



## B. BAUELEMENTE DER FERNMELEDETECHNIK

### B.1. RELAIS IN DER FERNMELEDETECHNIK

In der Fernmeldetechnik spielt das Ein- oder Ausschalten der Stromkreise mit Hilfe „klassischer“ elektromagnetischer Relais eine wesentliche Rolle. Das Relais nimmt dabei elektrische Energie auf, verwandelt sie durch die magnetische Wirkung des Stromes in mechanische Energie, mit der die Kontaktfedern betätigt und damit Stromkreise ein- oder ausgeschaltet werden. Die Spulenstromkreise werden allgemein als Steuerkreise, die Kontaktstromkreise als Arbeitskreise bezeichnet.

Die Funktion eines Relais mit Steuer- und Arbeitskreis erfüllen auch elektronische Bauelemente, z. B. Elektronenröhren, Ionenröhren (Thyratrons) sowie Transistoren. Bei diesen Bauelementen ist die Beeinflussung zwischen Steuer- und Arbeitskreis praktisch trägheitslos.

Besonders Transistoren, die wegen ihrer kleinen Abmessungen einen geringen Raumbedarf aufweisen, eignen sich für die Anwendung in der Fernmeldetechnik als kontaktlose elektronische Schalter.

Für die Anwendung als Relais lassen sich noch eine ganze Reihe anderer physikalischer Effekte ausnutzen:

#### Piezo-Relais:

Eine an einen Kristall angelegte elektrische Spannung bewirkt eine Ausdehnung oder Zusammenziehung, die zur Kontaktgabe ausgenutzt wird.

#### Magnetostriktives Relais:

Bestimmte Elemente ändern im magnetischen Feld ihre Länge; diese Änderung wird ebenfalls zur Kontaktgabe ausgenutzt.



**Elektrostatistisches Relais:**

Die durch die Anziehungskraft zweier elektrisch geladener Leiter verursachte Bewegung kann zur Kontaktgabe ausgenutzt werden.

**Elektrodynamisches Relais:**

Die Bewegung eines stromdurchflossenen Leiters im magnetischen Feld ermöglicht eine Kontaktgabe.

**Lichtelektrisches Relais:**

Bei Lichteinstrahlung fließt ein Strom (Fotozelle und Fotohalbleiter).

Außer dem lichtelektrischen Relais, das u. a. bei der Abstufung von Lochkarten oder ähnlichen Speicherelementen eine künftige Anwendung in der Fernmeldetechnik erwarten läßt, werden die letztgenannten Relais, wie Piezo-Relais usw., in der Fernmeldetechnik kaum benutzt. Ihr Einsatz ist auf Geräte im Laboratorium beschränkt.

## **B.2. TN-OVALRELAIS 46 UND 462**

### **B.2.1. Allgemeines**

Das TN-Ovalrelais 46 (Entwicklungsjahr 1946) ist ein elektromagnetisches Relais (Bilder 59 und 60), das die elektromagnetische Wirkung einer stromdurchflossenen Spule unter Verwendung mechanischer Vorrichtungen zur Betätigung von Kontaktfedersätzen ausnutzt. Es ist ein neutrales Relais, das seine Kontakte unabhängig von der Richtung („neutral“) des durch die Relaispule fließenden Gleichstromes betätigt, während bei einem gepolten Relais mit magnetischer Vorerregung die Kontaktgabe von der Stromrichtung in der Relaispule abhängig ist.

In der Fernmeldetechnik wird das TN-Ovalrelais in sehr hohen Stückzahlen benötigt. Trotz der großen Fertigungsaufgabe werden an dieses Relais hohe Anforderungen hinsichtlich des konstruktiven Aufbaus und der elektrischen Daten gestellt. Es soll mit einem geringen Strom möglichst viele Kontakte sicher betätigen.

Zwischen dem früher üblichen Rundrelais und dem z. T. noch gebräuchlichen Flachrelais nimmt das TN-Ovalrelais 46 – DIN 41 224 – eine Mittelstellung ein. Für Lieferungen an die Deutsche Bundespost hat das Fernmeldetechnische Zentralamt (FTZ) unter FTZ-Blatt 211 131 TV 1 die technischen Vorschriften für die gebräuchlichen Arten des TN-Ovalrelais und unter FTZ-Blatt 211 131 EV 1 die Einstell- und Justiervorschriften für die einzelnen Relaisausführungen herausgegeben.

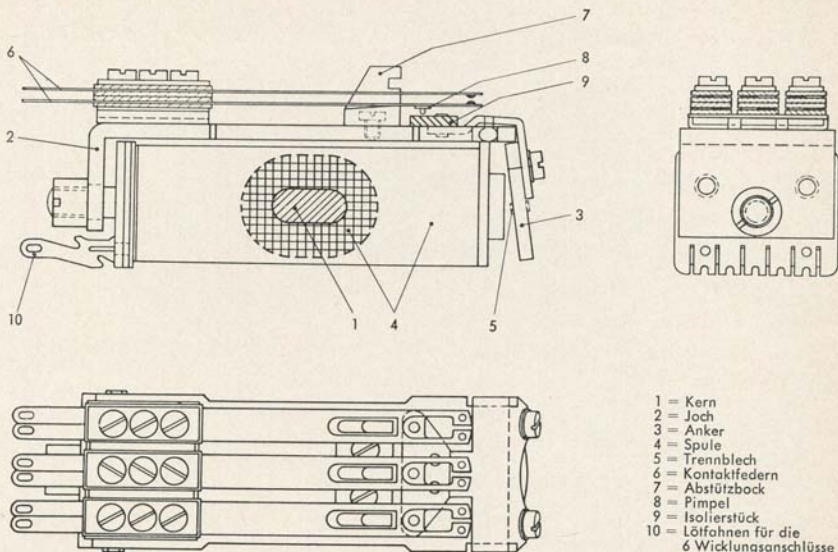


BILD 59

Konstruktive Darstellung des Relais 46

Die Hauptbauteile des Relais 46 sind Kern, Joch, Anker, Spule und Kontaktfedern. Die Arbeitsweise läßt sich am besten an dem Bild 59 erläutern. Wird die Spule 4 vom Gleichstrom durchflossen, dann konzentriert sich ihr magnetisches Feld in dem Ovalkern 1 und stellt über die Eisenteile wie Joch 2, Anker 3 und zurück zum Ovalkern einen magnetischen Fluß dar, wobei der Anker an den Kern gezogen wird. Zwischen Anker und Kern besteht im angezogenen Zustand ein Abstand, der von der Dicke des Trennblechs 5 – 0,1 bis 0,5 mm – abhängt (siehe unter B.2.2.). Während des Anzugs bewegt der Anker das Isolierstück 9 gegen den Pimpel 8, der beim Arbeitskontakt an der unteren der beiden Kontaktfedern 6 befestigt ist. Dabei wird die untere Kontaktfeder vom Abstützbock 7 abgehoben und der Kontakt geschlossen. Den Abstand zwischen dem Isolierstück und dem Pimpel in der Ruhelage des Ankers, etwa 0,1 mm, nennt man Pimpelluft. Durch sie wird erreicht, daß der Anker beim Anzug für einen kleinen Teil seines Weges zuerst nur sein eigenes Gewicht zu bewegen braucht. Dabei erhält der Anker, bevor er den Pimpel berührt, schnell eine bestimmte Anfangsgeschwindigkeit (siehe auch unter B.2.4.).



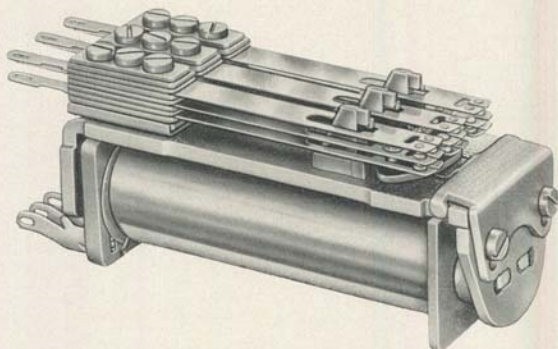


BILD 60  
TN-Ovalrelay 46

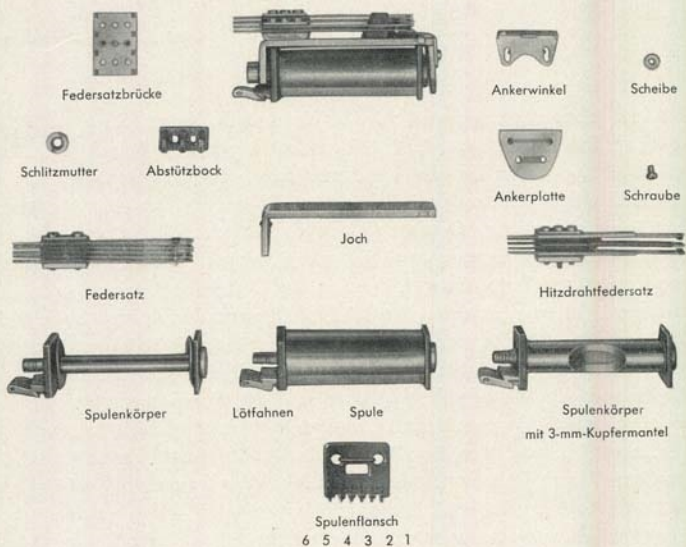


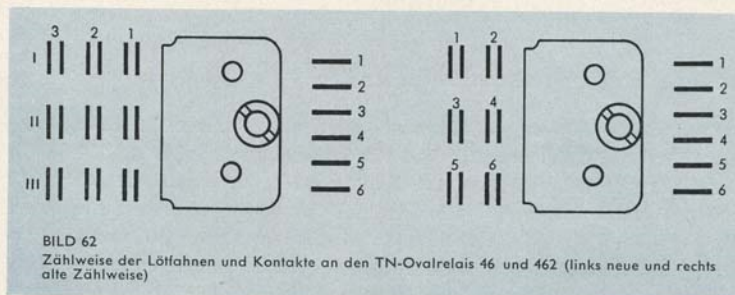
BILD 61 Teile des Ovalrelais 46



Bild 60 zeigt die Seitenansicht eines TN-Ovalrelais 46, während im Bild 61 die Einzelteile und ihre Bezeichnung wiedergegeben sind.

Das Ovalrelais 46 zeichnet sich durch eine niedrige Bauhöhe aus, diese wird durch einen ovalen Querschnitt des Kernes erzielt. Das Bestreben, die Bauhöhe eines Rundrelais mit kreisförmigem Kern und zylindrischem Wickelraum einseitig zu vermindern, führte zur Form des Flachrelais mit ovalem Kern und einem entsprechend geformten Wickelraum.

Das Relais 46 wird so montiert, daß etwaige Schmutzablagerungen auf den Kontaktkuppen der Federsätze weitgehend vermieden werden, weil bei seitlicher Anordnung des Relaisjoches und der darauf befestigten Relaiskontakte Schmutzteilchen an den Kontaktkuppen vorbeifallen. Bild 62 zeigt die Einbaulage des Relais in schematischer Darstellung, und zwar von hinten – von den Lötanschlüssen – gesehen. Links vom Kern sind die Federsatzreihen I, II und III (alte Bezeichnung: Lochreihen) dargestellt und rechts die Lötflächen 1 bis 6, an welche die Wicklungsenden gelötet sind (siehe auch Abschnitt D.6.).



Angaben über Abmessungen, Gewicht, Leistung usw. sind in der Tafel X „Relais 46 und 462“ aufgeführt.

Für hohe Anforderungen an die Schaltheufigkeit des Ovalrelais 46 ist der Typ 462 entwickelt worden. Dieses Relais besitzt eine Ankerhaltefeder, die eine hochwertige Lagerung des Ankers gewährleistet. Ferner wird für den Pimpel nicht Messing, sondern ein Werkstoff auf Nylonbasis benutzt. Bild 63 zeigt ein TN-Ovalrelais 462, insbesondere die Anordnung der Ankerhaltefeder. Das Relais 462 wird sowohl für Lieferungen an die Deutsche Bundespost – im sogenannten Amtsbau – als auch in der Nebenstellentechnik verwendet.

Die Ovalrelais 46 und 462 sind überwiegend für Gleichstrombetrieb vorgesehen, sie können jedoch in Verbindung mit einem Gleichrichter auch mit

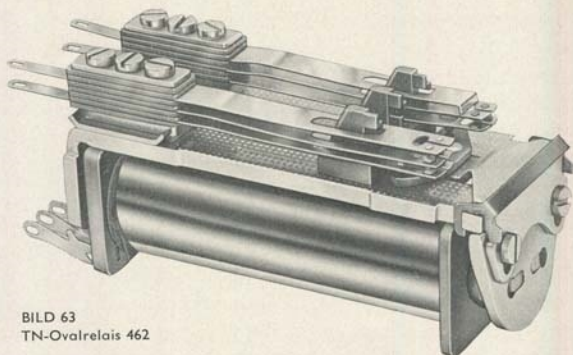


BILD 63  
TN-Ovalrelais 462

Wechselstrom betrieben werden. Ferner kann das Ovalrelais 46 mit Starkstromkontakten ausgerüstet und auch für Starkstromerregung (Gleichstrom) in VDE-gerechter Ausführung gefertigt werden.

### B.2.2. Relaispule und magnetischer Kreis

Die stromdurchflossene Relaispule ist die Ursache für den Elektromagnetismus, der die Ankerbewegung und Kontaktbetätigung bewirkt. Die Stärke des Elektromagnetismus bzw. die Größe der magnetischen Anzugskraft ist abhängig von der Stromstärke in der Spule und der Anzahl ihrer Windungen (Ampere-Windung AW). Außerdem hat die Größe des magnetischen Widerstandes des Relaiseisenkreises einen Einfluß auf die Anzugskraft eines Relais. Aus Gründen der Vereinfachung kann beim gleichen Relaisstyp der magnetische Widerstand des Eisenkreises als gleichbleibend angenommen werden, so daß für die Größe der magnetischen Anzugskraft die Ampere-Windungszahl maßgebend ist. Formelmäßig errechnet sich die Ampere-Windungszahl folgendermaßen:

$$\Theta = I \cdot w \quad [\text{AW}],$$

wobei die Größe  $I$  den Spulenstrom,  $w$  die Windungszahl der Spule bedeutet. Für die Größe der magnetischen Anzugskraft ist es demnach gleichgültig, ob der Spulenstrom groß und die Windungszahl klein ist oder umgekehrt. In der Fernmeldetechnik benutzt man in der Regel die zweite Möglichkeit, indem man bei kleinem Spulenstrom die Windungszahl der Relaispule groß wählt. Die Windungszahl ist allerdings nicht beliebig hoch wählbar, weil durch die Größe des zur Verfügung stehenden Wickelraumes (beim Relais 46 und 462 etwa  $17 \text{ cm}^3$ ) eine Grenze gesetzt ist. Außerdem hat die Höhe der Windungs-



zahl einen Einfluß auf die Schaltzeit eines Relais. Die Größe des üblichen Spulenstromes beim TN-Relais 46 und 462 liegt etwa zwischen 2 und 100 mA.

Die Relais Typen 46 und 462 haben gleiche Abmessungen; deshalb wird in den folgenden Abschnitten der Einfachheit halber nur vom Typ 46 gesprochen.

Die AW-Zahl muß mit der Anzahl der zu betätigenden Relaiskontaktfedern erhöht werden. Die Anzugs-AW-Zahl liegt zwischen 75 und 250 AW.

Die AW-Zahl und damit die Stärke des Spulenstromes ist außerdem noch vom Betriebszustand des Relais abhängig. Es werden fünf mögliche Betriebszustände des Relais unterschieden:

Ruhezustand,  
Fehlstrom,  
Anzug,  
Halten,  
Abfall.

Von den fünf Betriebszuständen erfordert bei gleicher Kontaktbestückung der Anzug des Relais die größte AW-Zahl und damit bei festgesetzter Windungszahl den größten Spulenstrom.

Aus schaltungstechnischen Gründen kann es erforderlich werden, daß ein Relais mit mehr als einer Wicklung ausgerüstet werden muß. Es kann beispielsweise eine zweite, von der Anzugswicklung unabhängige Haltewicklung (galvanisch getrennte Wicklung) auf dem Relais untergebracht werden, die eine geringere Erregung als die Anzugswicklung aufbringt.

Wird der Spulenstrom sehr reduziert (Abfallstrom) oder abgeschaltet, so daß der unter dem Druck der Kontaktfedern stehende Anker nicht mehr im angezogenen Zustand bleibt, so kehren Anker und damit die Kontaktfedern in ihre Ruhelage zurück. Dieser Vorgang wird als Ankerabfall bezeichnet.

Das Relais 46 kann auch noch durch eine dritte, galvanisch getrennte Relaispule zum Abfall gebracht werden. Durch diese dritte Relaispule fließt der Spulenstrom in entgegengesetzter Richtung wie in den beiden anderen, so daß die mit der Stromrichtung verketteten Magnetfelder der Spulen einander entgegengerichtet sind und sich bei richtig dimensionierten Spulen in ihrer Stärke gerade aufheben. Auf diese Weise läßt sich eine über einen eigenen Relaiskontakt gespeiste Haltespule abschalten.

Auf das Relais 46 können also drei voneinander unabhängige Relaispulen aufgebracht werden, wobei für jede Spule zwei Lötanschlüsse vorgesehen sind. Das Relais 46 ist stets mit 6 Lötanschlüssen versehen (Bild 64). Je nach den schaltungstechnischen Erfordernissen ist es mit einer, zwei oder drei galvanisch getrennten Spulen versehen, wobei sich die Funktion als Anzugs-, Halte- oder Gegenerregungsspule aus den Verhältnissen der Schaltung ergibt.

Die Spulen besitzen je nach ihrer Aufgabe verschiedene Widerstandswerte



und Windungszahlen sowie unterschiedliche Drahtdurchmesser. Gewöhnlich wird die Wicklung mit dem größten Drahtdurchmesser zuerst auf den Kern gespult; dann folgt die Wicklung mit dem nächstkleineren Drahtdurchmesser usw. Dadurch werden Drahtbrüche an den Wicklungen mit dünnen Drähten vermieden. Um bestimmte Widerstandswerte zu erreichen, kann von dieser Regel abgewichen werden, wenn sich die Drahtdurchmesser nur geringfügig voneinander unterscheiden.

Bei Relais mit zwei symmetrischen Wicklungen wird zunächst nur die halbe Windungszahl der ersten Wicklung auf den Kern gespult, dann die zweite Wicklung mit ihrer gesamten Windungszahl und schließlich die zweite Hälfte der ersten Wicklung. Werden doppeltisolierte Lackdrähte (Cu2L) verwendet, dann können auch beide Wicklungen zugleich aufgebracht werden.

Beide Wickelverfahren gewährleisten gleichen Ohmschen und induktiven Widerstand und somit Symmetrie beider Wicklungen. Bei Differentialrelais sind beide Wicklungen gegenseitig geschaltet.

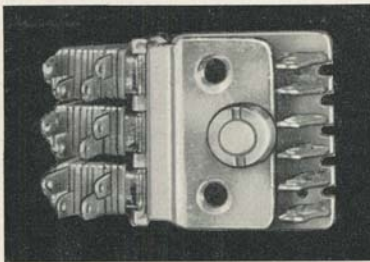


BILD 64  
Einbaulage des Relais 46, von den Löt-  
anschlüssen gesehen

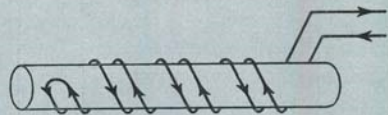


BILD 65  
Prinzip der Bifilarwicklung

Die bisher beschriebenen Wicklungen sind aktive Wicklungen, das heißt Wicklungen, die bei Stromdurchfluß einen Einfluß auf den Relaisanker (Änderung oder Erhaltung einer Ankerlage) ausüben.

Davon unterscheiden sich die inaktiven oder bifilaren (zweidrähtigen) Wicklungen, die lediglich als Ohmsche Widerstände dienen. Der Ausdruck „bifilar“

bedeutet „zweifädig“, das heißt, die Wicklung ist halbiert in einen Hinleitungsdraht und einen Rückleitungsdraht, der einen gegenläufigen Wicklungssinn aufweist (Bild 65). Das vom Hinleitungsdraht erzeugte Magnetfeld wird durch das vom Rückleitungsdraht gebildete aufgehoben, so daß die bifilare Spule lediglich als Ohmscher Widerstand wirkt. Als Widerstandsdrahtmaterial verwendet man Konstantan, das einen höheren spezifischen Widerstand besitzt als Kupfer und sich bei Stromfluß weniger erwärmt als Kupfer. Die in einer Schaltung notwendigen Ohmschen Widerstände können als bifilare Spulen raum- und kostensparend auf den Relais untergebracht werden.

Die Spulendrähte sind isoliert, um Windungsschlüsse zu vermeiden. Die Drahtisolation soll möglichst dünn sein, damit so wenig wie möglich vom Spulenraum des Relais für die Drahtisolation verlorengeht. Die geeignete Isolation für Relaisdrähte ist eine dünne Lackschicht, die in einem besonderen Verfahren auf den Kupferdraht aufgebracht wird. Lediglich Widerstandsspulen (Bifilarspulen) werden wegen der größeren thermischen Beanspruchung mit Textilisolation z. B. Widerstandsdraht mit zwei Seidenumspinnungen (WdSS) oder auch mit einer doppelten Lackisolation (WdLL) versehen.

