 2/7

Leber-Meßinstrumente aller Art, Char-  
lottenburger Motoren, Berlin W 35

Erstmalig in Deutschland

## PERMATON- POLIERBAND

unentbehrlich für Tonbandfreunde  
und Techniker

Informationen: Bei Ihrem Fachhändler  
oder von PERMATON, Berlin 61,  
Friedrichstraße 235

**UHF-Antennen für Band IV**  
7 Elemente DM 8.80  
12 Elemente DM 14.80  
14 Elemente DM 17.80  
16 Elemente DM 22.40  
22 Elemente DM 28.—  
Kanal 21-37

**VHF-Antennen für Band III**  
4 Elemente DM 7.—  
7 Elemente DM 14.40  
10 Elemente DM 18.80  
13 Elemente DM 25.20  
14 Elemente DM 27.20  
Kanal 5-11 - (Kanal angeben)

**Vorkabel für Roll-Antennen:**  
3562 Wallau/Lahn, Postfach 33

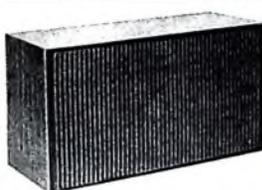


## HI-FI Lautsprecherbox TELEWATT BTL-2 in Bausatzform

DM 230.— frechtfrei einschl. Bauanleitung  
Versand gegen Nachnahme oder Vorauszahlung  
auf Postcheckkonto Stuttgart 631 20

Ohne Vorkenntnisse bauen Sie nach unserer An-  
leitung den hervorragenden Studio HI-FI Laut-  
sprecher TL-2.

Die hierfür entwickelten TELEWATT High-Fidelity  
Lautsprecher TR-2 und HR-3 ergeben durch Zu-  
sammenwirken von Luftpolster, Membranresonanz  
und unserem Amplituden-Druckausgleich  
eine hervorragende Wiedergabe von 35 Hz - 18 kHz  
Serien-Parallelfilter mit Luftspule und MP-Konden-  
sator reduziert Klirr- und Intermodulationsver-  
zerrungen



Nußbaumgehäuse nach dem Prinzip der  
unendlichen Schallwand. Abmessungen:  
630 x 360 x 260 mm  
Tiefensystem TR-2 Ø 30 cm/Res. Freq.  
30 Hz 12.000 Gauss/Druckausgleich  
Hochtonsystem HR-3 Ø 12 cm/Druckaus-  
gleich Pegel 3-stufig regelbar Anschluß-  
wert 4-5 Ohm bis 40 Watt mit Musik-  
programm belastbar

**KH** KLEIN + HUMMEL · ABT. BS · STUTTGART 1 · POSTFACH 402



UKW- u. FS-Antennen

exakt — stabil,  
zu hunderten bewährt  
von der Nordsee  
bis zum Mittelmeer.

Fabriklager an vielen Orten  
des In- und Auslandes.

Bezugsnachweis und Prospekt  
6121 gern von

Kompass-Antenne, 35 Kassel, Erzbergerstraße 55/57

## 2. FERNSEH- PROGRAMM

ohne Eingriff in das vorhandene Gerät

klar und kontrastreich

auch in ungünstigen Empfangsanlagen  
durch

## SUPERLAKONVERTER

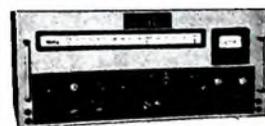
durchstimmbar von 470 bis 790 MHz.