Wegen der Verdampfbarkeit der Lackschicht darf die Wärmebelastung des Spulendrahtes nicht zu hoch werden, weil sonst eine Zerstörung der Drahtisolation möglich ist. Die Drahtwärme ist von der Stromdichte abhängig.

Die Wicklungen des Relais 46 in Fernmeldeausführung dürfen bei  $t = 20^\circ \text{C}$  bis maximal  $N = 6 \text{ W}$  dauernd belastet werden ( $N = I^2 \cdot R$ ).

Da der Widerstand bei Metallen mit der Temperatur wächst, beträgt er bei  $t = t^\circ \text{C}$ :

$$R_n = R_o (1 + \alpha \cdot \Delta t);$$

$\alpha$  = Temperaturbeiwert des Materials, z. B. bei Kupfer:  $\alpha_{\text{Cu}} = 0,0043$

$R_o$  = Widerstand vor der Einschaltung, gemessen bei der Temperatur  $t_o$ .

Steigt bei einer mit Kupferdraht vollbewickelten Spule nach der Einschaltung die Temperatur auf  $t_n = 95^\circ \text{C}$  (maximal zulässiger Wert nach VDE 0804, § 11, Wärmesicherheit) an, so steigt der Widerstand gegenüber dem Wert bei der Ausgangstemperatur  $t_o = 20^\circ \text{C}$  um  $\alpha \cdot t = 0,004 \cdot 75 = 0,3 \cdot R_o \cong$

30% an. Der Strom  $I_o = \frac{U}{R_o}$  sinkt auf  $I_n = \frac{U \cdot 100\%}{1,3 \cdot R} = 77\%$  ab. Die Wärme-

belastung der Spule geht auf  $N = 6 \cdot 0,77 = 4,6 \text{ W}$  zurück. Durch den steigenden Widerstand bei Temperaturerhöhung sind die Spulen bis zu einem gewissen Grade selbstschützend. Bei Widerstandsdraht, z. B. Manganin oder Konstantan ist der Temperaturbeiwert  $\alpha$  praktisch gleich Null, d. h. er verändert seinen Widerstand mit steigender Temperatur nicht. Daher ist bei solchen Wicklungen, die ganz oder zum größten Teil aus Widerstandsdraht gewickelt sind, nur eine Belastung von 4,6 W zulässig.



Die Festsetzung der maximalen Wärmebelastung von  $N = 6 \text{ W}$  gilt nur für das mit Cu-Draht vollbewickelte und in ein Gehäuse oder Gestell eingebaute Relais. Bei einem nur zum Teil bewickelten Relais ist die Oberfläche und damit auch die Wärmeabgabe kleiner. Wird das Relais auf einem Körper mit schlechter Wärmeleitfähigkeit befestigt, so muß der Grenzwert von  $N = 6 \text{ W}$  entsprechend herabgesetzt werden. Ovalrelais in Starkstromausführung mit Spulen für 110 oder 220 V, deren Spulenkörper ganz aus Isoliermaterial hergestellt sind, dürfen nur bis  $N = 3 \text{ W}$  belastet werden.

Die Stromdichte  $\delta_s = \frac{I}{q}$  in den Spulendrähten kann auf ungefähr  $7 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$  ansteigen.  $\delta_s$  ist nicht begrenzt. Sie wird bei Cu-Drähten nur durch den vorgenannten Grenzwert  $N = 6 \text{ W}$  bestimmt.

Die Lackisolation der Cu-Drähte verträgt eine Temperatur von  $t = 150^\circ \text{C}$ .

Bei der Prüfung eines Relais auf seinen thermischen Grenzwert muß von der Überspannung und Untertoleranz der Wicklung ausgegangen werden. Es muß auch beachtet werden, ob nicht evtl. mehrere Wicklungen gleichzeitig eingeschaltet sind, die zur Wärmeentwicklung beitragen.

Die in der Spule entstehende Wärme wird an der Spulenoberfläche an die umgebende Luft abgegeben. Die in der Nähe des Relaiskernes liegenden Windungen geben ihre Wärme an den Relaiskern ab, der sie infolge seiner metallischen Eigenschaft gut ableitet. Am ungünstigsten ist die Wärmeableitung für die in der Mitte zwischen Relaiskern und der Spulenoberfläche liegenden Windungen.

Von den vier Betriebszuständen eines Relais erfordert der Anzug die größte AW-Zahl, weil der in Ruhe befindliche Anker beschleunigt und der dabei auf ihm lastende Federdruck der Kontakte überwunden werden muß. Außerdem ist der Ankerluftspalt und damit der magnetische Widerstand im Ruhezustand am größten. Der Strom, bei dem der Relaisanker gerade anzieht, wird als Anzugsstrom bezeichnet. Beim Anzugsstrom bewegt sich der Anker und bringt die Kontaktkuppen der Kontaktfedern zur Berührung. Der Anzugsstrom bietet für die Praxis keine ausreichende Betriebssicherheit, weil bei zulässigen Abweichungen von den mechanischen Einstellwerten, vom angegebenen Spulenwiderstand sowie bei Unterschreitung der Nennspannung oder bei Erschütterungen, z. B. durch Wählerumlauf, ein Ankeranzug in Frage gestellt sein kann. Zur Sicherheit wird im Relaisbetrieb der Anzugsstrom bis zum Betriebsanzugsstrom vergrößert, der auch bei der ungünstigen Summierung der obengenannten Faktoren einen sicheren Ankeranzug gewährleistet. Das Verhältnis Betriebsanzugsstrom zu Anzugsstrom wird Anzugssicherheit genannt und ist stets größer als 1,1. Mit dieser Anzugssicherheit wird also eine sichere Kontaktgabe auch bei ungünstigen Betriebsbedingungen erzielt.

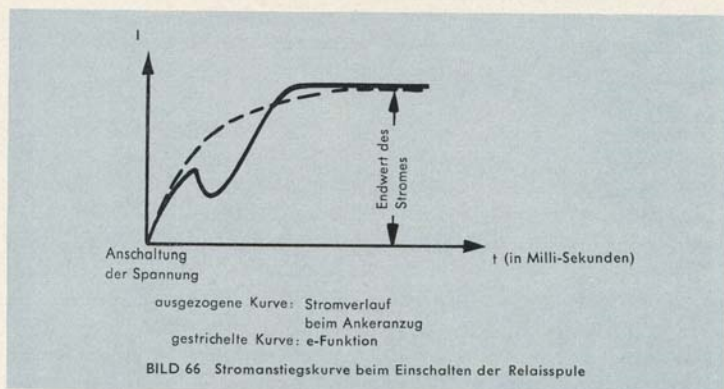


Wird bei angezogenem Anker der Betriebsanzugsstrom stetig verringert, so wird ein Wert erreicht, bei dem der Anker noch mit Sicherheit gehalten wird. Diesen Strom nennt man Betriebshaltestrom.

Verringert man den Betriebshaltestrom bis zum Haltestrom, so ist der Haltezustand nicht sicher und von den beim Anzugsstrom genannten Faktoren abhängig. Das Verhältnis Betriebshaltestrom zu Haltestrom ergibt die Haltesicherheit des Relais.

Beim Ein- oder Ausschalten einer Relaispule steigt oder fällt der Spulenstrom nicht unmittelbar auf seinen Endwert, sondern zeigt ein wechselstrommäßiges Verhalten, weil er infolge Selbstinduktion der Relaispule von einem induktiven Widerstand bestimmt wird, der eine Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom zur Folge hat. Beim Einschalten oder Ausschalten einer Relaispule entsteht durch den Aufbau bzw. Abbau des Magnetfeldes eine Induktionsspannung, die ein verzögertes Ansteigen bzw. Abfallen des Spulenstromes zur Folge hat. Daher vergeht eine relativ geringe, jedoch endliche Zeit vom Anlegen der Spannung bis zum Ankeranzug. Mathematisch gesehen verläuft die stromansteigende Kurve in Abhängigkeit von der Zeit in Form einer steigenden e-Funktion bis zum Endwert des Stromes, der durch das Ohmsche Gesetz des Gleichstromes gegeben ist.

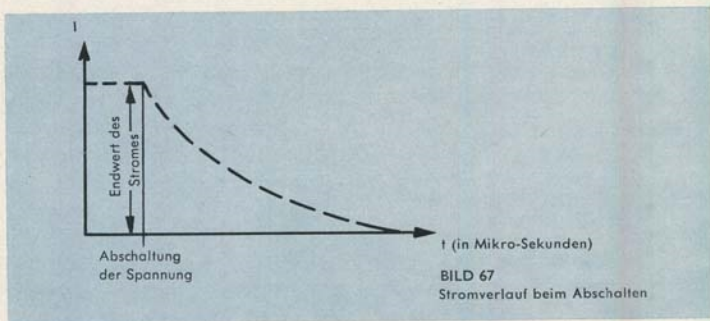
In der Praxis weicht die Stromanstiegskurve von dem Verlauf der e-Funktion wegen der Ankerrückwirkung etwas ab (Bild 66). Bei der Ankerrückwirkung entsteht durch den beim Ankeranzug sich verändernden magnetischen Fluß (siehe Erläuterungen zum Bild 68) nach dem Lenzschen Gesetz eine Gegenspannung, die der anliegenden Spannung entgegengerichtet ist und



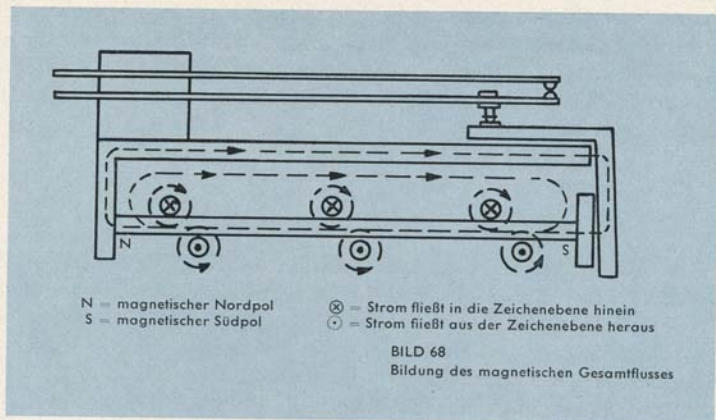
den Spulenstrom verringert. Mit fortschreitender Beschleunigung des Ankers zum Relaiskern hin wächst der magnetische Fluß und erzeugt eine Gegenspannung, die dem Spulenstrom entgegen wirkt. Erst wenn der Anker seine Endlage im angezogenen Zustand erreicht hat, besitzt der magnetische Fluß seinen Endwert, und der Spulenstrom steigt bis zu einem Endwert an.

Beim Abschalten eines Relais geht der Strom im Verlauf von einigen Mikrosekunden auf den Wert Null. Ein eventuell noch verbleibender Stromfluß wird durch den am öffnenden Kontakt bestehenden Lichtbogen bestimmt. Innerhalb der Spule fließen über die Wickelkapazität und die Isolationswiderstände geringe Ausgleichströme, die jedoch mit dem Erregungsstromkreis nichts zu tun haben. Den Stromverlauf in Abhängigkeit von der Zeit beim Abschalten zeigt Bild 67, hierbei deckt sich der Strom mit dem Verlauf einer fallenden e-Funktion.

Jedes Relais besitzt demnach durch die Selbstinduktion der Spule eine physikalisch bedingte Anzugs- und Abfallverzögerung.



Durch den Spulenstrom wird im Relaiskern eine magnetische Spannung (magnetomotorische Kraft MMK – auch als magnetische Durchflutung bezeichnet) erzeugt. Diese hat einen magnetischen Fluß zur Folge, der über den Eisenkreis des Relais – Kern, Joch, Anker – fließt und wie ein elektrischer Strom bei anliegender magnetischer Spannung erhalten bleibt. Jede einzelne Windung der Relaispule trägt mit ihrem kreisförmigen Magnetfeld zur Bildung des magnetischen Gesamtflusses bei. Aus Bild 68 ist zu ersehen, daß sich die kreisförmigen Magnetfeldlinien der Relaiswicklungen ober- und unterhalb des Relaiskerns addieren. Bei der im Bild 68 angegebenen Richtung des Spulenstromes verlaufen die magnetischen Kraftlinien vom Relaiskern über den



Polschuh (magnetischer Nordpol), den veränderlichen Ankerluftspalt, den Anker sowie über das Joch zurück zum Relaiskern. Allerdings verlaufen nicht alle magnetischen Kraftlinien auf diesem Eisenweg, sondern streuen zwischen Kern und Joch sowie seitlich des Ankers und des Relaisjoches. Diese Kraftlinien gehen dem Ankeranzug verloren. Beim Relais 46 ist jedoch wegen der günstigen geometrischen Abmessungen die Zahl der streuenden Kraftlinien gering.

Der magnetische Kreis besteht aus dem Eisenweg und dem veränderlichen Arbeitsluftspalt. Der Anker wird bei stromdurchflossener Spule durch die ungleichnamigen Magnetpole am Relaiskern und Relaisanker zum Kern gezogen, der als elliptische Polfläche ausgebildet ist. Durch den Ankeranzug wird der magnetische Widerstand des magnetischen Relaiskreises erheblich verringert.

Zwischen Magnetkreis und Stromkreis besteht eine Analogie:

magnetisch	elektrisch
Widerstand $R_m$	Widerstand $R$
Magnetfluß $\Phi$	Strom $I$
magnetomotorische Kraft MMK	elektromotorische Kraft EMK
$MMK = \Phi \cdot R_m$	$EMK = I \cdot R$



Die Größe der magnetomotorischen Kraft MMK hängt linear von der AW-Zahl der Spule ab:  $MMK = I \cdot w$ . Der Magnetfluß  $\Phi$  als Folge der magnetischen Spannung ist die Gesamtzahl der erzeugten magnetischen Kraftlinien. Der magnetische Widerstand  $R_m$  berechnet sich entsprechend dem elektrischen Widerstand  $R$  wie folgt:

$$R_m = \frac{1}{\mu \cdot F} \left[ \frac{1}{H} \right] \quad \text{magnetisch} \qquad \text{elektrisch}$$

$$R = \frac{1}{\kappa \cdot F} [\Omega].$$

Die Größe  $l$  stellt die Länge des Kraftlinienweges im Relais dar,  $F$  die Querschnittfläche des Magnetflusses,  $\mu$  ist der magnetische Leitwert, auch Permeabilität genannt, der der elektrischen Leitfähigkeit  $\kappa$  entspricht. Der Leitwert ist längs des magnetischen Kraftlinienweges im Relais nicht gleichmäßig. In der Luft erfahren die magnetischen Kraftlinien einen etwa 2000- bis 3000mal größeren Widerstand als im Eisen, denn für Luft ist  $\mu = 1$ , für Eisen  $\mu = 2000$  bis 3000, je nach Eisensorte. Im Ruhezustand des Relais mit unbetätigtem Anker ist der Luftspalt zwischen Anker und Polfläche und damit auch der magnetische Widerstand am größten. Soll der Anker angezogen werden, so ist ein magnetischer Kraftfluß notwendig, der bei dem hohen magnetischen Widerstand des Luftspaltes nur durch eine entsprechend hohe magnetomotorische Kraft MMK gewährleistet ist. Da die MMK nach der Gleichung  $MMK = I \cdot w$  von der Größe der Amperewindungszahl abhängig ist, muß diese beim Ankeranzug am größten sein.

Beim Anzug des Ankers wird dieser wegen des stark abnehmenden magnetischen Widerstandes im Luftspalt mit quadratisch zunehmender Anzugskraft in Richtung des Relaiskernes erheblich beschleunigt. Dabei wächst der Magnetfluß im magnetischen Relaiskreis durch den abnehmenden magnetischen Widerstand sehr rasch an und erzeugt dabei eine elektrische Gegenspannung, die der an die Relaispule angelegten Spannung entgegengerichtet ist und dadurch den Spulenstrom verringert. Dieser Vorgang wird als Ankerückwirkung bezeichnet.

Hat der Anker seine Endlage am Relaiskern erreicht, so bleibt ein geringer Luftspalt zwischen Polschuh und Anker erhalten. Dieser Luftspalt wird durch ein Trennblech erzielt. Das Blech ist an der Innenseite des Ankers befestigt. Der geringe Luftspalt ist notwendig, um einen sicheren Ankerabfall bei Abschaltung des Spulenstromes zu sichern. Beim Fehlen des Luftspaltes wäre der magnetische Eisenkreis völlig geschlossen, so daß nach Abschaltung des Spulenstromes eine geringe magnetische Remanenz ausreichen würde, den Anker in der angezogenen Lage festzuhalten. Durch Erhaltung eines Luftspaltes auch im gezogenen Zustand wird nach Stromabschaltung die Remanenz des Relaiskernes durch den relativ hohen magnetischen Widerstand des Luftspaltes

so stark geschwächt, daß der Anker wegen des auf ihm lastenden Federdruckes der Kontaktfedern sicher abfällt. Beim Relais 46 können je nach Gegebenheit verschieden dicke Trennbleche verwendet werden (siehe FTZ-Norm 211 143 EV 1, Seite 3):

- Trennblech 0,1 mm bronzefarben,
- Trennblech 0,15 mm nickelfarben,
- Trennblech 0,2 mm messingfarben,
- Trennblech 0,3 mm nickelfarben,
- Trennblech 0,5 mm messingfarben.

Häufig wird das 0,3 mm dicke Trennblech eingesetzt, weil durch diesen Luftspalt ein sicherer Ankerabfall auch bei geringer Kontaktlast gewährleistet ist. Bei voller Kontaktbelastung können die dünneren Trennbleche eingesetzt werden, mit denen bei zusätzlicher Anwendung geeigneter Mittel längere Abfallzeiten erzielt werden (siehe Abschnitt D.1.).

Als Material für den magnetischen Relaiskreis wird magnetisch weiches Eisen verwendet, weil dessen Remanenz bei gleichzeitig gutem Permeabilitätswert  $\mu$  gering ist. Dieser Wert ist nicht gleichbleibend, sondern ist von der Amperewindungszahl (Bild 69) abhängig.

Die Permeabilität erreicht bei einer bestimmten AW-Zahl ein Maximum und fällt mit steigender AW-Zahl ab: Das Eisen ist magnetisch gesättigt. Für die Relaisstechnik wird nur der ansteigende Bereich der  $\mu$ -Kurve ausgenutzt.

Die formale Abhängigkeit der Relaisanzugskraft von den elektrischen und magnetischen Größen lautet:

$$P = \frac{(I \cdot w)^2 \cdot \mu \cdot F}{I_{\text{Luft}}^2} \left[ \frac{\text{Ws}}{\text{cm}} \right].$$

$$\text{Umrechnungsfaktor: } 9,81 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{\text{Ws}}{\text{cm}} \right] \hat{=} 1 \text{ [p]}$$

- I = Spulenstrom [A]
- w = Windungszahl
- $\mu$  = Permeabilität [ $\Omega$  s/cm]
- F = Querschnitt des Eisenkreises [cm<sup>2</sup>]
- $I_{\text{Luft}}$  = Luftspalt [cm]

Es fällt die quadratische Abhängigkeit der Zugkraft von der Amperewindungszahl auf. Bei einer Verdoppelung der AW-Zahl im geradlinigen Bereich der  $\mu$ -Kurve wird die Anzugskraft eines Relais vervierfacht. Bei Überschreitung der Sättigungsgrenze wird der  $\mu$ -Wert erheblich verkleinert, so daß trotz quadratisch steigender AW-Zahl kein merklicher Gewinn an Anzugskraft erzielt wird. Die starke zeitliche Abhängigkeit der Anzugskraft P wird neben der Abhängigkeit von der AW-Zahl durch die Verkleinerung des



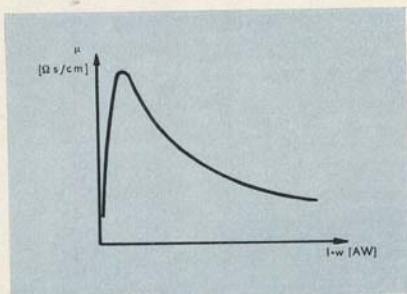


BILD 69  
Abhängigkeit der Permeabilität  
von der Amperewindungszahl

Luftspaltes  $I_{\text{Luft}}$  deutlich. Während der Dauer des Ankeranzuges verringert sich der Luftspalt etwa auf den 10. Teil seiner ursprünglichen Größe, so daß die Anzugskraft während dieser Zeit stark zunimmt.

### B.2.3. Relaiskontakte, ihre Belastung, Funkenlöschung und Funkentstörung

Relaiskontakte müssen folgende Hauptforderungen erfüllen:

- geringer Übergangswiderstand,
- prellfreie Kontaktgabe,
- abnutzungsarmer Kontaktwerkstoff.

Die Forderung nach geringem Übergangswiderstand wird bei Relaiskontakten weitgehend erfüllt. Der Relaiskontakt setzt sich aus dem Kontaktträger (Blattfeder aus Neusilber, einer Legierung aus Kupfer, Nickel und Zink) und dem eigentlichen Kontakt zusammen. Der Kontakt besteht in der Regel aus zwei kuppenförmigen Kontaktballen, die auf Feder und Gegenfeder aufgenietet sind. Die Größe des Übergangswiderstandes hängt vom elektrischen Leitwert (spez. Widerstand) und vom Kontaktdruck ab. Je größer der Kontaktdruck ist, desto geringer wird der Übergangswiderstand, weil bei großem Kontaktdruck die Oberflächen der Kontaktkuppen sich innig berühren, so daß die Elektronen leicht von der einen Kontaktkuppe zur anderen fließen können. Hauptsächlich wird für die Kontaktkuppen Silber verwendet, das bekanntlich einen sehr günstigen elektrischen Leitwert aufweist.

Beim Anschlag des Ankers an den Polschuh oder beim Ankerabfall kann es zu Kontaktprellungen kommen, weil eine elastische Feder bei einer plötzlichen Ausbiegung oder bei Freigabe der Ausbiegung in Eigenschwingungen gerät, die eine intermittierende Kontaktgabe verursachen.



## Belastung der Relaiskontakte

In zunehmendem Maße werden in Sprechkreisen Palladiumlegierungen als Kontaktwerkstoffe verwendet, weil sie in schwefelhaltiger Atmosphäre, z. B. in Industriegebieten, ihre Leitfähigkeit kaum verändern, während reine Silberkontakte unter derartigen Einflüssen einen höheren instabilen Übergangswiderstand annehmen. Dadurch werden in den Sprechkreisen zusätzlich Dämpfung und bei Widerstandsänderung der Kontakte Geräuschspannungen verursacht (siehe Tafel V).

TAFEL V  
Kontaktwerkstoffe

Klasse Nr.	Werkstoff	%
KW 10	Platin	100
KW 11	Platin/Iridium	90/10
KW 12	Platin/Iridium	75/25
KW 14	Platin/Wolfram	95/5
KW 20	Gold	100
KW 21	Gold/Nickel	95/5
KW 30	Palladium	100
KW 31	Palladium/Silber/Kupfer	30/65/5
KW 32	Palladium/Kupfer	85/15
KW 40	Wolfram (plattiert)	100
KW 50	Silber	100

Werden in Sonderfällen mit einem Relaiskontakt Stromkreise mit hoher Stromstärke, z. B. Starkstromschütze, Lampenstromkreise mit großer Stromlast usw., geschaltet, so werden abbrandfeste Kontakte aus Wolfram (Kontaktwerkstoff KW 40) oder Wolframlegierungen (KW 14) benutzt, weil sich Wolfram (KW 40) infolge seines hohen Schmelzpunktes für thermisch stark beanspruchte Kontakte empfiehlt. Die Kontaktwerkstoffe KW 10, KW 11, KW 12, KW 20 und KW 21 (siehe Tafel V) auf Gold- bzw. Platin-Basis finden Anwendung auf Sondergebieten der Fernmeldetechnik.

Die Lebensdauer<sup>1</sup> ist außer vom Kontaktwerkstoff sehr stark von der Art der Last, der Schalthäufigkeit und der Bemessung der Funkenlöschung abhängig. Die nachfolgenden Zahlenangaben sind daher als Richtwerte aufzufassen. Durch hohe Öffnungsgeschwindigkeiten der Kontakte wird der Abbrand in gewissen Grenzen verringert und damit die Lebensdauer verlängert. Im Interesse einer hohen Lebensdauer ist es auch zweckmäßig, die Abschalt-

<sup>1</sup> Lit. „Ursachen der Zerstörung von schwachbelasteten Kontakten der Nachrichtentechnik und Kontaktschutz durch eine Funkenlöschung“ von Lothar Borchert; ETZ Ausg. A, 78. Jg. 1957 Hef 19 und FTZ-Norm 211 PV 1, Relais der Fernsprechvermittlungstechnik, Bedingungen für die Ermittlung der Lebensdauer der Relaiskontakte.

erregung und die Windungszahl der Relais klein zu halten, um möglichst geringe Abschaltspannungen zu erreichen (siehe Anhang, Kurvenblatt 4).

### Funkenlöschung und Funkenstörung der Relaiskontakte

Elektrisch stark belastete Kontakte (hohe Stromstärke oder starke induktive Belastung) sollen mit einer Funkenlöschschaltung versehen werden, die den Kontaktabbrand herabsetzt und die Lebensdauer dieser Kontakte vergrößert. Die Funkenlöschschaltung besteht meist aus einer Parallelschaltung einer Widerstand-Kondensator-Kombination zum Kontakt (Bild 70), abgekürzt als RC-Glied bezeichnet.

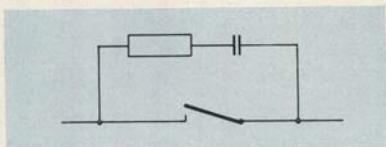


BILD 70  
Funkenlöschglied

Bei geschlossenem Relaiskontakt ist das RC-Glied kurzgeschlossen, so daß der Kondensator nicht aufgeladen wird. Beim Öffnen des unter Last stehenden Kontaktes entsteht eine elektrische Spannung am Kontakt, die zur Aufladung des Kondensators führt und dadurch den Kontakt elektrisch entlastet. Der Kontakt öffnet ohne wesentliche Funkenbildung, weil die zu einer Funkenbildung führende elektrische Energie vom Kondensator aufgenommen wird. Beim Schließen dieses Kontaktes verhindert der in Reihe mit dem Löschkondensator geschaltete Widerstand eine plötzliche Entladung des Löschkondensators über den noch halbgeöffneten Kontakt, was zu einer Funkenbildung beitragen würde. Durch den Löschwiderstand wird die Entladung des Löschkondensators so weit begrenzt, daß der Löschkondensator ohne Schädigung des Kontaktes vollständig entladen werden kann.

Außer der Funkenlöschung sind noch die Maßnahmen für die Funkenstörung zu erwähnen, die zur Vermeidung von Störungen bei Rundfunk- und Fernsehempfang und sonstigem Funkverkehr durch Fernmeldeanlagen verursacht werden können. Nach der VDE-Vorschrift 0875, § 4 (Abs. k) ist für Fernsprechanlagen der Funkstörgrad N (normal) vorgeschrieben. Es sind drei Funkstörgrade festgelegt: G (grob), N (normal) und K (klein). Diese Störgrade unterscheiden sich in der Höhe der Störspannung in mV in Abhängigkeit von der erregenden Frequenz. Die elektrischen Maßnahmen zur Funk-



entstörung bestehen in der Anwendung von Drosseln, Kondensatoren und Gleichrichtern, die beim Ein- oder Ausschalten der Stromkreise eine Ausbildung hochfrequenter Schwingungen dämpfen oder verhindern sollen.

#### Fernmeldekontakte für Spannungen bis 100 V

Silberkontakte schalten mit Funkenlöschung eine Leistung von etwa maximal 30 W. Stark belastete Impulskontakte aus Silber mit guter Funkenlöschung sind nach etwa einer Million Schaltungen noch brauchbar. Mit Wolframkontakten erreicht man etwa die doppelte Schaltzahl.

Schwächer belastete Silberkontakte vertragen 10 Millionen und mehr Schaltungen. Bei Gleichstrom bis zu etwa 50 mA kommt man bei Silberkontakten im allgemeinen ohne Funkenlöschung aus. Bei größeren Stromstärken wird eine Funkenlöschung notwendig, um die erforderliche Lebensdauer zu gewährleisten.

Für hohe Schaltleistungen bis etwa 80 W mit Funkenlöschung verwendet man Wolframkontakte, KW 40. Sie sollen bei Gleichspannungen von 24 bis 60 V mindestens mit 0,5 A belastet werden. Bei höheren Spannungen sind kleinere Ströme zulässig. Wolframkontakte sind sehr abbrandfest, besitzen aber einen wesentlich höheren Übergangswiderstand als Silberkontakte. Daher sind bei Gleichspannungen unter 60 V meistens größere Kontaktdrücke erforderlich. Wolfram ist wenig klimabeständig wegen seiner Neigung zur Oxydbildung. Zur besseren Kontaktgabe wird bei Gleichspannungen von 24 V und darunter sehr häufig KW 32 bzw. KW 14 anstelle des KW 40 bei normalem Kontaktdruck eingesetzt. Der Kontaktwerkstoff KW 32 besitzt eine Abschaltleistung von maximal etwa 60 W mit Funkenlöschung (siehe Anhang Blatt 7).

#### Starkstromkontakte für Gleich- und Wechselspannungen bis 250 V

Silberballenkontakte haben bei Gleichspannung mit Funkenlöschung eine maximale Schaltleistung von etwa 60 W und bei Wechselspannung mit  $\cos \varphi \cong 0,5$  ohne Funkenlöschung maximal etwa 100 VA.

In den Bildern 71 a und 71 b ist das absolute Grenzschaltvermögen von Starkstrom-Arbeits- und Ruhekontakten aus KW 40 für eine Kontaktlebensdauer von 100000 Schaltungen bei einer Schalthäufigkeit von einer Schaltung pro Sekunde mit hochinduktiver Belastung ohne Funkenlöschung aufgenommen, und zwar bei Gleichspannung (Bild 71 a) und bei Wechselspannung (Bild 71 b).

Durch Reihenschaltung zweier gleichzeitig öffnender Kontakte, das bedeu-



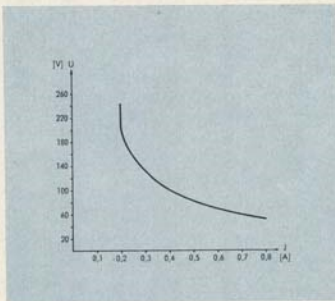


BILD 71 a

Absolutes Grenzschaftvermögen von Starkstrom-Arbeits- und Ruhkontakten aus KW 40, bezogen auf eine Lebensdauer von  $10^6$  Schaltungen (1 Schaltung/Sekunde) bei hochinduktiver Last ohne Funkenlöschung  
BILD 71 a für Gleichspannung

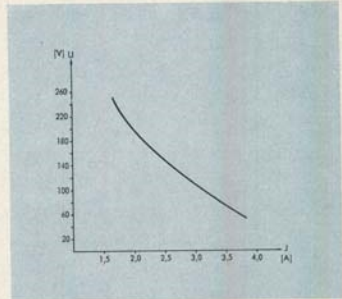


BILD 71 b

Absolutes Grenzschaftvermögen von Starkstrom-Arbeits- und Ruhkontakten aus KW 40, bezogen auf eine Lebensdauer von  $10^6$  Schaltungen (1 Schaltung/Sekunde) bei hochinduktiver Last ohne Funkenlöschung  
BILD 71 b für Wechselspannung

tet erhöhte Öffnungsgeschwindigkeit, kann die Schaltleistung um das 1,5- bis 18fache erhöht werden. Wird der in den Kurven angegebene Grenzwert des Stromes um 50% reduziert, so steigt die Lebensdauer der Kontakte auf etwa eine Million Schaltungen.

#### B.2.4. Mechanische Einzelheiten der Relais-Kontakte

Um die Zahl der Kontaktstörungen durch Verschmutzung so gering wie möglich zu halten, sind die Kontaktfedern an ihrem kontakttragenden Ende geschlitzt und tragen auf den halbierten Federn je einen Kontaktniet (Bild 72), so daß jeder Kontaktträger zwei Kontaktkuppen trägt. Die Doppelkontakte vermindern Kontaktstörungen wesentlich, weil eine Kontaktkuppe gestört sein kann, während die andere funktionsfähig bleibt. Die Wahrscheinlichkeit, daß beide Kontaktkuppen gestört sind, ist gering. Durch weitere Kontaktbetätigungen wird nach einiger Zeit auch die erste Kuppe wieder arbeitsfähig.

Um besonders in Sprechkreisen Störungen durch Kontaktverschmutzungen zu vermeiden, kann eine Kontaktfrittung durchgeführt werden, das heißt ein dauerndes oder stoßweises Anlegen einer elektrischen Spannung an den Kontakt. Bei einer Unterbrechung der Leitfähigkeit zwischen den beiden Kontaktkuppen durchschlägt die Frittspannung die Unterbrechungsstelle, so daß der Übergangswiderstand wieder geringer wird.

Aus schaltungstechnischen Gründen wird bisweilen eine zeitliche Betätigungsfolge zwischen zwei Relaiskontakten in der Weise gefordert, daß ein Kontakt zuerst schaltet, während ein zweiter einige Millisekunden später betätigt wird. Die Erfüllung dieser Forderung wird durch die Anwendung von

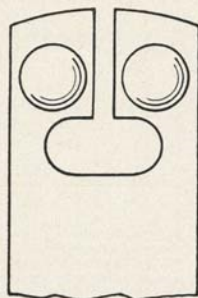


BILD 72  
Halbierte Kontaktfeder  
mit zwei Kontaktnieten

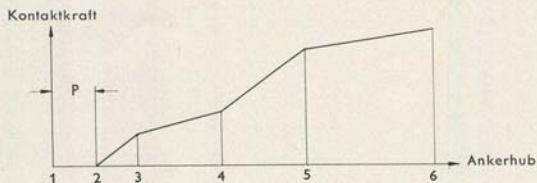
Folgekontakten erreicht, bei denen eine Bewegung des Kontaktbetätigungspimpels durch den Anker erst nach Betätigung des dem Relaisjoch nächstliegenden Kontaktes auf den darüberliegenden übertragen wird.

Wie bereits erwähnt, ist ein genügend hoher Kontaktdruck notwendig, damit bei geringem Übergangswiderstand durch eine möglichst innige Berührung der Kontaktkuppen die Elektronen die Kontaktstelle ungehindert passieren können.

Dieser Kontaktdruck ist durch eine Durchbiegung der Kontaktfedern erreichbar, die bei angezogenem Relais durch die auf den Anker wirkende Magnetkraft erzeugt wird. Dabei nimmt die aufzuwendende Arbeit bis zur Kontaktdurchbiegung während der Ankerbewegung sprunghaft zu. Hierüber geben die Kraft-Weg-Diagramme ein anschauliches Bild. Bei diesen Diagrammen wird die Größe des Kontaktdruckes in Abhängigkeit vom Weg des Ankers von seiner Ruhelage bis zum angezogenen Zustand aufgezeichnet.

Das Bild 73 zeigt an einem Kraft-Weg-Diagramm den Ablauf der Betätigung eines Arbeitskontaktes. Im Ruhezustand stützen sich beide Kontaktfedern wegen ihrer Vorspannung auf den Stufen des Abstützbockes ab. Bei Beginn des Ankerhubs bewegt sich der Anker zunächst ohne Kontaktbelastung, weil die Pimpelluft etwa ein bis drei Zehntel mm beträgt. Sobald das Isolierstück auf dem Ankerrücken den Pimpel erreicht hat, wirkt die Kontaktkraft auf den Anker ein. Im Verlauf der weiteren Ankerbewegung nimmt die Kontaktkraft stark zu, wie aus dem Diagramm von Punkt 2 nach Punkt 3 zu ersehen ist, weil während dieser kurzen Strecke des Ankerhubs die Vorspannung der unteren Kontaktfeder entgegenwirkt. Beim Abheben der unteren Kontaktfeder vom Abstützbock ist die Vorspannung der Feder überwunden (Punkt 3). Während der weiteren Ankerbewegung nimmt die Kontaktkraft nicht im gleichen Maße zu (Knick bei Punkt 3) wie bei der Ankerbewegung zwischen 2 und 3, weil nun nach Überwinden der Vorspannung der unteren Kontakt-

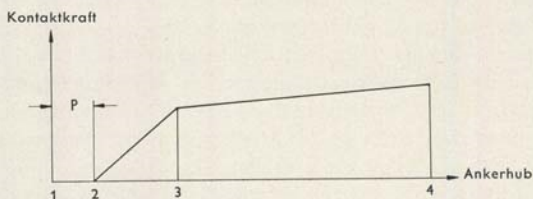




- P = Pimpelluft  
 1 = Beginn der Ankerbewegung  
 2 = Beginn der Kontaktbewegung  
 3 = Abheben der Kontaktfeder vom Abstützbock  
 4 = Berühren der Kontaktkuppen  
 5 = Abheben der oberen Kontaktfeder vom Abstützbock  
 6 = Endlage des angezogenen Ankers

BILD 73  
 Kraft-Weg-Diagramm  
 eines Arbeitskontaktes

feder der Anker nur noch die Kraft zum Auslenken der Kontaktfeder aufzubringen hat. Beim Berühren der Kontaktkuppen – untere und obere Feder – ist Punkt 4 des Diagramms erreicht. Danach nimmt die Kontaktkraft während des weiteren Ankerhubs bei der Auslenkung beider Kontaktfedern zu, zumal zusätzlich die Vorspannung der oberen noch auf dem Abstützbock aufliegenden Kontaktfeder wirksam ist. Erst beim Abheben der oberen Kontaktfeder vom Abstützbock wird im Diagramm der Anstieg der Kontaktkraft wieder flacher (Knick bei Punkt 5), bis die Kontaktkraft in der Endlage des angezogenen Ankers ihren größten Wert bei Punkt 6 erreicht hat.



- P = Pimpelluft  
 1 = Beginn der Ankerbewegung  
 2 = Beginn der Kontaktbewegung  
 3 = Öffnen des Kontaktes  
 4 = Endlage des angezogenen Ankers

BILD 74  
 Kraft-Weg-Diagramm  
 eines Ruhekontaktes

Bild 74 zeigt in gleicher Weise das Kraft-Weg-Diagramm eines Ruhekontaktes. Von der Ruhelage des Ankers (Punkt 1 des Diagramms) bis zum Beginn der Kontaktbewegung (Punkt 2) bewegt sich der Anker ohne Einwirken der Kontaktbelastung. Der Anstieg der Kontaktkraft-Kurve vom Beginn der

Kontaktbewegung (Punkt 2) bis zum Öffnen des Kontaktes (Punkt 3) ist steil, weil auf diesem Weg des Ankers die Vorspannung der oberen Kontaktfeder überwunden werden muß. Beim Abheben der oberen von der unteren Kontaktfeder ist die Vorspannung des Ruhekontaktes bereits überwunden. Mit fortschreitender Ankerbewegung wird nur noch die obere Kontaktfeder bis zur Ruhelage des angezogenen Ankers (Punkt 4) ausgelenkt. Im Punkt 4 des Diagramms hat der Anker seine Endlage erreicht und die Kontaktkraft des Ruhekontaktes ist am größten.

### B.3. HITZDRAHTFEDERSATZ (THERMORELAIS)

Bei einem Hitzdrahtfedersatz (Bild 75) wird die thermische Wirkung (Wärme-wirkung) des Stromes ausgenutzt. Die Relaispule ist als Heizdraht ausgeführt und umfaßt mit ihren Windungen eine Bimetallfeder. Diese besteht aus zwei aufeinander gewalzten metallischen Teilfedern mit verschiedenem Wärmeausdehnungsvermögen. Durch die zunehmende Erwärmung der Heizspule bei Stromdurchfluß erfährt die Bimetallfeder eine Verformung durch die sich verschieden stark ausdehnenden Metalle. Das hat eine Ausbiegung der gesamten Bimetallfeder zur Folge, die zur Kontaktbetätigung ausgenutzt wird. Die Ausbiegung der Bimetallfeder geht infolge der langsam zunehmenden Erwärmung durch die Heizdrahtspule schleichend vor sich. Erst nach mehreren Sekunden Heizzeit ist die Ausbiegung der Bimetallfeder so groß, daß der Kontakt betätigt wird (siehe auch unter D.3., letzter Abschnitt). Die als Anker wirkende Bimetallfeder dient gleichzeitig als Mittelfeder des Umschalt-

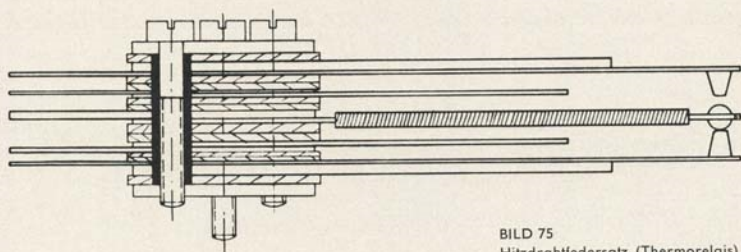


BILD 75  
Hitzdrahtfedersatz (Thermorelais)

kontaktes. Daher ist die Heizdrahtspule isoliert auf die Bimetallfeder aufgesetzt. Wird der Strom für die Heizdrahtspule abgeschaltet, so kühlt sie allmählich ab, und die Bimetallfeder kehrt langsam wieder in ihre Normlage



zurück, wobei ebenfalls mehrere Sekunden vergehen. Zu Beginn der rückläufigen Bewegung wird die Kontaktgabe beendet.

Die Zeit von der Einschaltung des Heizstromes bis zur Kontaktgabe oder umgekehrt ist nicht auf eine Sekunde genau einhaltbar. Der Hitzdrahtfedersatz wird nur dann verwendet, wenn die Schaltverzögerung keine große Genauigkeit erfordert. Die Anwendung von Thermorelais kommt daher dann in Frage, wenn die Kontaktgabe innerhalb eines größeren Zeitbereichs ausreichend ist. Schaltverzögerungen von 10 bis 20 Sekunden, wie sie mit einem Thermorelais möglich sind, können mit einem elektromagnetischen Relais nur mit zusätzlichen elektrischen oder mechanischen Einrichtungen erzielt werden. Das Thermorelais dagegen wird wie ein normaler Kontaktfedersatz auf das Ovalrelais 46 aufgesetzt und benötigt dadurch keinen besonderen Relaisplatz.