DM 89,— ab 3 Stück DM 65,—

## GERMAR WEISS

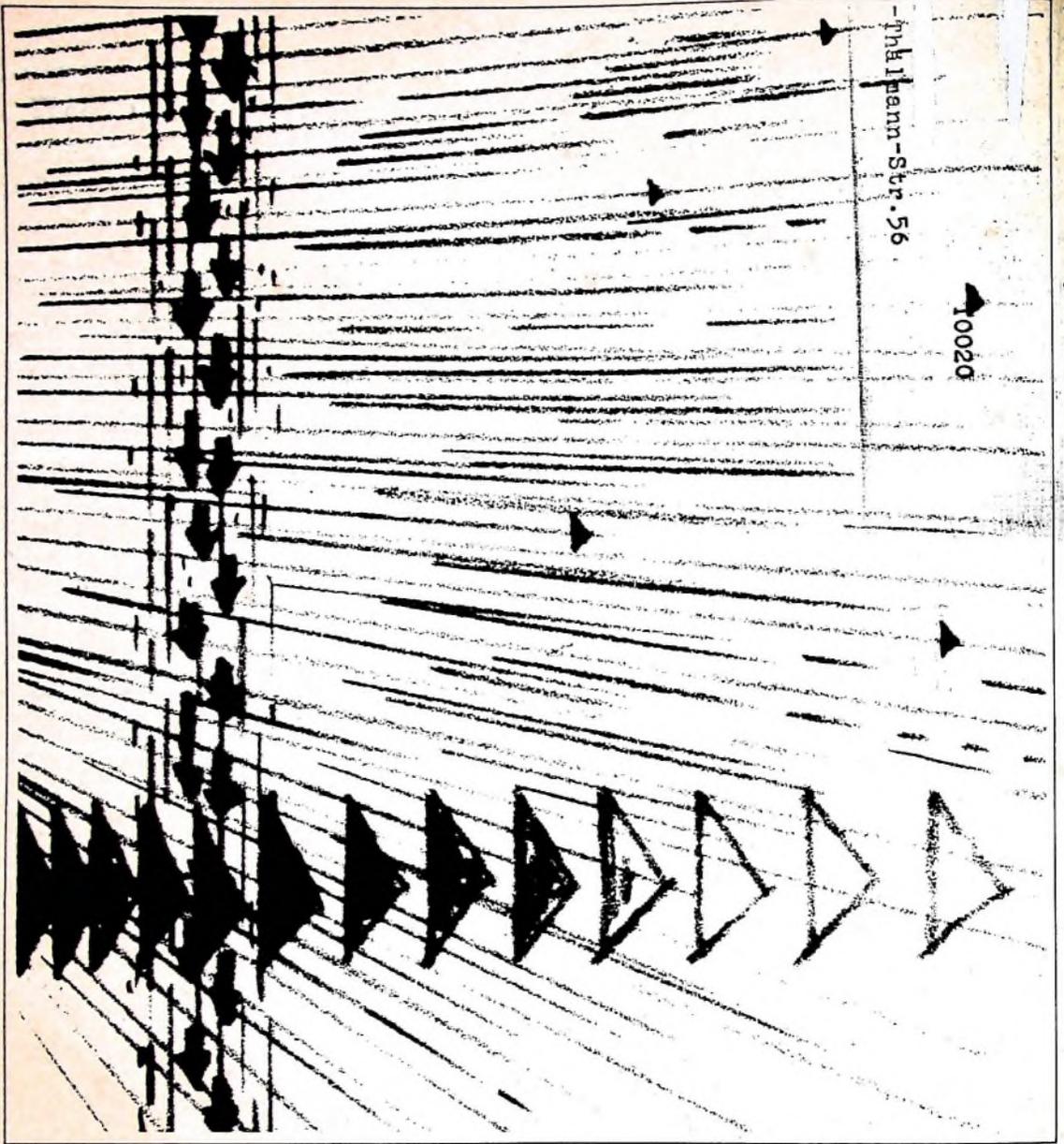
6 Frankfurt/M. · Mainzer Landstr. 148  
Telefon 33 36 44 · Telex 41 3620  
Telegr. Röhrenweiss

## RX 60



ein Amateur-KW-Empfänger höchster  
Leistung, Doppeltuner mit Dreifach-  
quartfilter und quartzgesteuertem Os-  
zillator. Für alle Amateurbänder. Viele  
Regelmöglichkeiten  
Amateurgeräte - Prospekt anfordern!

Max FUNKE KG 5488 Adenau  
Fabrik für Rohrenmeßgeräte



## Hackethal leitet alle Energie

Kräfte, die der Mensch in seinen Dienst stellt, sind elektrischer Strom, Wasser und Gas. Hackethal-Erzeugnisse tragen und leiten alle Arten von Energie sicher an den Ort ihrer Funktion. Seit über 60 Jahren verbindet sich mit dem Namen Hackethal ständiger Fortschritt auf allen Gebieten der Energieübertragung. Intensive Forschung und enges Zusammenwirken mit der Praxis schaffen Kabel, Leitungen, Drähte und NE-Metallhalbzeug, die allen Anforderungen moderner Energietechnik entsprechen.



# HACKETHAL

Kabel · Leitungen · Drähte · NE-Metallhalbzeug · Hackethal-Draht- und Kabel-Werke Aktiengesellschaft · Hannover