#### B.4. FLACH-SCHUTZ-KONTAKT-RELAIS (FSK-RELAIS)

Die in letzter Zeit von TN entwickelten Flach-Schutz-Kontakte (FSK) werden durch das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Relaisspule unmittelbar betätigt. Durch Wegfall des üblichen Relaisankers, der die magnetische Anzugskraft der Relaisspule auf die Kontakte mechanisch überträgt, wird die konstruktive Ausführung der Relais einfacher, die mechanische Abnutzung geringer und die Schaltzeit kürzer. Der Flachschtutzkontakt besteht aus magnetischen Zungen, die in eine flachgehaltene, mit einem inaktiven Schutzgas gefüllte Glasröhre eingeschmolzen sind. Das Schutzgas verhindert eine chemische Veränderung der kontaktgebenden Flächen. Durch die luftdichte Kapselung werden die Kontakte außerdem vor Staub und Schmutz geschützt.

Ein Flachschtutzarbeitskontakt (Bild 76) besteht aus zwei durch einen Luftspalt getrennten Kontaktzungen. Die eine Zunge ist durch einen Mäander

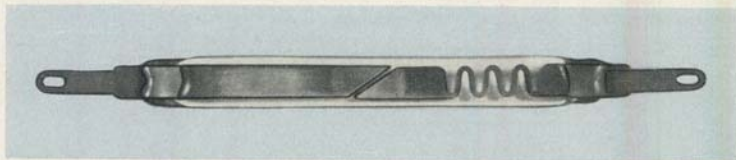


BILD 76  
FS-Arbeitskontakt

beweglich und kann dadurch bei stromdurchflossener Relaisspule durch die Anziehung des Magnetfeldes mit der feststehenden Kontaktzunge eine elektrisch leitende Verbindung herstellen.

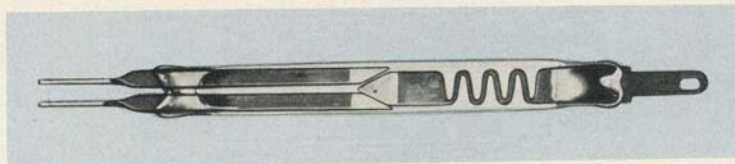


BILD 77  
FS-Umschaltekontakt

Bild 77 zeigt einen FS-Umschaltekontakt. Durch den Mäander wird die elastische Biegeverformung bei betätigtem Kontakt von der Einschmelzstelle des Glasröhrchens nach innen an eine definierte Stelle der Kontaktzunge, nämlich den Mäander, verlagert. Dadurch werden die Einschmelzstellen der Kontaktzungen im Glasrohr wesentlich entlastet, was für die Erhaltung der Gasdichtigkeit der Glasrohre von Vorteil ist.

Die Kontaktfläche ist in einem Winkel von  $35^\circ$  gegenüber der Horizontalen geneigt. Die Stirnseiten der Kontaktzungen sind konvex geformt und gewährleisten so eine sichere Kontaktgabe. Flachschutzkontakte werden aus Stanzteilen hergestellt, die maschinell in die Glasröhrchen eingeschmolzen werden. Durch diesen maschinellen Einschmelzvorgang ist eine wirtschaftliche, automatisierte Fertigung hoher Stückzahlen möglich.

Die Kontakte des FSK-Relais werden von den Windungen der Relaispule umgeben. Die Relaispule wird von einem Metallmantel (Kappe) bzw. Metallgehäuse gegen äußere Beschädigungen und gegen magnetische Fremdfeldbeeinflussungen geschützt. Bild 78 zeigt ein FS-Einkontakt-Relais im Schnitt. Es bedeuten: 1 Metallkappe, 2 Wicklung, 3 Flachschutzkontakt und 4 Lötanschlüsse für die Kontakte und die Wicklung.

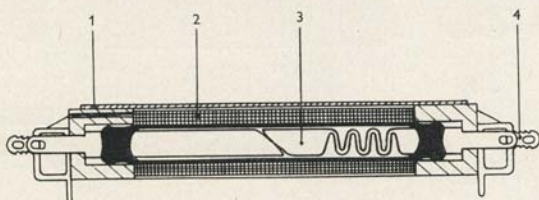


BILD 78  
FS-Einkontakt-Relais im Schnitt

Im Bild 79 ist ein FSK-Relais im Schnitt dargestellt, das bis zu 22 Flachschutzkontakte aufnehmen kann. Es bedeuten: 1 Gehäuse, 2 Wicklung, 3 Flachschutzkontakt, 4 Leitblech und 5 Lötanschlüsse für die Kontakte und die Wicklung. FSK-Relais werden aus wenigen Einzelteilen durch Stecken zusammgebaut.



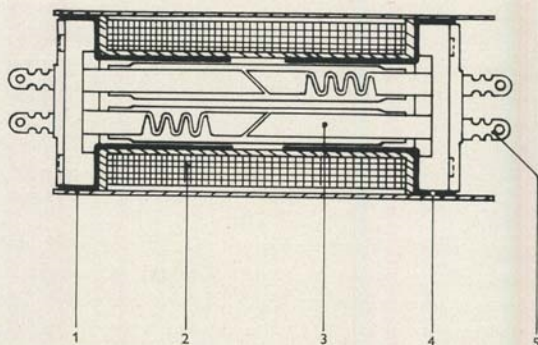


BILD 79  
FSK-Relais im Schnitt für 22 FS-Kontakte

Im Bild 80 werden die Teile eines FSK-Relais für vier Kontakte gezeigt. In der oberen Reihe von links nach rechts vier Kontaktfahnen (auch Kontaktplatten genannt), Isolierstück, Gehäuse, Isolierstück mit eingepreßten Kontaktplatten; in der mittleren Reihe zwei Leitbleche, Wickelkörper und darunter die vier FS-Kontakte. Die Einbaulage ist auf die Wirkungsweise ohne Einfluß. Die Schaltzeiten sind kurz.

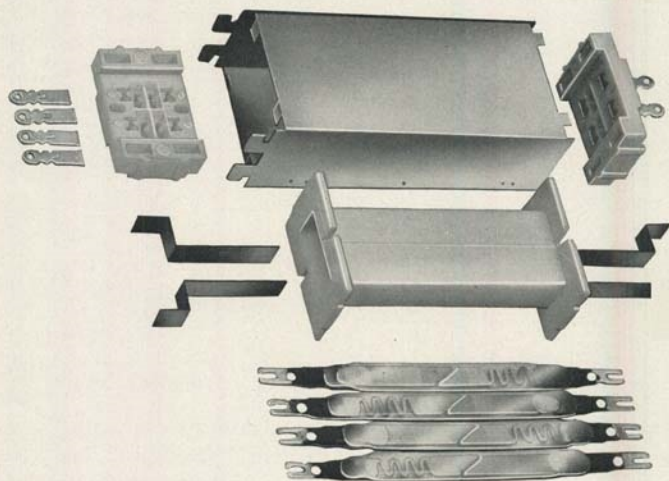


BILD 80  
Einzelteile eines FSK-Relais für vier FS-Kontakte

FSK-Relais zur Montage in Relais-Schienen gibt es mit einem unterschiedlichen Ausbau an Kontakten. Innerhalb einer Normreihe mit gemeinsamer Bauhöhe kennzeichnet eine unterschiedliche Breite den erreichbaren Ausbau an Kontakten. Einen Überblick über die Abmessungen der Relais gibt Bild 81. Die Gesamtlänge der Relais über die Löffhaken gemessen beträgt 80 mm und die Gehäuselänge der Relais 65 mm.

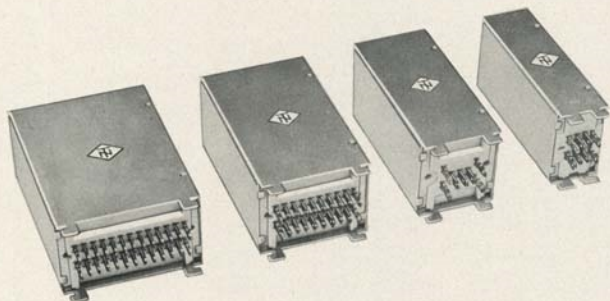


BILD 81  
Normreihe der TN-FSK-Relais

Zur Montage in gedruckten Schaltungen sind die FSK-Relais mit einem bzw. zwei Flachschutzkontakten vorgesehen (Bild 82). Die Relais haben wegen des geringen Platzbedarfs und der günstigen Betriebsdaten besondere Vor-

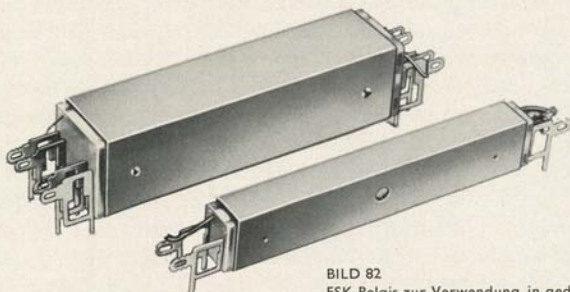


BILD 82  
FSK-Relais zur Verwendung in gedruckten Schaltungen (links Zwei-Kontakt-Relais, rechts Ein-Kontakt-Relais)



teile. Bei dem Kleinrelais mit einem Kontakt ist die Wicklung direkt auf den Kontakt aufgebracht, bei dem Kleinrelais mit zwei Kontakten können zwei unabhängige Wicklungen vorgesehen werden. Das Bild 83 zeigt 10 FSK-Kleinrelais mit je einem Kontakt in einer gedruckten Schaltung.

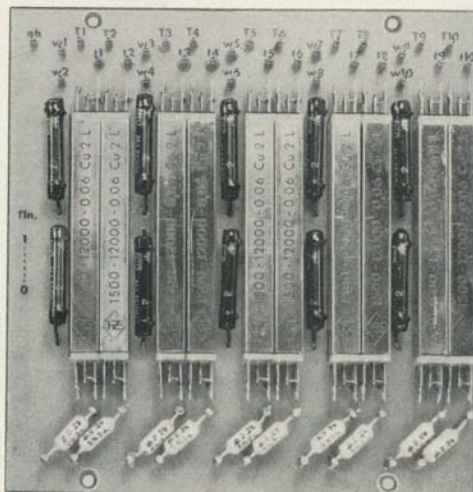


BILD 83  
TN-Kleinrelais in einer  
gedruckten Schaltung

In dem Bereich der FSK-Relais verdient das FSK-Haftrelais besondere Erwähnung. Dieses vielseitig verwendbare Relais ist mit einem TN-Flachschutzkontakt ausgestattet, der auch nach dem Abschalten des Erregerstromes „haften“ bleibt. Der Kontakt wird erst wieder durch eine Gegenerregung geöffnet. Bild 84 zeigt ein FSK-Haftrelais im Schnitt, und zwar von oben gesehen. Am rechten Ende sind die beiden übereinanderliegenden und den Kontakt umgebenden Wicklungen (Ansprechwicklung und Abwurfwicklung) als rechteckige Schraffur dargestellt, und etwa in der Mitte sind die von einem Metallbügel gehaltenen zwei kleinen Dauermagnete angeordnet, die den Kontakt auch bei abgeschalteter Erregung im betätigten Zustand halten. Der Flachschutzkontakt im FSK-Haftrelais wird geschlossen, wenn ein magnetischer Fluß über die Kontaktzungen geführt wird. Die magnetischen Kräfte werden bei der dem Ansprechstrom entsprechenden Erregung der Spule so groß, daß die beiden Kontaktzungen einander anziehen. Der von den beiden Dauermagneten erzeugte Fluß ist so bemessen, daß er einen geöffneten Flachschutzkontakt nicht schließen kann, er ist jedoch so groß, daß ein bereits geschlossener Kontakt gehalten bleibt. Wird die Ansprechwick-

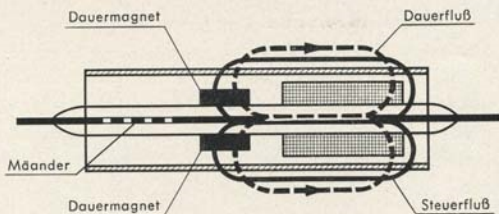


BILD 84  
Aufbau des TN-Haftrelais und grundsätzlicher  
Verlauf der magnetischen Flüsse

lung des Relais von einem elektrischen Strom durchflossen, so wird ein Steuerfluß erzeugt, der den Fluß der Dauermagnete verstärkt und so den Kontakt schließt. Der magnetische Fluß der Dauermagnete bewirkt nun, daß auch nach dem Abschalten des Erregerstromes der Kontakt im betätigten Zustand haften bleibt. Der Kontakt wird durch die Gegenerrregung der Abwurfwicklung geöffnet. Der Fluß der Dauermagnete wird dadurch so stark herabgesetzt, daß der Kontakt durch die Federwirkung des Mäanders öffnet.

Wird der Strom durch die Abwurfwicklung zu groß, so hebt er nicht nur den Fluß der Dauermagnete auf, sondern deckt auch den Erregungsbedarf des Kontaktes (Übererregung), der somit nach kurzzeitigem Abfall wieder anzieht und bis zum Abschalten des Stromes geschlossen bleibt.

Das FSK-Haftrelais wird nicht nur in der Vermittlungstechnik, sondern auch in der Regel- und Steuertechnik sowie in der Datenverarbeitungstechnik eingesetzt. Wie bei den anderen vorher beschriebenen FSK-Relais ist auch beim FSK-Haftrelais die Einbaulage auf die Wirkungsweise ohne Einfluß.

Im Bild 85 ist ein TN-FSK-Haftrelais von unten gesehen wiedergegeben. Längs neben dem FS-Kontakt sind die beiden kleinen Permanentmagnete sichtbar.



BILD 85 TN-Haftrelais

Die Lötanschlüsse der FSK-Kleinrelais und des FSK-Haftrelais sind in dem bei gedruckten Schaltungen üblichen Abstand des genormten 2,5-mm-Rasters (etwa 0,1 Zoll) herausgeführt.





bis zum Fingeranschlag gedreht. Dabei wird eine auf der Wählscheibenwelle sitzende Feder aufgezogen. Die Wählscheibe dreht sich nach Freigabe aus dieser Stellung infolge der Federspannung selbsttätig in ihre Ausgangslage zurück und treibt dabei das Nummernschalter-Laufwerk an (Bild 86). Während des Rücklaufes der Wählscheibe wird ein Zahnradpaar zusammen mit einem Schneckenrad gedreht. Das Schneckenrad betätigt über eine Schneckenwelle einen Fliehkraftregler (Geschwindigkeitsregler), der für einen gleichmäßigen Ablauf des Nummernschalter-Laufwerks sorgt und dadurch eine gleichmäßige Impulsgebung durch den nsi-Kontakt ermöglicht. Der Fliehkraftregler besteht im wesentlichen aus zwei Bremsbacken und einer Bremsstrommel. Beim zu schnellen Rücklauf der Wählscheibe drückt die Zentrifugalkraft die rotierenden Bremsbacken an die Bremsstrommel, wobei Reibungsenergie verbraucht wird und somit den zu schnellen Wählscheibenablauf bremst.

Mit dem Fliehkraftregler wird gleichzeitig über die Schneckenwelle eine sternförmige Impulscheibe aus Isolierstoff gedreht, die mit ihren Impulsflügeln den nsi-Kontakt (Impulskontakt) öffnet und schließt. Die Anzahl dieser Kontaktöffnungen während des Wählscheibenrücklaufs entspricht dem Zahlenwert der gewählten Ziffer. Außer dem nsi-Kontakt werden beim Aufziehen und beim Ablauf der Wählscheibe noch zwei weitere Kontakte betätigt: der Nummernschalter-Arbeitskontakt (nsa) und der Nummernschalter-Ruhekontakt (nsr). Die schaltungstechnischen Funktionen dieser Kontakte werden im Abschnitt E.5.2. unter „Abgehender Verkehr“ beschrieben.

## B.6. WÄHLER

Bei der Wählvermittlungstechnik werden die Sprechverbindungen zwischen den Teilnehmern mit Hilfe von Wählern hergestellt.

Die Wähler sind elektrisch ferngesteuerte Schalter, bei denen – wie bei den Relais – elektrische Steuer- und Arbeitskreise unterschieden werden. Zum Steuerkreis eines Wählers gehört der elektromagnetische Wählerantrieb mit Spule und beweglichem Anker, während dem Arbeitskreis die einstellbaren Kontaktvorrichtungen des Wählers zugeordnet sind. Im Gegensatz zu den Relais wird bei Betätigung eines Wählers aus einer Vielzahl von möglichen Schaltverbindungen nur eine einzige ausgewählt und geschaltet.

In der TN-Wählertechnik werden folgende Wählerarten unterschieden:

- Drehwähler,
- Hebdrehwähler,
- Fallwähler.

Sie unterscheiden sich im wesentlichen durch konstruktive Merkmale.



### B.6.1. Drehwähler

Der Drehwähler (Bild 87) besteht aus folgenden Bauelementen:

Kontaktsatz,  
Schaltarmsatz,  
Antrieb.

Der Kontaktsatz enthält die Kontaktlamellen, an welche die Außenanschlüsse des Wählers angelötet werden. Man unterscheidet 12-, 18-, 27- und 33teilige Drehwähler. Diese Zahlen geben an, wieviel Schritte der Drehwähler für einen Durchlauf der Schaltarme durch den Kontaktsatz benötigt; hierbei wird der Ruheschritt mitgezählt. Die Anzahl der absuchbaren Anschlüsse ist mindestens um eine Zahl geringer. Je nach Betriebsweise des Drehwählers können noch weitere Kontaktlamellen aus dem Kontaktsatz entfernt werden. Der Kontaktsatz ist in mehrere übereinanderliegende Kontaktreihen unterteilt, die durch Isolierzwischenlagen voneinander getrennt sind. Die Kontaktbahnen des Kontaktsatzes sind kreisförmig ausgeführt. Je nach Größe des Wählers beträgt der Umfang des Kontaktsatzes  $120^\circ$  oder  $180^\circ$  eines Vollkreises. Durch Versetzen der Schaltarme bei den Wählern mit halbkreisförmigen Kontaktsätzen läßt sich die Zahl der Kontaktlamellen und damit die Zahl der Anschlußmöglichkeiten verdoppeln. Ein 18teiliger Wähler wird dadurch zum 36teiligen und ein 33teiliger zum 66teiligen Drehwähler. Umgekehrt kann auch hier durch Wegbrechen einzelner Kontaktlamellen die Zahl der Anschlußmöglichkeiten reduziert werden. Die Schrittzahl des Wählers für einen Umlauf wird dabei nicht geändert. Der letzte Schritt eines Umlaufs ist jeweils der Ruheschritt.

Den beweglichen Teil des Wählers bildet der Schaltarmsatz, der entsprechend der Anzahl der Kontaktreihen aus mehreren übereinanderliegenden Schaltarmen besteht. Zur sicheren Kontaktgabe mit den Kontaktlamellen sind die Schleiffedern der Schaltarme zweiteilig ausgeführt, so daß die feststehenden Kontaktlamellen von den Schleiffedern des Schaltarmes beidseitig umfaßt werden. Außerdem sind ähnlich wie bei den Relaiskontakten die Schleiffedern der Schaltarme durch einen Schlitz als Doppelkontakte ausgeführt. Entsprechend der Ausführung des Kontaktsatzes mit  $120^\circ$  oder  $180^\circ$  Kreisbogenumfang bestehen die Schaltarme aus drei um  $120^\circ$  oder zwei um  $180^\circ$  versetzten Schaltarmsätzen. Durch diese Anordnung wird bei einseitiger Drehrichtung des Drehwählers ein Leerlauf vermieden, weil beim Verlassen eines Kontaktsatzes ein neuer, um  $120^\circ$  oder  $180^\circ$  versetzter Schaltarm die erste Kontaktlamelle des Kontaktsatzes erreicht.

Der Strom wird den Schaltarmen über Federn zugeführt, die an dem Kontaktsatz angebracht sind.

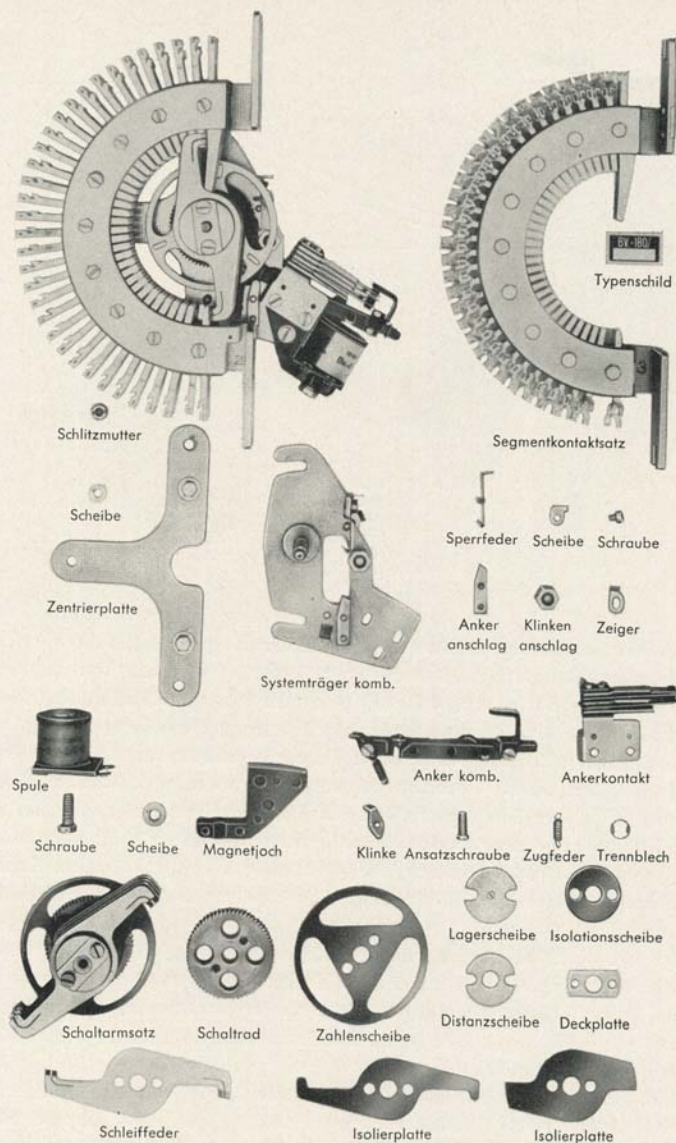


BILD 87 Einzelteile des 33teiligen TN-Drehwählers 46 mit Wälzanker

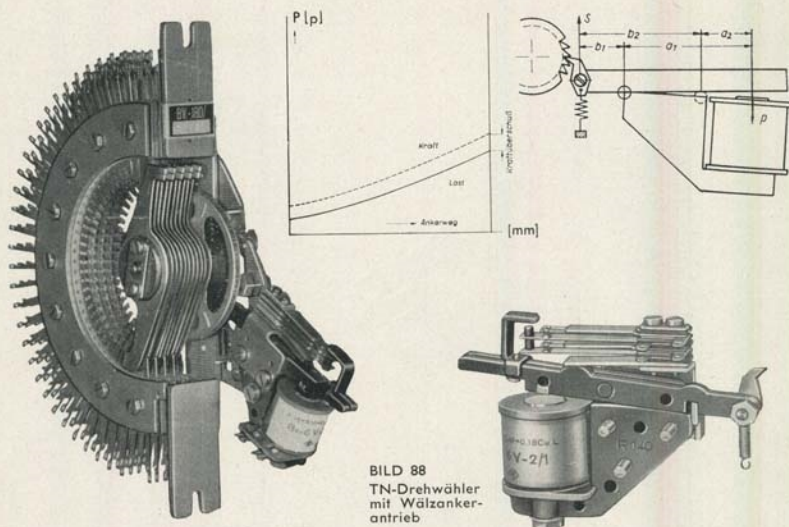


BILD 88  
TN-Drehwähler  
mit Wälzanker-  
antrieb

Als Antrieb des Drehwählers dient ein Elektromagnet, bestehend aus Spule und beweglichem Anker. Führt die Spule Strom, so wird der Anker betätigt, indem er sich über ein bogenförmig geformtes Magnetjoch abwälzt. Die Ankerbewegung wird auf eine Stoßklinke übertragen, die ihrerseits mit Hilfe eines gezahnten Schaltrades die beweglichen Schaltarme im Sinne einer Kreisbewegung fortschaltet. Wird die Magnetspule stromlos, so kehren Anker und Stoßklinke in ihre Ruhelage zurück. Ein Zurückdrehen des Schaltrades und der Schaltarme wird durch das Eingreifen einer Sperrfeder in die Verzahnung des Schaltrades verhindert. An einer mit dem Schaltrad gekoppelten Zahnscheibe mit Zeiger kann die jeweilige Schrittstellung des Wählers abgelesen werden.

Die Wählerarme werden bei der Wählerbetätigung schrittweise bewegt. Durch einen Stromimpuls auf die Wählerspule wird der Schaltarmsatz um einen Schritt fortgeschaltet. In der folgenden Impulspause kehren Anker und Stoßklinke in ihre Ruhelage zurück. Erst dann ist der Wähler für den nächsten Schritt fortschaltbereit.

Der Wälzanker unterscheidet sich in seiner Arbeitsweise von Ankern mit feststehender Drehachse. Der Wälzanker (Bild 88) erzeugt während seines Abwälzvorganges ein nur in geringem Maße zunehmendes Antriebsmoment.



Dieses Moment wird durch das Kräftepaar  $P$  und  $S$  gebildet. Die Kraft  $P$  stellt die magnetische Ankeranzugskraft der stromdurchflossenen Magnetspule dar, die als mechanische Kraft  $S$  auf die Stoßklinke des Wählers übertragen wird. Zu Beginn des Ankeranzugs greift die geringe Ankeranzugskraft  $P$  – bedingt durch den noch großen Luftspalt – am großen Hebelarm  $a_1$  an und erzeugt ein entsprechend großes Antriebsmoment. Das Moment  $P \cdot a_1$  ist zahlenmäßig gleich dem Lastmoment  $S \cdot b_1$ . Infolge des kleinen Hebelarms  $b_1$  zu Beginn der Ankerbewegung ist die Stoßklinkenkraft  $S$  entsprechend groß. Dadurch werden die Schaltarme aus ihrer Ruhelage stark beschleunigt. Während des Abwälvorganges des Ankers verändern sich die Hebelverhältnisse, weil sich der Drehpunkt des Ankers verlagert. Der Hebelarm  $a_1$  wird fortlaufend kleiner und die Anzugskraft  $P$  nimmt zu. In der betätigten Endlage des Ankers ist der Hebelarm klein ( $a_2$ ) und die magnetische Anzugskraft  $P$  groß. Entgegengesetzt verhalten sich auf der Lastseite die Kraft  $S$  und der Hebelarm  $b_1$ . Im angezogenen Zustand des Ankers ist der Hebelarm  $b_2$  groß und die Kraft  $S$  an der Stoßklinke klein. Durch die geringer werdende Stoßklinkenkraft  $S$  während des Abwälvorganges wird die Bewegung der Schaltarme allmählich gebremst.

Bei einem Wähleranker mit feststehendem Drehpunkt (Winkelanker) wird dagegen die hohe Endbeschleunigung des Ankers auf die Schaltarme übertragen. Beim plötzlichen Bremsen eines Winkel- oder Klappankers weisen die Schaltarme infolge der hohen Beschleunigung einen großen Kraftüberschuß auf, der zu harten Anschlägen der Wählerarme auf die feststehenden Kontaktlamellen und damit zur vorzeitigen Materialabnutzung führt. Außerdem besteht die Gefahr des Schleuderns der Wählerarme, das heißt, es werden Kontaktlamellen von den Wählerarmen übersprungen. Beim Wälzanker entfallen diese Nachteile. Der Wälzanker bringt zusammengefaßt folgende Vorteile:

- hohe Anfangsbeschleunigung der Schaltarme bei geringem AW-Bedarf der Ankerspule,
- geringer Kraftüberschuß der Schaltarme am Ende des Ankerhubs,
- kein harter Aufschlag der Schleiffedern der Schaltarme auf die Kontaktlamellen und
- kein Schleudern der Schaltarme.

Die maximale Schrittgeschwindigkeit beträgt für den Drehwähler etwa 30 bis 40 Schritte pro Sekunde.

Die Wählerspulen sind im Vergleich zu den Relaisspulen niederohmig, weil der magnetische Wählerantrieb in kürzester Zeit (geringe Zeitkonstante) eine starke Anzugskraft (hohe Erregung) ausüben muß. Der Stromfluß in der Wählerspule dauert nur kurzzeitig an.

Der Wähleranker betätigt außer der Stoßklinke noch zusätzlich einen oder mehrere Ankerkontakte, die wie Relaiskontakte ausgeführt sind. Diese Ankerkontakte werden für besondere Schaltaufgaben, z. B. Wählerelbstschaltung, benötigt.

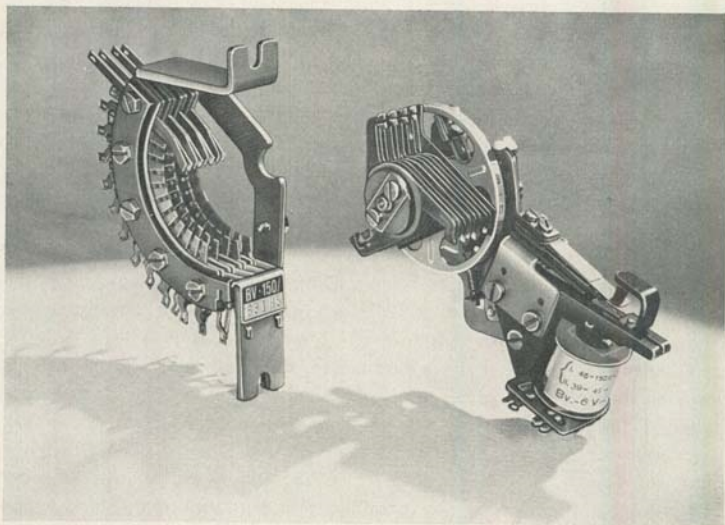


BILD 89  
12teiliger TN-Drehwähler, zerlegt in Kontaktsatz und Schaltarmsatz mit Antrieb

Bild 89 zeigt einen 12teiligen Drehwähler. Links ist der Kontaktsatz und rechts der Schaltarmsatz mit dem Antrieb dargestellt. Kontaktsatz und Schaltarmsatz sind zum besseren Verständnis auseinandergerückt. Die Schaltarme sind um  $120^\circ$  versetzt. Die bogenförmige Bahn, auf welcher der Anker während des Betriebs abrollt, ist durch die Ankerkontaktplatte verdeckt.

Hinter den Schaltarmen ist die Zahlenscheibe sichtbar und der pfeilförmige Winkel, an dem die jeweilige Stellung (Schrittzahl) des Drehwählers – im Bild 89 der 7. Schritt – abgelesen wird. In ähnlicher Weise wie bei den Relaiskontakten sind die Schaltarme an der Kontaktstelle geschlitzt. Am Kontaktsatz sind die vier Kontaktbahnen zu erkennen, die von links nach rechts mit a-, b-, c- und d-Segment bezeichnet werden. Das d-Segment besteht in diesem Falle nicht aus mehreren Einzellamellen, sondern stellt zwischen den Schritten 1 bis 10 eine durchgehende Kontaktlamelle dar.



### B.6.2. Hebdrehwähler (Viereckwähler)

Der Hebdrehwähler (Bild 90) setzt sich ebenso wie der Drehwähler aus den folgenden Bauelementen zusammen:

- Kontaktsatz,
- Schaltarmsatz,
- Antrieb.

Der Hebdrehwähler vereinigt jedoch im Gegensatz zum Drehwähler zwei Bahnbewegungen seines Schaltarmsatzes: eine geradlinige Hebbewegung und eine kreisförmige Bewegung wie beim Drehwähler. Die Hebbewegung der Schaltarme wird durch einen zusätzlichen Hebmagneten erzielt.

Das Kontaktfeld besteht aus  $10 \times 10 = 100$  bzw.  $10 \times 11 = 110$  Kontaktlamellen je Schaltarm, wobei die erste Zahl die Zahl der Höhenschritte (Dekaden), die zweite Zahl die Zahl der Drehschritte angibt. Zum Aufbau einer Fernsprecherbindung wird in der Zentrale neben den beiden Sprechadern noch eine Prüflleitung pro Anschluß erforderlich, so daß drei 100teilige bzw. 110teilige Kontaktbänke benötigt werden.

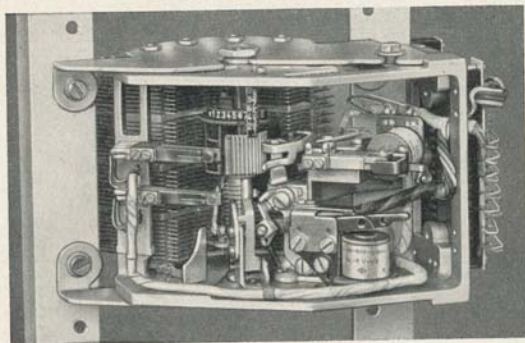


BILD 90  
Der TN-Hebdrehwähler

TN-Hebdrehwähler sind mit insgesamt vier Schaltarmen ausgerüstet und besitzen grundsätzlich 11 Drehschritte (Bild 91). Der vierte Arm ermöglicht eine Reihe von Schaltungsvereinfachungen und Verbesserungen bei der Gebührenzählung, der Berechtigungskennzeichnung der Nebenstellen (z. B. bei der Fernwahl) und im Schaltungsaufbau.

Bei der Einstellung des Hebdrehwählers werden die Schaltarme auf den entsprechenden Höhenschritt gesteuert und dann auf den gewünschten Dreh-



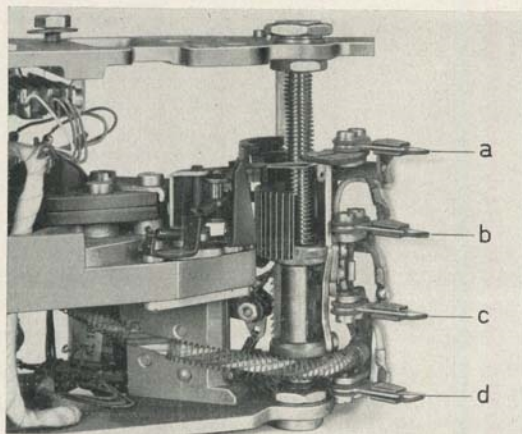


BILD 91  
Die vier Schaltarme  
des TN-Hebdrehwählers  
(Schaltarmsatz)

schritt eingedreht. Wird der Hebdrehwähler wieder in seine Ausgangslage zurückgesteuert, werden die Schaltarme bis zum letzten Drehschritt fortgeschaltet. Dann gleiten sie durch ihr Eigengewicht nach unten herab und werden durch Federkraft in die Ausgangslage zurückgeholt. Bei diesen Bewegungen wird der Umriß eines Vierecks beschrieben (Bild 92). Deshalb bezeichnet man diese Art Hebdrehwähler auch als Viereckwähler. Die Schleiffedern der Schaltarme sind auch hier als Doppelfedern ausgeführt.

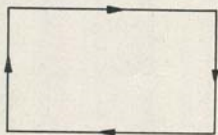


BILD 92  
Weg der Schaltarme des Hebdrehwählers  
(Viereckwähler)

Der Antrieb des Hebdrehwählers setzt sich aus einem Hebmagneten für die Hebbewegung und einem Drehmagneten für die Drehbewegung zusammen (Bild 93). Für beide Magnete wird der vorher beschriebene Wälzankerantrieb verwendet. Wird der Hebmagnet wirksam, zieht der zugehörige Anker an und betätigt eine Hebstoßklinke. Diese Klinke greift in eine senkrecht stehende, mit den Schaltarmen verbundene Zahnstange und hebt sie bei jeder Betätigung um einen Schritt. Eine Hebsperrfeder verhindert ein Zurückgleiten. Beim erneuten Anzug wird der Schaltarmsatz um einen weiteren Schritt an-

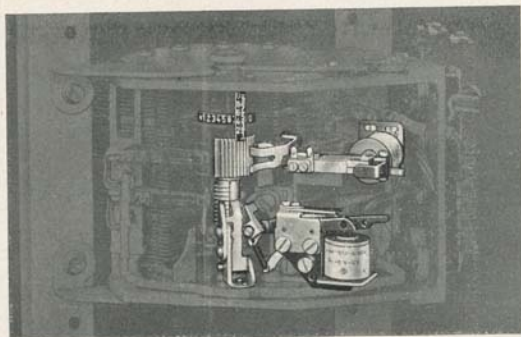


BILD 93  
Hebmagnet und Drehmagnet  
des Viereckwählers

gehoben. Hat der Schaltarm den gewünschten Höhenschritt erreicht, bleibt der Hebmagnet stromlos.

Die folgenden Stromimpulse betätigen den Drehmagneten, der die Schaltarme horizontal auf dem erreichten Höhenschritt auf einer Kreisbahn schrittweise fortschaltet. Die Schaltarme werden durch die Drehsperrklinke und die Rückstellfeder in dem jeweiligen Drehschritt gehalten.

Der Hebdrehwähler ist mit verschiedenen Hilfskontakten ausgerüstet, die zur Selbstschaltung des Hebdrehwählers oder zur Vorbereitung anderer Schaltvorgänge dienen. Hebmagnet und Drehmagnet besitzen eine Vorrichtung zur Anzeige der Heb- und Drehschritte.

Die Rückkehr des Hebdrehwählers in die Ausgangslage vollzieht sich, wie bereits erwähnt, durch Weiterschalten bis zum letzten Drehschritt. Dort gelangt der auf einem Führungsblech laufende Schaltarmsatz in eine Ausbuchtung dieses Führungsbleches und gleitet dadurch infolge des Eigengewichtes unter den untersten Höhenschritt. Hier greift die Drehsperrklinke nicht mehr in den Schaltzylinder ein, so daß die Schaltarme durch die gespannte Rückholfeder in ihre Ausgangslage zurückgeholt werden.

### B.6.3. Fallwähler

Beim Fallwähler (Bild 94) unterscheidet man folgende Bauelemente:

- Bankfeld,
- Kontaktschlitten,
- Einstellwerk.

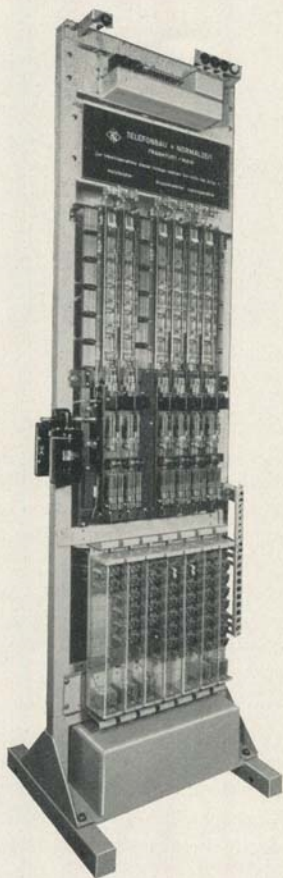
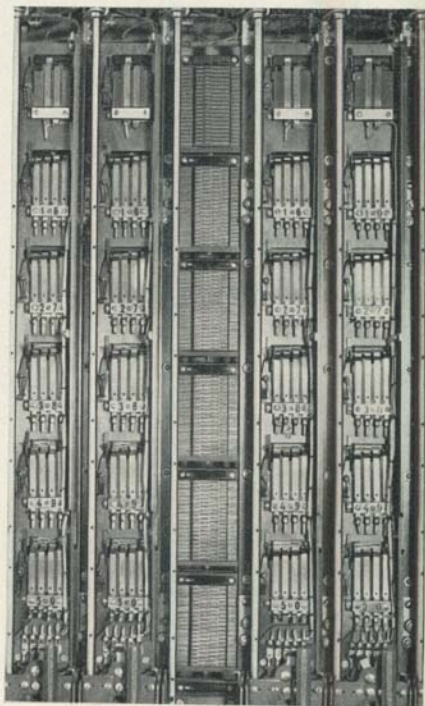


BILD 94  
TN-Fallwähler im Gestell

BILD 95  
Teilfelder des Fallwähler-Bankfeldes





Das Bankfeld besteht aus waagrecht angeordneten übereinanderliegenden Kontaktstreifen, die durch Isolierzwischenlagen voneinander getrennt sind. Diese Kontaktstreifen besitzen aus dem Streifenfeld herausragende Kontaktnasen, die mit dem Kontaktschlitten bei der Wählereinstellung die Durchschaltung herbeiführen. Je Teilnehmeranschluß sind vier Kontaktnasen vorgesehen. Ein wesentliches Merkmal des Bankfeldes ist das Fehlen von Lötstellen, da das Bankfeld für mehrere Kontaktschlitten (7 bzw. 10) gemeinsam ist, so daß die bei Dreh- oder Hebdrehwählern notwendige Vielfach- oder Blankverdrahtung zwischen den Kontaktsätzen der einzelnen Wähler entfällt. An den äußeren Enden der Kontaktstreifen sind Lötösen für den Außenanschluß der Leitungen vorgesehen.

Bereits seit 30 Jahren besitzt der TN-Fallwähler ein lötfreies Vielfach und statt der üblichen Schleifkontakte werden kombinierte Andruck- und Schleifkontakte verwendet.

Das gesamte Bankfeld ist für jede Bahn eines Kontaktschlittens in fünf gleich große 20teilige Teilfelder unterteilt (Bild 95). 10 Teilnehmer bilden eine Dekade, so daß in einem Teilfeld zwei Teilnehmerdekaden, im Gesamtfeld also 10 Dekaden, enthalten sind. Über den fünf Teilbänken ist eine 10teilige Dekadenprüfbank angebracht, bei der nur jeder zweite Schritt zur Dekadenauswahl benötigt wird. Mit dieser Prüfbank wird die Dekade festgestellt, in der der zu schaltende Teilnehmeranschluß liegt. Das gesamte Bankfeld wird auf der Vorder- und Rückseite von  $2 \cdot 7 = 14$  bzw.  $2 \cdot 10 = 20$  Kontaktschlitten bestrichen, so daß sich  $100 \cdot 4 \cdot 14 = 5600$  bzw.  $100 \cdot 4 \cdot 20 = 8000$  mögliche Verbindungspunkte ergeben, die bei anderen Wählerarten als Vielfachfeld 5600 bzw. 8000 Lötstellen erfordern.

Das bewegliche Einstellglied des Fallwählers bildet der Kontaktschlitten, der in Form einer Metallschiene mit sechs fensterartigen Ausschnitten ausgeführt ist (Bild 96). An diesen Ausschnitten sind die Kontaktfedern isoliert befestigt, die bei der Wählereinstellung mit den entsprechenden Kontaktnasen des Bankfeldes eine leitende Verbindung herstellen. Durch Sperrhebel sind die Kontaktfedern in ihrer Ruhelage so eingestellt, daß sie die Kontaktnasen des Bankfeldes nicht berühren. Entsprechend dem Bankfeld mit vier Kontaktnasen pro Anschluß sind je Fenster eines Kontaktschlittens vier nebeneinanderliegende Kontaktfedern vorgesehen. Das oberste Fenster des Wählerschlittens besitzt nur eine wirksame Kontaktfeder, die bereits in der Ruhelage an den Kontaktnasen der Dekadenprüfbank anliegt. Die Federsätze an den Fenstern des Kontaktschlittens werden als Kontaktbürsten bezeichnet. Die fünf parallelgeschalteten Kontaktbürsten eines Kontaktschlittens sind den fünf Teilbänken zugeordnet. Durch diese Parallelschaltung der Kontaktbürsten wird ein kurzer Einstellweg des Kontaktschlittens erzielt, der etwa nur  $\frac{1}{5}$  der gesamten Kontaktbahnlänge beträgt und somit die Einstellgeschwindigkeit des Fall-

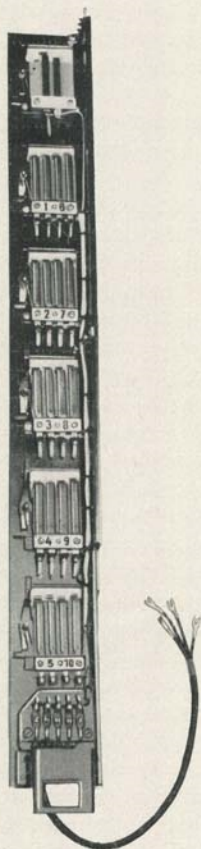


BILD 96  
Wählerschlitzen  
des Fallwählers

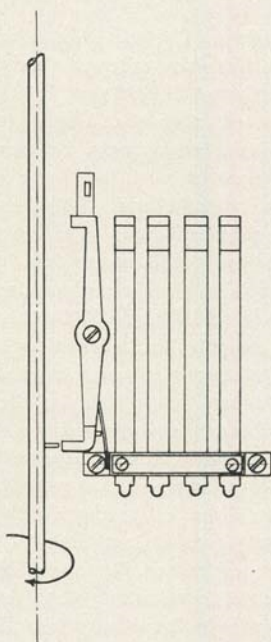


BILD 97  
Stoßstange des  
Fallwählers

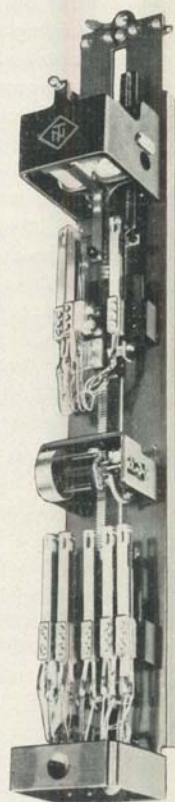


BILD 98  
Einstellwerk  
des Fallwählers



wählers erhöht. Bei einer Wählereinstellung wird jeweils nur eine der fünf Kontaktbürsten wirksam, die im Bereich ihrer zugehörigen Teilbank einen der 20 möglichen Anschlüsse zu betätigen hat. Durch Ausklinken des schon erwähnten Sperrhebels werden die Kontaktfedern der entsprechenden Bürste freigegeben und bestreichen dadurch die Kontaktnasen der zugeordneten Teilbank. Das Ausklinken des Sperrhebels der jeweiligen Kontaktbürste wird durch einen Metallstift ausgelöst. Diese Stifte sind an einer Stoßstange angebracht, die jedem Schlitten zugeordnet ist (Bild 97). Eine Stoßstange besitzt 10 Entsperrstifte, da für jede Dekade ein Sperrstift benötigt wird. Die Stifte werden durch einen oberhalb des Bankfeldes angeordneten Stoßmagneten betätigt, der bei Erregung die Stoßstange mit den Stiften um etwa  $45^\circ$  dreht. Die ausgedrehten Stifte bewirken beim Herabgleiten des Kontaktschlittens das Ausklinken eines Bürstensatzes. Beim Herabgleiten des Schlittens wird zu einem bestimmten Zeitpunkt der Stoßmagnet betätigt, wobei die jeweilige Stellung des Kontaktschlittens zu den Stiften der Stoßstange entscheidet, welcher Bürstensatz ausgeklinkt wird.

Das Einstellwerk steuert den Kontaktschlitten an die gewünschten Kontaktlamellen des Bankfeldes. Zum Einstellwerk gehört der Fallmagnet, der bei Erregung eine Sperrklinke betätigt, die eine mit dem Kontaktschlitten verbundene Zahnstange freigibt (Bild 98). Der entsperrte Kontaktschlitten mit der zugehörigen Zahnstange gerät durch sein Eigengewicht in Bewegung; der Fallmagnet dient lediglich zur Auslösung oder Unterbrechung der Bewegung des Kontaktschlittens. Der Schlitten kann entweder schrittweise (gesteuerte Wahl) oder gleitend (freie Wahl) betätigt werden. Bei der schrittweisen Fortbewegung des Schlittens wird der Fallmagnet durch kurze Stromimpulse erregt, bei der gleitenden Schlittenbewegung erhält der Fallmagnet einen Dauerimpuls. Der Stromverbrauch eines betätigten Fallwählers ist im Gegensatz zu den Dreh- und Hebdrehwählern gering, weil der Schlitten durch sein Eigengewicht betätigt wird, und der Fallmagnet nicht als Antrieb arbeitet, sondern lediglich eine Hilfsfunktion ausübt. Durch das Fehlen eines stoßweise arbeitenden elektromagnetischen Antriebes ist der Fallwähler geräuschärmer und verbessert dadurch die Verständlichkeit der über eine Fallwählerzentrale geführten Gespräche. Damit der Wählerschlitten bei verschiedenen langen Einstellwegen stets die gleiche Fallgeschwindigkeit erreicht, wird durch die Zahnstange über ein Zahnradgetriebe eine Fliehkraftbremse angetrieben, die für eine gleichförmige Geschwindigkeit des herabgleitenden Wählerschlittens sorgt. Die Fliehkraftbremse ist regulierbar, so daß verschiedene Schlittengeschwindigkeiten einstellbar sind. Als Anrufer in freier Wahl ist die Schlittengeschwindigkeit höher als bei dem Einsatz als Leitungs- oder Gruppenwähler mit erzwungener Wahl durch die Betätigung der Wählscheibe. Durch die Unterteilung des 100teiligen Bankfeldes in fünf 20teilige



Teilbänke ergibt sich ein kurzer Einstellweg des Wählerschlittens. Um den 100. Teilnehmeranschluß zu erreichen, benötigt der Wählerschlitten lediglich 29 Schritte. Die Schrittgeschwindigkeit eines Kontaktschlittens beträgt bei der Freiwahl etwa 85 Schritte pro Sekunde. Die Einstellgeschwindigkeit beträgt jedoch das  $100 : 29 = 3,45$ fache der Schrittgeschwindigkeit von 85 Schritten pro Sekunde, also effektiv  $3,45 \cdot 85 = 293$  Schritte pro Sekunde.

Der auf einen Teilnehmeranschluß eingestellte Wählerschlitten geht am Ende des Gespräches automatisch in seine Ruhelage zurück. Dabei wird der Fallmagnet erregt, der Wählerschlitten gleitet in die untere Endlage. Dort wird der Wählerschlitten von der für alle Schlitten eines Bankfeldes gemeinsamen Aufzugsvorrichtung in die obere Ausgangslage zurückgeholt (Bild 99). Sie besteht aus dem sog. Kettenrahmen, der für jeden Schlitten eine

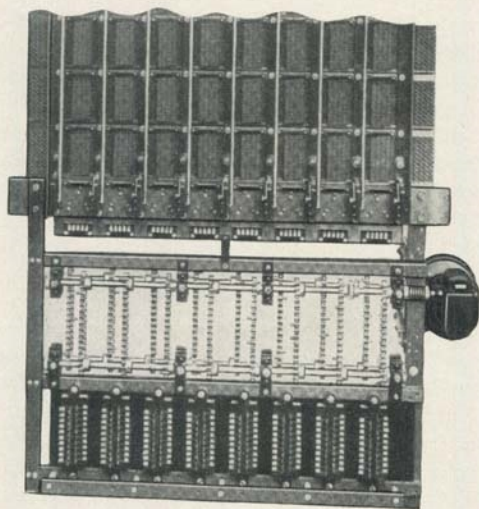


BILD 99  
Aufzugsvorrichtung des  
Fallwählerschlittens

endlose Rollenkette mit vier Stiften besitzt. Auf zwei untereinander angeordneten Wellen sind je Wählerschlitten paarweise Kettenzahnäder angebracht. Sobald ein Schlitten seine Tiefstage erreicht, wird ein Elektromotor eingeschaltet, der die Kettenräder bewegt. Die Drehrichtung der Kettenräder ist so gewählt, daß die Mitnehmerstifte der Ketten von unten nach oben laufen, um die Zahnstange des Schlittens zu erfassen und den Schlitten in die obere Ruhelage zu bringen. Der Elektromotor wird dann automatisch abgeschaltet.

## B.7. TN-SPRECHKAPSEL

Die äußere Form der Sprechkapsel zeigt Bild 100. Bild 101 läßt die Einzelteile der Kapsel in der Reihenfolge ihrer Anordnung erkennen. Der Metalldeckel 1 ist hinter den Schallöffnungen durch eine Schutzfolie 2 abgedichtet, die das Eindringen der Feuchtigkeit in das Kapselinnere verhindert und die Membran vor dem unmittelbaren Auftreffen der Atemluft des Sprechenden schützt. Die konusförmige Membran 5 aus Aluminium ist stabiler als die Kohlemembran in den älteren Ausführungen, so daß sie bei einem versehentlichen Herunterfallen des Handapparates nicht bricht. Den Raum zwischen Membran und rückseitigem Gehäuseteil 14 unterteilt eine Zwischenwand 7 in zwei Kammern. Die so entstehenden beiden Lufträume werden durch Öffnungen in der Zwischenwand und eine diese Öffnungen abdeckende Perlongaze 8 von genau bestimmtem Luftreibungswiderstand miteinander gekoppelt.

In der Kohlekammer, die im wesentlichen aus dem topfförmigen Isolierkörper 10, den beiden Kohleelektroden 6 und 11 und dem Kohlegrieß besteht, werden die von den Schallwellen des Sprechenden verursachten Schwingungen der Membran in entsprechende elektrische Schwingungen umgewandelt. Die schwingende Membranelektrode verändert den Kontaktwiderstand zwischen den Kohlegrießkörnern und steuert somit den Speisestrom. Im Ge-



BILD 100  
TN-Sprechkapsel

gensatz zu dynamischen, magnetischen und anderen Mikrophonausführungen, die nur eine Umwandlung der akustischen Leistung in elektrische Leistung bewirken, wird im Kohlemikrophon durch die auftreffenden Schallwellen ein zweiter Energieträger – nämlich der Speisestrom – gesteuert. Während



BILD 101  
Einzelteile der  
TN-Sprechkapsel

die elektrische Ausgangsleistung der erstgenannten Wandler praktisch stets kleiner ist als die zugeführte Schalleistung, ist die abgegebene elektrische Leistung des Kohlemikrophons vom Speisestrom abhängig und größer als die zugeführte Schalleistung. Aus diesem Grunde ist das Kohlemikrophon gleichzeitig Wandler und Verstärker.



## B.8. DYNAMISCHE HÖRKAPSEL

Hörkapseln dienen zur Umwandlung der über die Fernsprechanäle übertragenen Sprechwechselspannungen in Schallschwingungen (Bild 102). Die mit der Konusmembran mechanisch fest verbundene Schwingspule 2 taucht in einen ringförmigen Luftspalt eines starken Permanentmagneten 6 (Bild 103).



BILD 102  
Dynamische Hörkapsel

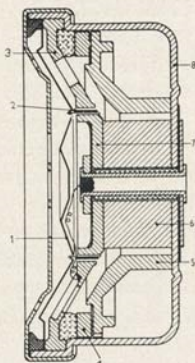


BILD 103  
Schnitt durch die dynamische Hörkapsel

Der konstruktive Aufbau der dynamischen Hörkapsel

- 1 Konusmembran
- 2 Schwingspule
- 3 Polplatte
- 4 Dämpfungsring
- 5 Dämpfungskörper
- 6 Permanentmagnet
- 7 Kerntopf
- 8 Gehäuse

Fließt durch die Spule ein elektrischer Strom, so bildet sich ein Magnetfeld aus, das mit dem permanenten Magnetfeld im Luftspalt in Wechselwirkung tritt, so daß je nach der Stromrichtung die Spule in den Spalt hineingezogen oder aus ihm herausgedrückt wird. Die fest mit der Spule verbundene Membran führt entsprechende Schwingungen aus und leitet sie an die umgebende Luft weiter. Das magnetische Feld im Luftspalt wird von einem Permanentmagneten 6 auf dem Weg über das Gehäuse 8, Polplatte 3 und Kerntopf 7 aufgebaut.

Um das individuelle Klangbild des Sprechenden zu erhalten, und damit auch die Verständlichkeit der Sprache zu verbessern, sind in der Hörkapsel Dämpfungsmaßnahmen notwendig, weil Membran 1 und Spule 2 gemeinsam mit dem Luftraum zwischen Membran und Gehäuserückwand eine Resonanz bei einer Frequenz von etwa 1000 Hz bilden. Der Dämpfungskörper 5 unterteilt den Luftraum in zwei gekoppelte Teilräume. Die Kopplung wird durch schlitzförmige Kanäle zwischen dem Dämpfungskörper 5 und dem Dämpfungsring 4 verursacht. Dadurch wird die Resonanzstelle bei 1000 Hz unterdrückt und der Frequenzgang im Bereich zwischen 300 und 3400 Hz linearisiert.

Der Ohmsche Widerstand der Schwingspulenwicklung der Hörkapsel beträgt  $250 \Omega$ . Dieser Wirkwiderstand ergibt zusammen mit dem Blindwiderstand der Spule einen Scheinwiderstand von etwa  $300 \Omega$ , der für die Schaltung des Fernsprechapparates erforderlich ist.

## B.9. TN-KURBELINDUKTOR

Die Anruforgane in den Telefonapparaten werden mit Wechselstrom 25 Hz betrieben. Bei Fernsprechern mit Ortsbatteriebetrieb und transportablen Vermittlungen (Farbbilder 27 und 28, Seiten 368 und 369) werden zur Wechselstromerzeugung handbediente Kurbelinduktoren verwendet. In Fernsprechanlagen mit Zentralbatterie verwendet man die Ruf- und Signalmaschine.

Der TN-Kurbelinduktor (Bild 104) ist ein handbedienter Wechselstromgenerator, der in seiner Wirkungsweise mit einem Fahrraddynamo vergleichbar ist. Er besteht aus einem hufeisenförmigen lamellierten Stator mit Polschuhen und einem als Doppel-T-Anker geformten Dauermagneten. Bei Drehung des Ankers ändert sich der Magnetfluß in den beiden Statorspulen,

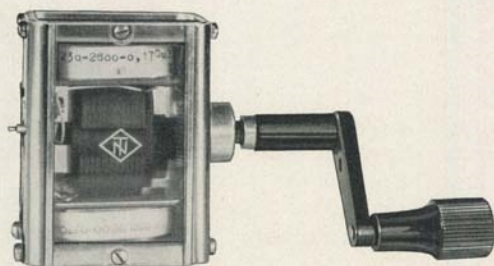


BILD 104  
TN-Kurbelinduktor

die auf den Polschuhen sitzen, nahezu sinusförmig. Dadurch wird eine Spannung von 60 bis 70 Volt induziert. Die Leistung beträgt etwa 5 Watt, die Frequenz 20 Hz bei 200 Kurbelumdrehungen pro Minute. Diese Bauweise hat den Vorteil, daß die sonst notwendigen Schleifringe und Federn für die Stromabnahme bei rotierendem Anker mit Spule wegfallen. Der Dauermagnetanker besteht aus einem Alnicomagneten und erhöht durch seine Qualität die Leistung des Kurbelinduktors gegenüber anderen Ausführungen um etwa 40%. Die beiden Befestigungsplatten für den lamellierten Stator mit den Polschuhen

und den Induktionsspulen bestehen aus Stahl und bilden damit gleichzeitig den Magnetkreis.

Das Zahnradgetriebe (Übersetzung 1:6) zum Antrieb des Induktors ist im Inneren des Gehäuses untergebracht, so daß der gesamte Induktor kleine Abmessungen besitzt ( $62 \times 53 \times 75$  mm).

Durch die kastenförmige Bauweise des Rufinduktors ist ein platzsparender Einbau in Fernsprechapparate mit Ortsbatteriebetrieb möglich. Bei tragbaren Fernsprechgeräten ist das geringe Gewicht von Vorteil. Die Antriebskurbel kann feststehend oder umlegbar sein.

Der Kurbelinduktor ist mit einem Wechselkontakt ausgestattet, der beim Drehen der Kurbel durch einen Nocken betätigt wird und dadurch den Induktor einadrig an die Rufleitung schaltet. Im Ruhezustand ist der Induktor über den Wechselkontakt kurzgeschlossen und damit von der Rufleitung abgeschaltet.

## B.10. RUF- UND SIGNALMASCHINE

Die Ruf- und Signalmaschine (RSM) (Bild 105) erzeugt die über den Stand des Verbindungsaufbaues orientierenden Töne und Zeichen sowie den Rufstrom. Die in den TN-Anlagen benutzte RSM ist ein Einankerumformer, der mit 24 bzw. 60 V Gleichstrom gespeist wird und 25 Hz Rufwechselstrom und

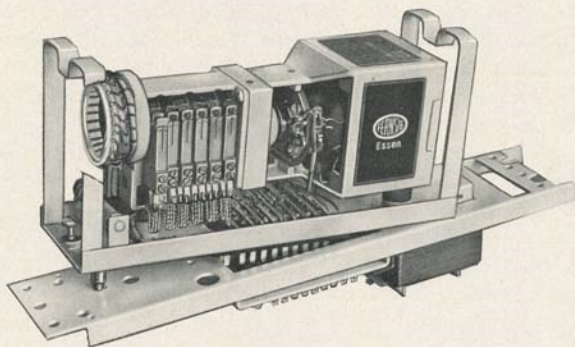


BILD 105  
Ruf- und  
Signalmaschine  
(Werkbild FERNSIG)

450 Hz für die Zeichen gemäß den von der Deutschen Bundespost in den Technischen Bedingungen für Nebenstellenanlagen gestellten Forderungen erzeugt. Die Frequenzen werden durch auf die gemeinsame Welle aufgesetzte



Nockenkontakte rhythmisch unterbrochen. Der Rufwechselstrom von 25 Hz wird zuvor noch durch einen zusätzlichen Transformator auf etwa 30 bis 60 V umgespannt. Im einzelnen sind Nockenkontakte für folgende Zeichen vorgesehen:

- WZ: Wählzeichen, 5mal 3 Nocken (5mal Morse-S), dieses Wählzeichen muß von dem der Wählämter der Bundespost abweichen,
- FZI: Freizeichen und Freiruf, 2mal 1 Nocke (1 Sekunde eingeschaltet, 4 Sekunden Pause),
- FZII: Ebenfalls Freizeichen und Freiruf, jedoch um 90° gegenüber FZI versetzt, um eine Überlastung der Maschine zu verhindern; die Verbindungssätze werden auf FZI und FZII verteilt und
- TZ-BZ: Ticker-Besetzzeichen, 16 Nocken (16mal Morse-E, Pause zwischen den Tönen nicht kürzer als 0,4 Sekunden).

Die RSM ist über Messerkontakte mit dem Signalrahmen, auf dem auch die für die Steuerung und Überwachung erforderlichen Relais untergebracht sind, verbunden und kann mit wenigen Handgriffen ausgewechselt werden.

## B.11. AKUSTISCHE SIGNALGEBER

Als Kennzeichen eines Anrufes oder einer Störung wird in der Fernmelde-technik ein akustisches Signal gegeben. Hierzu dienen Summer, Wecker oder Hupen. Die Signalgeber werden in Ausführungen für Innenräume und für Außenmontage gebaut. In Telefonapparaten sind Wechselstromwecker üblich, während für Störungsmeldungen in Telefonzentralen meist Gleichstromwecker Anwendung finden.

Ein Wechselstromwecker (Bild 106) besteht im wesentlichen aus einem Dauermagneten mit zwei als Polschuhe ausgebildeten Weicheisenkernen, die je eine Spule tragen. Beim Stromdurchgang wird ein magnetisches Feld erzeugt. Beide Spulen sind gegensinnig gewickelt, so daß ungleichnamige magnetische Pole entstehen. Den beiden Weicheisenkernen ist, durch einen Luftspalt getrennt, ein drehbarer Anker aus magnetischem Material vorgelagert. Der magnetische Kreis verläuft über die Weicheisenkerne und den beweglichen Anker. In der waagrechten Stellung befindet sich der Anker in einer labilen Gleichgewichtslage. Durch eine geringfügige Änderung des Magnetflusses verläßt er diese Lage und kippt nach der einen oder anderen Seite. Er besitzt zwei Trennstifte aus unmagnetischem Material, die eine unmittelbare Berührung mit den Weicheisenkernen und damit ein Kleben des Ankers verhindern. Die Kerne sind durch den Dauermagneten vorerregt, so daß je

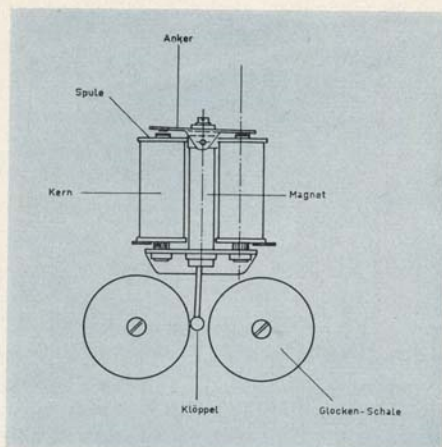


BILD 106

Aufbau des Wechselstromweckers

nach der Stromrichtung in den Weckerspulen eine Verstärkung oder Schwächung des Daueromagnetismus erzielt wird. Da die beiden entgegengesetzt gewickelten Spulen magnetisch in Reihe geschaltet sind, wird in dem einen Polschuh der Daueromagnetismus durch den Elektromagnetismus der stromführenden Spule verstärkt, in dem anderen Polschuh dagegen durch den entgegengesetzt gerichteten Elektromagnetfluß der zweiten Spule geschwächt. Die Summe aus Permanent- und Elektromagnetismus erzeugt ein Drehmoment an dem drehbaren Anker, der infolgedessen in Richtung des Polshuhes mit dem verstärkten Magnetfluß kippt. Im Drehpunkt ist ein Klöppel befestigt, der bei Drehung jeweils an eine der beiden Glockenschalen schlägt. Der Wechselstrom von 25 Hz, mit dem die Wecker betrieben werden, ändert nach 20 Millisekunden seine Richtung. Nach dieser Zeit werden die Vorgänge umgekehrt: Der Weicheisenkern, der vorher den geschwächten Magnetfluß führte, erhält nun den verstärkten Fluß durch die Richtungsänderung des Spulenstromes. Dadurch wird der bewegliche Anker des Weckers ruckartig in seine Gegenlage gedreht. Dabei schlägt der Klöppel an die zweite Weckerschale. Bei anhaltendem Wechselstrom wiederholt sich das Spiel fortlaufend. Durch den in einer Sekunde 25mal hin- und herschwingenden Klöppel werden die beiden Glockenschalen abwechselnd angeschlagen und erzeugen dabei Klanggeräusche. Die Wechselstromwecker gehören zu den gepolten Magnetsystemen, weil die Betätigung des Ankers jeweils von der Richtung des Spulenstromes abhängig ist.

Die schematische Darstellung des Wechselstromweckers neuer Ausführung ist aus Bild 107 ersichtlich. Der Magnet ist wesentlich kleiner (etwa  $0,5 \text{ cm}^3$ ).

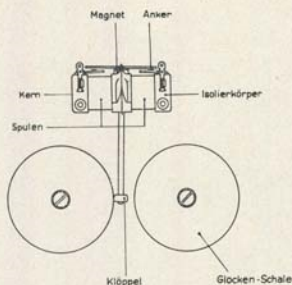


BILD 107  
Aufbau des Wechselstrom-  
weckers (neue Ausführung)

Nur ein Kern ist für beide Spulen erforderlich. Das Weckersystem, das wenig Platz benötigt, spricht nicht nur bei 25 Hz, sondern auch bei 50 Hz an.

Bild 108 zeigt einen auf einer Grundplatte des Fernsprechapparates, Modell E 2, montierten Wecker. Unter dem Weckersystem befindet sich eine drehbare



BILD 108  
Wechselstrom-  
wecker

z. T. sichtbare Formstoffscheibe mit treppenförmig angeordneten Erhöhungen. Je nach Stellung der Scheibe wird das Weckersystem mehr oder weniger stark gekippt, so daß die Höhenlage des Klöppels verändert und somit die Lautstärke des Weckers vom Fernsprechteilnehmer beliebig reduziert werden kann.



Beim Gleichstromwecker wird das Prinzip des Wagnerschen Hammers ausgenutzt (Bild 54). Er besteht aus einem zweiseitigen Elektromagneten mit zwei einander entgegengesetzt gewickelten Spulen. Der Elektromagnet besitzt einen beweglichen Federanker aus weichmagnetischem Werkstoff, der bei stromführenden Spulen durch das Feld angezogen wird. Dabei schlägt ein mit dem Anker verbundener Klöppel gegen eine Weckerschale. Der Anker öffnet den Ankerkontakt, der den Spulenstromkreis unterbricht. Damit ist auch die magnetische Anziehung des Ankers beendet, der infolge seiner Federeigenschaft wieder in seine Ruhelage zurückschnellt. In der Ruhelage wird der Spulenstromkreis durch den Ankerkontakt erneut geschlossen, so daß der Elektromagnet den Anker erneut anzieht. Dabei schlägt der Klöppel wieder an die Weckerschale. Diese Vorgänge wiederholen sich in schneller Folge, solange durch Betätigen einer Taste, eines Schalters oder eines Relaiskontaktes Spannung an die Weckerspulen gelegt wird. Die Vorspannung der Ankerfeder kann durch eine Stellschraube verändert werden. Dadurch ändert sich die Schwingungszahl des Ankers. Bei der Auftrennung des Spulenstromkreises durch den Ankerkontakt entsteht durch die Induktivität der Spulen eine Abschaltspannung (Induktionsspannung), die am Ankerkontakt Funken bildet. Die Funken können einen schädlichen Kontaktabbbrand erzeugen, der zu Störungen des Weckerbetriebes führen kann. Außerdem ist die Funkenbildung von der Aussendung hochfrequenter elektromagnetischer Schwingungen begleitet, die Störungen des Rundfunkempfanges hervorrufen können. Zur Vermeidung der Funkenbildung werden die Gleichstromwecker, ebenso Summer und Hupen, mit einer Funkenlöschung ausgestattet, die aus einer Reihenschaltung von Kondensator und Widerstand besteht. Diese Kombination, abgekürzt als RC-Glied bezeichnet, wird parallel zu dem Ankerkontakt geschaltet und nimmt beim Öffnen des Ankerkontaktes die Induktionsspannung auf.



BILD 109  
Gleichstromsummer

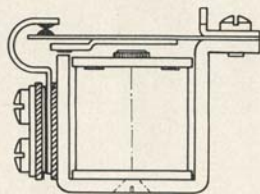


BILD 110  
Schema des Summers

Der Gleichstromsummer (Bild 109) und die Gleichstromhupe beruhen ebenfalls auf dem Prinzip der Selbstunterbrechung. Bild 110 zeigt das Schema eines Summers. Er besteht aus einem Elektromagneten mit Spule, dem eine fest eingespannte Stahlmembran zugeordnet ist. Führt die Spule Strom, so wird die Stahlmembran durch die magnetische Anziehung des Spulenkerns durchgebogen und öffnet dabei mit Hilfe des Membrankontaktes den Spulenstromkreis. Infolge der nun fehlenden magnetischen Anziehung schnell die ausgelenkte Stahlmembran zurück und schließt von neuem den Spulenstromkreis, der die Stahlmembran durch die wieder einsetzende magnetische Anziehung von neuem durchbiegt. Durch die sich schnell wiederholenden Schaltfolgen gerät die Stahlmembran in Schwingungen und erzeugt ein summendes Geräusch. Der Kontakt ist als Stellschraube ausgeführt. Durch Drehung der Schraube wird die Schwinghöhe der Membran geändert und die Höhe des Summtones geregelt. Das gleiche Prinzip wird bei der Hupe verwendet.

## B.12. OPTISCHE SIGNALGEBER

In der Fernmeldetechnik werden zur Signalanzeige Lampen (Bild 111) verwendet. Sie zeigen die verschiedenen Betriebszustände an, die beim Betrieb einer Fernmeldeanlage in der Zentrale, im Bedienungspult, in Vorzimmeranlagen usw. eintreten können. Da die hier verwendeten Glühlampen zum Teil in Leuchttasten eingebaut werden, besitzen sie kleinste geometrische Abmessungen mit entsprechend geformten Fassungen (Bild 111). Die Glühlampen besitzen einen Glühfaden aus Wolfram und werden für Spannungen von 6, 12, 24, 36, 48 und 60 V geliefert. Die elektrische Leistungsaufnahme einer Fernsprechlampe beträgt durchschnittlich 2 W. Die Fernspreckleinlampen werden oft zu 10teiligen Lampenstreifen zusammengefaßt, die



BILD 111  
Verschiedene Lampen  
zur Signalanzeige mit  
Halterung

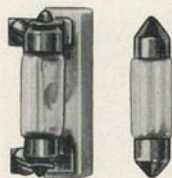


BILD 112  
Soffitenlampe mit  
Halterung



in den Bedienungsfeldern handbedienter Vermittlungseinrichtungen unmittelbar über die zugehörigen Klinkenstreifen angeordnet werden.

Zur Ausleuchtung größerer Signalfelder, z. B. bei Wortausleuchtung, werden röhrenförmige Soffittenlampen (Bild 112) mit größerer Leuchtstärke und Leistungsaufnahme verwendet.

Ein weiterer optischer Signalgeber findet in der Fernsprechtechnik in Form des Schauzeichens Anwendung, bei dem das Ausdrehen des Anzeigesterns einen Betriebszustand (Besetzt- oder Anrufzeichen) kennzeichnet. Das Schauzeichen (Bild 113) ist in einem Metallgehäuse untergebracht, das auf der



BILD 113  
Schauzeichen  
(Werkbild Friedr. Merk)

durchsichtigen Frontseite aus glashellem Cellon ein feststehendes dunkel-farbiges sternförmiges Kreuz trägt. Das Schauzeichen besitzt einen zwei-spuligen Elektromagneten, der bei Stromdurchgang einen auf einer Dreh-achse befestigten Anker in das elektromagnetische Krafffeld hineinzieht. Da-bei wird ein bewegliches weißes sternförmiges Kreuz so weit gedreht, daß es in den Ausschnitten des feststehenden Kreuzes sichtbar wird (positives Schau-zeichen) oder aus den Ausschnitten herausgedreht, so daß es unsichtbar wird (negatives Schauzeichen) und damit einen Betriebszustand kennzeichnet.

Wird der Strom für die Schauzeichenspule abgeschaltet, so holt eine Tor-sionsfeder das weiße Kreuz wieder in seine Ruhelage zurück.

### B.13. GEBÜHRENZÄHLER

In Fernsprechanlagen zählen Gebührenzähler die bei Amtsgesprächen anfal-lenden Gebühreneinheiten automatisch (Bild 114). Die Arbeitsweise entspricht im wesentlichen dem Arbeitsprinzip eines Relais. Der Gebührenzähler besteht ebenfalls aus einer Spule mit einem beweglichen Anker, der bei stromdurch-flossener Spule betätigt wird. Der Anker bringt eine Stoßklinke in Arbeitsstel-lung. Bei Rückkehr des Ankers in die Ruhelage nach Beendigung des Strom-flusses wird die Stoßklinke durch die Rückstellkraft einer Feder in die Aus-



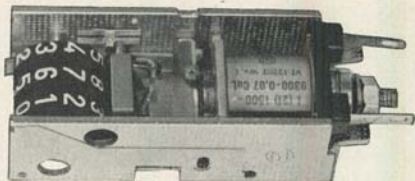
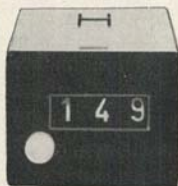


BILD 114  
Gebührenzähler  
(Werkbild Friedr. Merk)

gangslage zurückgeholt und dabei ein zahnradähnliches Triebrad um einen Schritt gedreht. Das Triebrad ist mit einer Zahlentrommel verbunden, die ebenfalls um einen kleinen Drehwinkel gedreht wird. Dabei erscheint im Fenster des Gebührenzählers die der Schrittstellung entsprechende Zahl. Die Zähler besitzen drei oder vier Zahlenscheiben (von 000 bis 999 oder von 0000 bis 9999).

Die Zähler können mechanisch mit einer Taste oder elektrisch durch Erregung eines Nullstellmagneten auf Null gestellt werden. Die einfachste Ausführung eines Zählers besitzt keine Nullstelleinrichtung. Nach Erreichen der höchsten Einstellziffer, zum Beispiel 999 oder 9999, folgt mit dem nächsten Zählimpuls die Nullstellung. Die Zähler vermögen bis zu 50 Impulsen pro Sekunde aufzunehmen und anzuzeigen. Die elektrische Leistungsaufnahme der Zähler beträgt etwa 0,05 bis 5 Watt.

## B.14. SICHERUNGEN

Fernsprechanlagen oder auch Teile davon werden durch eine Gerätesicherung mit Schmelzeinsatz als Hauptsicherung in der Minus-Batterie-zuleitung abgesichert. Die einzelnen Stromkreise einer Anlage werden durch Umkehrauslöser oder Rücklötsicherungen als Einzelsicherungen geschützt.

### B.14.1. Gerätesicherung

Die Gerätesicherung (G-Sicherung nach DIN 41687) besteht aus dem G-Sicherungssockel, der Schraubkappe, dem unverwechselbaren G-Schmelzeinsatz (Bild 115) und dem G-Ringpaßeinsatz. Sockel, Schmelzeinsatz und Paßeinsatz sind aus keramischem Isolierstoff. Die mittelträgen Schmelzeinsätze werden in sieben Nennstromwerten von 0,5 bis 10 A geliefert. Die Schmelzzeit beträgt je nach dem Vielfachen des Nennstromes  $I_n = 30 \text{ ms bis } \sim 1 \text{ h}$ . Die

Gerätesicherung wird in Fernmeldeanlagen als Hauptsicherung oder als Gestellrahmensicherung verwendet.

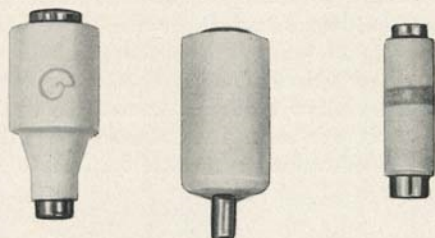


BILD 115  
Gerätesicherungen

Als Einzelsicherungen werden Umkehrauslöser verwendet (Bild 116). Umkehrauslöser brauchen nicht – wie Rücklötsicherungen (Bild 117) – rückgelötet zu werden. Der in diesen Auslösern vorhandene Schmelzeinsatz wird nach dem Auslösen umgekehrt wieder eingesetzt und dadurch wieder funktionsfähig. Der Schmelzeinsatz besteht aus dem Auslösestift, über den die Hohlspule, die vom abzusichernden Strom durchflossen wird, geschoben ist. Der Auslösestift ist durch ein leicht schmelzbares Metall (Woodmetall) mit der Spule verlötet. Erreicht der Spulenstrom den Auslösewert, so geht das Metall durch die Stromwärme in den flüssigen Zustand über, und der Auslösestift wird durch eine von außen angreifende Feder in den Auslöser hineingedrückt.

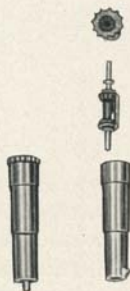


BILD 116  
Umkehrauslöser



BILD 117  
Rücklötsicherung

Die Umkehrauslöser werden außen am Gehäuse mit dem Nennstrom bezeichnet. Die Deckscheibe des Auslösers ist außerdem mit einer für jeden Sicherungswert speziellen Kennfarbe versehen. Eine Tabelle der Umkehr-

auslöser ist im Anhang des Buches zu finden (Tabelle 15). Der Nennstrom  $I_n$  eines Auslösers (Spalte 1) ist der Strom, den er bei einer Umgebungstemperatur von 40° C ständig ohne Auslösung vertragen muß.

Den Prüfstrom  $I_p$  (Spalte 2) muß der Auslöser für mindestens eine Stunde bei 20° C halten können. Beim Auslösestrom  $I_A$  (Spalte 3) löst der Auslöser nach der in der Spalte 4 angegebenen Zeit aus. Wird der Auslöser über den höchstzulässigen Überstrom (Spalte 8) belastet, so kann er zerstört werden.

Die Umkehrauslöser werden in Sicherungshalter eingesetzt. Mehrere Sicherungshalter werden zu Sicherungstreifen (Bild 118) zusammengefaßt. Der Sicherungshalter ist mit einem Sicherungskontakt versehen. Beim Anspren-

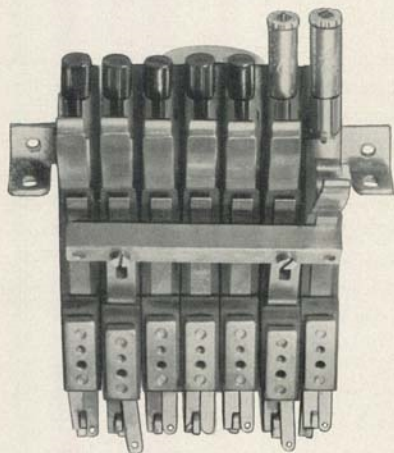


BILD 118  
Sicherungstreifen

chen des Auslösers wird der Auslösestift durch eine Feder des Halters in den Auslöser hineingedrückt. Die Feder springt zurück und betätigt den Sicherungskontakt (im Bild 118 der rechte Sicherungshalter), der die optischen und akustischen Signale in Tätigkeit setzt. Nicht bestückte Sicherungshalter werden mit einer sogenannten Blindsicherung ausgestattet, damit der Sicherungskontakt des betreffenden Halters nicht betätigt wird.

Der Bezeichnungstreifen des Sicherungstreifens wird mit einer der vorerwähnten Kennfarben entsprechend dem zugehörigen Auslöser versehen, so daß beim Auswechseln keine Verwechslungen vorkommen können.



## B.14.2. Fernmeldeschutzschalter

Neuerdings setzt sich der aus der Starkstromtechnik bekannte Sicherungsautomat auch in der Fernmeldetechnik als Fernmeldeschutzschalter durch (Bild 119). Er besitzt zwei Auslösearten für die Abschaltung eines Stromkreises: eine thermische Auslösung für eine anhaltende Überbelastung und eine magnetische Auslösung als Kurzschlußabschaltung des zu schützenden Stromkreises. Der Fernmeldeschutzschalter besitzt die Eigenschaften eines Relais, das sich selbst abschaltet und gleichzeitig mit Kontakten Stromkreise für eine entsprechende Alarmmeldung schließt. Der Automat wird durch Belätigen einer Kippfeder ausgelöst, die den zu sichernden Stromkreis schlagartig

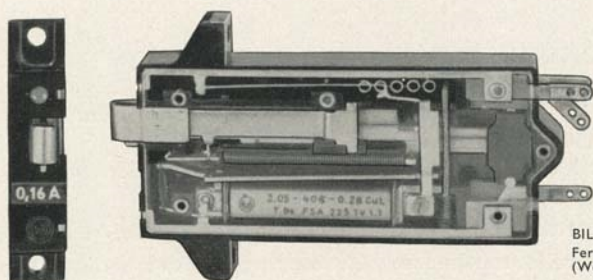


BILD 119  
Fernmeldeschutzschalter  
(Werkbild Widmaier)

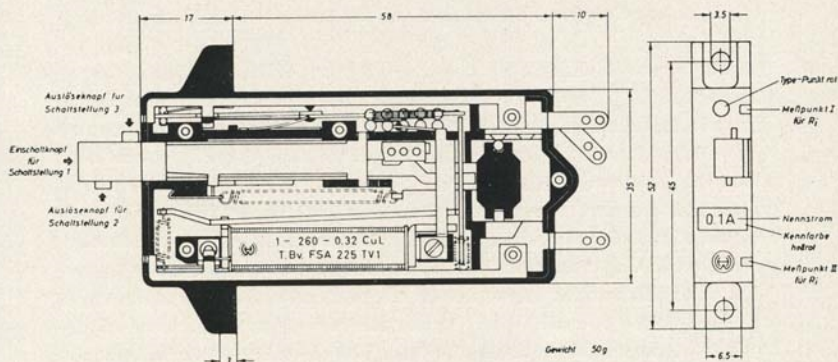


BILD 120 Aufbau des Fernmeldeschalters  
(Werkbild Widmaier)

unterbricht (Bild 120). Die Spule für die magnetische Auslösung sowie die Thermospule für die thermische Auslösung eines Schutzschalters müssen niederohmig sein, damit der Spannungsabfall für die abzusichernde Leitung gering bleibt. Außerdem sind die konstruktiven Abmessungen sehr klein gehalten, damit kein größerer Raum als bei den üblichen Umkehrauslösern gebraucht wird. Die Auslösung eines Fernmeldeschutzschalters wird durch die Stellung eines Handschalters gekennzeichnet, der in jedem Schutzschalter eingebaut ist. Nach der Auslösung und der Behebung der Störung wird er durch Betätigen des Handschalters wieder in Betriebsbereitschaft gesetzt, wobei gleichzeitig die optische Kennzeichnung des Sicherungsausfalls beendet wird.

## B.15. GLEICHRICHTER

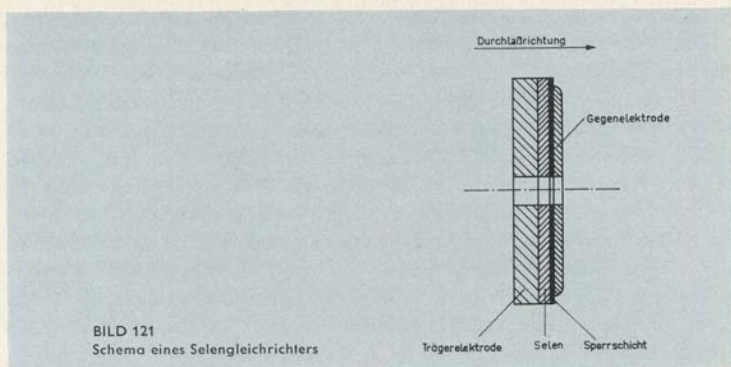
Der Gleichrichter ist ein Bauelement, das einen elektrischen Strom in einer Richtung fließen läßt und in der anderen Richtung sperrt.

In der Fernmeldetechnik werden Gleichrichter zu folgenden Zwecken verwendet:

- Gleichrichtung von Wechselspannungen in Netzspeisegeräten,
- Gegenzellen zur Spannungsherabsetzung von Batterien,
- Funkenlöschung,
- Knallschutz (Amplitudenbegrenzung) bei Fernhörern,
- Sperrventil in Gleichstromschaltungen sowie
- Kopplung und Entkopplung in elektronischen Schaltungen.

In der Fernmeldetechnik werden überwiegend Halbleitergleichrichter verwendet (Bild 121). Der Gleichrichter besteht im wesentlichen aus einer Träger-*elektrode*, auf die eine dünne Schicht eines Halbleitermaterials aufgedampft wird. Die andere Seite der Schicht wird durch eine Gegenelektrode abgeschlossen. Zwischen Selen-schicht und Gegenelektrode bildet sich eine Übergangszone, die man Sperrschicht nennt; sie setzt einem Strom in Richtung Elektrode-Selen-Gegenelektrode (Zelle) einen geringen Widerstand entgegen, in der Gegenrichtung ist er wesentlich höher.

Die Selengleichrichter setzen sich im allgemeinen aus mehreren Gleichrichterzellen (Platten oder Tabletten) zusammen, wobei eine Zelle etwa 15 bzw. 20 Volt Gleichspannung oder 20, 25 bzw. 30 Volt effektive Wechselspannung ohne Durchschlag sperren kann. Sollen höhere Spannungen gesperrt werden, so muß eine entsprechende Anzahl Gleichrichterzellen in Reihe geschal-



tet werden (Bild 122). Bei einer zu sperrenden Gleichspannung von 60 Volt sind vier Zellen mit je 15 Volt Sperrspannung notwendig. Die Strombelastbarkeit einer Selengleichrichterzelle wächst mit der Größe der wirksamen Gleichrichterfläche.

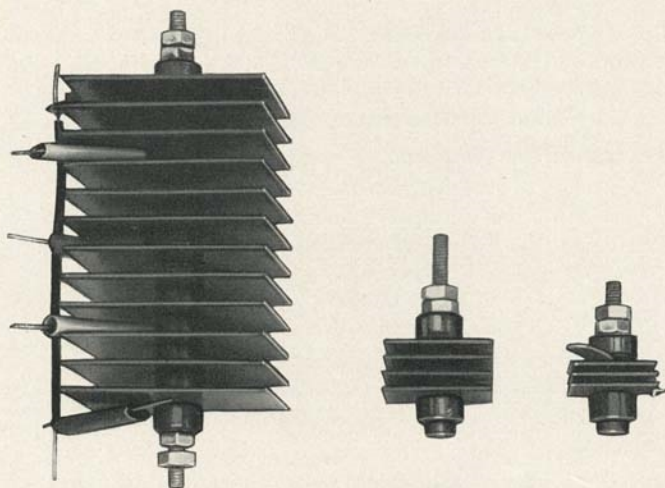


BILD 122  
Selengleichrichter in Säulenform  
(Werkbild AEG)



Neben Selengleichrichtern werden in zunehmendem Maße Germanium- und Siliziumdioden oder -zellen verwendet. Ihre Wirkungsweise ist prinzipiell die gleiche wie die der Selengleichrichter. An die Stelle der Selen-schicht tritt dann eine dünne Scheibe eines Einkristalls aus Germanium oder Silizium. Eine Siliziumzelle sperrt eine wesentlich höhere Spannung als eine Selengleichrichterzelle. In Durchlaßrichtung verträgt die Siliziumzelle eine viel höhere Strombelastung als eine Selenzelle der gleichen wirksamen Gleichrichterfläche. Siliziumgleichrichter empfehlen sich besonders für die Anwendung in Netzspeisegeräten. Dort können bei gleicher Leistung die Siliziumgleichrichter erheblich kleiner als die Selengleichrichter gehalten werden. Auch Germaniumdioden zeichnen sich durch günstige elektrische Werte und geringe räumliche Abmessungen aus und werden zu verschiedenen Zwecken herangezogen.

Die Gleichrichterzellen werden in verschiedenen Schaltungen verwendet, wobei in der Fernmeldetechnik die Einwegschaltung und die Graetzschaltung am häufigsten vorkommen (Bilder 34 und 37). Die Einwegschaltung dient meist zur Sperrung einer bestimmten Stromrichtung in Gleichstromkreisen. Die Graetzgleichrichtung wird in Netzspeisegeräten verwendet.

Die Gleichrichter kommen in verschiedenen Bauarten auf den Markt. Für die Fernmeldetechnik spielen die Selen-Flachgleichrichter eine wesentliche Rolle, Säulengleichrichter für größere elektrische Leistungen finden bei Netzspeisegeräten Anwendung.

Für die Gleichrichter sind DIN-Bezeichnungen festgelegt worden, aus denen die Schaltungsart der Gleichrichterzellen, die zulässige Sperrspannung und der zulässige Strom ersichtlich sind. Nach DIN 41 762 sind folgende Kennzeichnungen für Gleichrichtersätze festgelegt worden:

1. das Kurzzeichen der Schaltung:

- E Einwegschaltung
- M Mittelpunktschaltung
- V Verdopplerschaltung
- B Brückenschaltung
- S Sternschaltung
- DB Drehstrom-Brückenschaltung.

2. die zulässige Nennanschluß-Wechselspannung in Volt (eff.),

3. die zulässige Nenngleichspannung in Volt und

4. der Nenngleichstrom in Ampere (bei Kleingleichrichtern immer in Milliampere).

Bei Gleichrichtern, die für Kondensatorbelastung bestimmt sind, kann die Angabe der Nenngleichspannung durch den Buchstaben C ersetzt werden. In diesem Falle beziehen sich die Angaben für die Anschlußspannung und

den Gleichstrom ebenfalls auf die Belastung des Kondensators. Diese liegt z. B. vor, wenn bei Netzspeisegeräten zwischen die Gleichspannungsanschlüsse des Gleichrichtersatzes ein Kondensator oder eine Pufferbatterie geschaltet wird, um den pulsierenden Gleichstrom zu glätten.

Die Nenngleichspannung ist je nach Art der Schaltung verschieden. Für Widerstandsbelastungen von Gleichrichtern gilt der Prozentsatz bezogen auf die Nennanschlußspannung, und zwar

- bei E-Schaltungen 40%,
- bei M-Schaltungen 80%,
- bei B-Schaltungen 80%,
- bei DB-Schaltungen 120%.

Bei der V-Schaltung entfällt die Angabe des Prozentsatzes, weil sie ihrem Aufbau nach bereits Kapazitäten enthält.

Für Kondensatorbelastungen der Gleichrichter gilt folgendes: Die Gleichspannung erreicht bei allen Gleichrichter-Schaltungen den 1,1- bis 1,2fachen Wert der Nennanschluß-Wechselspannung.

Zwei Beispiele sollen die DIN-Gleichrichterbezeichnungen erläutern:

1. Beispiel E 60 C 130

- E Einwegschaltung,
- 60 zulässige Nennanschluß-Wechselspannung in Volt (eff.),
- C zulässige Nenngleichspannung bei Kondensator-Belastung  
(Batterie-Belastung): 1,1 bis 1,2 ergibt  
60 Volt (eff.) = 66 bis 72 Volt Gleichspannung,
- 130 130 Milliampere.

2. Beispiel B 30/24-1

- B Brückenschaltung,
- 30 zulässige Nennanschluß-Wechselspannung in Volt (eff.),
- 24 zulässige Nenngleichspannung in Volt bei Widerstandsbelastung. Bei Brückenschaltung 80% der Nennanschluß-Spannung:  
 $30 \cdot 0,8 = 24$  Volt,
- 1 1 Ampere Gleichstrom.

## B.16. KONDENSATOREN

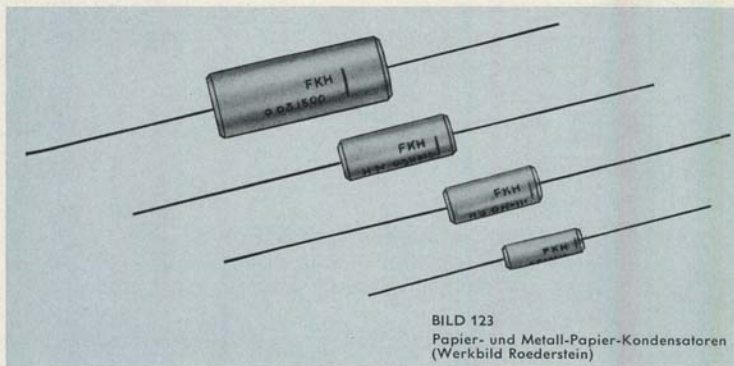
In der Fernmeldetechnik werden vorzugsweise zwei Kondensatorarten verwendet: Die Papier-Kondensatoren und die Elektrolytkondensatoren (Elko).



Bei Papierkondensatoren wird als Dielektrikum imprägniertes Papier verwendet, das beiderseits mit Metallfolien belegt wird (Bild 124 links). Eine Weiterentwicklung des Papierkondensators stellt der Metall-Papier-Kondensator (MP-Kondensator) dar.

MP-Kondensatoren werden für Kapazitäten, etwa von  $0,01 \mu\text{F}$  bis  $25 \mu\text{F}$ , verwendet. Sie bestehen aus imprägniertem Papier als isolierendes Dielektrikum. Auf das Papier wird einseitig oder beidseitig eine dünne Metallschicht aufgedampft, die den leitenden Belag des Kondensators darstellt. Die Metallschicht ist sehr dünn, und es ist dadurch möglich, in einem MP-Kondensator eine relativ größere Kapazität unterzubringen als in einem Papierkondensator gleichen Volumens. Die Schicht besitzt den weiteren Vorteil, bei einem elektrischen Durchschlag des Kondensators an der Stelle des Durchschlages sofort zu verdampfen und dabei den Stromfluß zu unterbrechen. Der MP-Kondensator regeneriert sich also selbst. Die dadurch bedingte Kapazitätsminderung ist praktisch zu vernachlässigen, so daß der MP-Kondensator voll betriebsfähig bleibt. Die Papierkondensatoren und die Metall-Papier-Kondensatoren werden in Form von Becherkondensatoren und als Wickel- oder Rollkondensatoren geliefert (Bild 123). Bei der letzten Art wird der Wickel oder die Rolle durch eine Kunstharzschicht gegen äußere Einflüsse geschützt.

Die Papier- und die MP-Kondensatoren werden nach DIN in drei Klassen eingeteilt, die sich durch den zulässigen Temperaturbereich und den Isola-



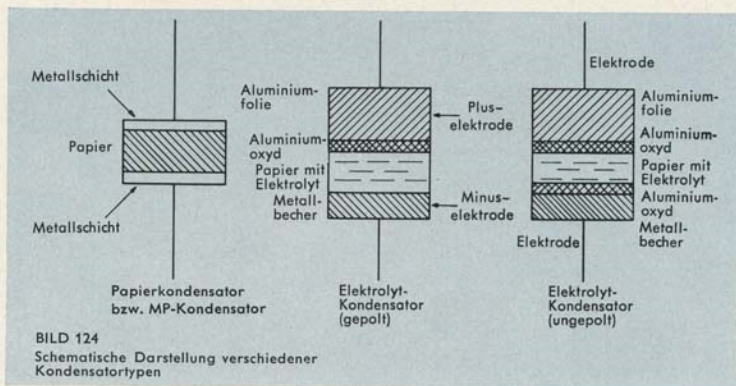
tionswiderstand des Dielektrikums unterscheiden. Die Klasse 1 ist für sehr hohe Anforderungen ausgelegt: der zulässige Temperaturbereich liegt zwischen  $-60^\circ$  und  $+70^\circ \text{C}$ , die zulässige relative Luftfeuchtigkeit beträgt  $100\%$ , Zeitkonstante 1000 Sekunden, schüttel- und höhensicher; die beiden anderen Klassen sind für geringere Anforderungen vorgesehen. Die Kapazi-



tätstoleranz beträgt bis  $0,1 \mu\text{F} \pm 20\%$  und über  $0,1 \mu\text{F} \pm 10\%$  der Nennkapazität.

Der Elektrolytkondensator (Bild 124 Mitte) unterscheidet sich von den Metall-Papier-Kondensatoren dadurch, daß ein Belag, die Minuselektrode, durch einen Elektrolyten gebildet wird; als Gegenelektrode dient eine Aluminiumfolie, die durch elektrische Prozesse formiert wird und dadurch eine äußerst dünne Aluminiumoxydschicht ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) bildet. Diese Schicht bildet das Dielektrikum des Kondensators. Der Elektrolytkondensator vermag durch die äußerst dünne Schicht und durch die Höhe der Dielektrizitätskonstante eine sehr hohe Kapazität auf relativ kleinem Raum unterzubringen. Der flüssige Elektrolyt ist durch filzartiges Papier aufgesaugt, wodurch der Elektrolytkondensator lagunenunabhängig wird. Der Elektrolyt besteht aus einer sauerstoffreichen chemischen Verbindung, wie zum Beispiel Natriumperborat, Borsäure oder Ammoniak. Zur Erhaltung der Aluminiumoxydschicht soll der Elektrolytkondensator dauernd an Gleichspannung liegen (Dauerformierung). Dabei ist auf eine richtige Polung des Elektrolytkondensators zu achten. Der mit Plus bezeichnete Anschluß ist mit Pluspotential, der Minusanschluß mit Minuspotential zu verbinden. Bei falscher Polung beginnt der Elektrolytkondensator sich so stark zu erwärmen, bis er zerstört ist.

Der Metallbelag muß chemisch rein sein, weil der Elektrolyt sonst Korrosionserscheinungen hervorruft, die ebenfalls zur Zerstörung des Kondensators



führen. Zur Eindickung des Elektrolyten wird ein besonderes Papier, meist chlorarmes Edzellstoffpapier, verwendet.

Bei den Elektrolytkondensatoren ist zwischen der Nenn- und Spitzenspannung zu unterscheiden. Die Nennspannung ist für den Dauerbetrieb von

Elektrolytkondensatoren bereits eine maximale Spannung, das heißt, wenn Gleichstrom von Wechselstrom überlagert ist, darf die maximale Scheitelspannung des überlagerten Wechselstromes nie größer werden als seine Nennspannung. Die Spitzenspannung eines Elektrolytkondensators darf nur kurzzeitig, etwa eine Minute, erreicht werden. Der Bereich zwischen Spitzenspannung und Nennspannung ist also für den Dauerbetrieb von Elektrolytkondensatoren nicht verwendbar.

Neben den gepolten Elektrolytkondensatoren gibt es auch ungepolte, sogenannte bipolare Elektrolytkondensatoren (Bild 124 rechts). Bei dieser Art besitzen beide Beläge eine isolierende Aluminiumoxydschicht mit dazwischenliegenden Elektrolyten. Ein bipolarer Elko entspricht demnach zwei in Reihe, jedoch mit gegenseitiger Polarität, geschalteten Kondensatoren. Nachteilig ist dabei die durch die Hintereinanderschaltung der Kondensatoren eintretende Kapazitätsverminderung.

Die Plus-Aluminiumfolie eines Elkos ist glatt oder aufgeraut. Durch die Aufrauung wird eine größere Oberfläche und damit eine Vergrößerung der Kapazität bei gleichem Volumen erzielt, jedoch weicht die Kapazität dabei stark vom Nennwert ab. Bei Schaltungen mit genau einzuhaltenden Kapazitätswerten ist stets ein Elektrolytkondensator mit glatter Anode vorzuziehen. Die Kapazitätsabweichung der Elektrolytkondensatoren ist im allgemeinen höher als die der Papierkondensatoren. Sie liegt je nach Klasse zwischen

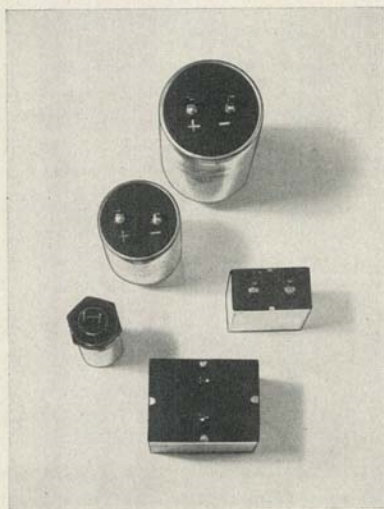


BILD 125  
Verschiedene Elektrolytkondensatorarten  
(Werkbild FRAKO)



plus 50 und 80% oder zwischen plus 50 und minus 30% des Sollwerts. Diese Abweichungen müssen bei Schaltungen berücksichtigt werden.

Bei der Abschaltung eines geladenen Elektrolytkondensators fließt die Anodenladung in Form einer Selbstentladung zur Minuselektrode. Dadurch bildet sich hier allmählich ebenfalls eine isolierende Aluminiumoxydschicht, wodurch seine Gesamtkapazität herabgesetzt wird; in der Fernmeldetechnik werden schallfeste Elektrolytkondensatoren verwendet, die den Kapazitätsabfall begrenzen.

Die Elektrolytkondensatoren werden für Größenordnungen von einigen bis 12000  $\mu\text{F}$  geliefert (Bild 125). Sie werden im allgemeinen als zylinder- oder kastenförmige Becher gebaut. Nach langer Lagerung sollen die Kondensatoren vor Inbetriebnahme formiert werden, weil es möglich ist, daß die isolierende Aluminiumoxydschicht im Laufe der Lagerungszeit so weit zurückgegangen ist, daß die Spannungsfestigkeit nicht mehr gewährleistet wird.

## B.17. TRANSFORMATOR UND ÜBERTRAGER

Im Kapitel „Physikalische Grundlagen“ unter A.6. wurde die physikalische Wirkungsweise des Transformators beschrieben. In der Fernmeldetechnik findet der Transformator (Bild 126) vornehmlich bei Netzspeisegeräten Anwendung. Er transformiert die Netzspannung von 380, 220 oder 125 V auf die Spannung herunter, die in der angeschlossenen Fernsprechanlage benötigt wird.

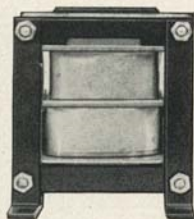


BILD 126  
Transformator

Die Transformatoren unterscheiden sich durch verschiedene Größen, die der Höhe der zu transformierenden Leistungen entsprechen. Sie bestehen im wesentlichen aus einem Eisenkern, der Primär- und Sekundärwicklung und dem die Wicklungen tragenden Spulenkörper. Der Eisenkern wird zur Vermeidung von Wirbelströmen aus Blechen geschichtet, die durch eine Isolierschicht aus Papier oder Lack voneinander isoliert sind.



Für die Anwendung bei Transformatoren werden die als Dynamobleche bezeichneten Eisenbleche in vier Sorten – I, II, III und IV – eingeteilt. Die Sorten unterscheiden sich durch ihren Siliziumgehalt:

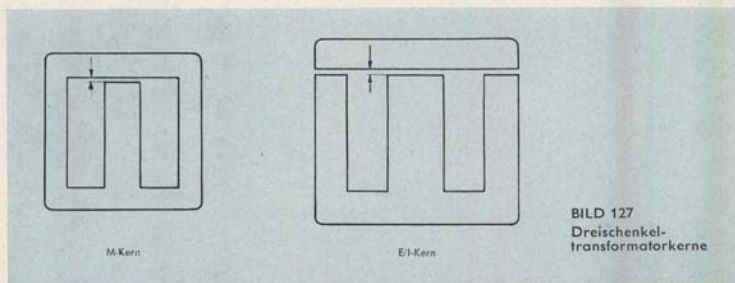
- I normales Dynamoblech,
- II schwach legiertes Dynamoblech,
- III mittelstark legiertes Dynamoblech und
- IV hoch legiertes Dynamoblech.

Je höher der Siliziumgehalt des Eisens ist, desto geringer werden die Ummagnetisierungsverluste des Transformators. Allerdings werden durch den Siliziumgehalt des Eisens die magnetischen Eigenschaften etwas verringert.

Die Dicken der Bleche betragen 0,35; 0,5; 0,75; 1,0 und 1,5 mm.

Bei Hochfrequenztransformatoren ist wegen der starken Ummagnetisierungsverluste bei Hochfrequenz eine Anwendung von Blechkernen nur bedingt möglich. Um die Wirbelstromverluste jedoch auf ein erträgliches Maß herabzusetzen, wird feines Eisenpulver (Carboneisen) – gemischt mit einem Bindemittel – als Kernmaterial verwendet. Eine andere Möglichkeit, die Wirbelströme zu verringern, ist die Anwendung eines massiven Kernes aus metallischem Material mit hohem spezifischem Widerstand. Dieses Material wird als Ferrit bezeichnet. Ferrite sind chemische Verbindungen oder Mischkristalle des Eisens mit Mangan, Nickel, Zink oder Magnesium.

In der Fernmeldetechnik unterscheidet man sogenannte Zweischenkeltransformatoren und Dreischenkeltransformatoren (Bild 127). Als weitere Kernart ist der Ringkern zu erwähnen. Er wird nur angewendet, wenn besondere



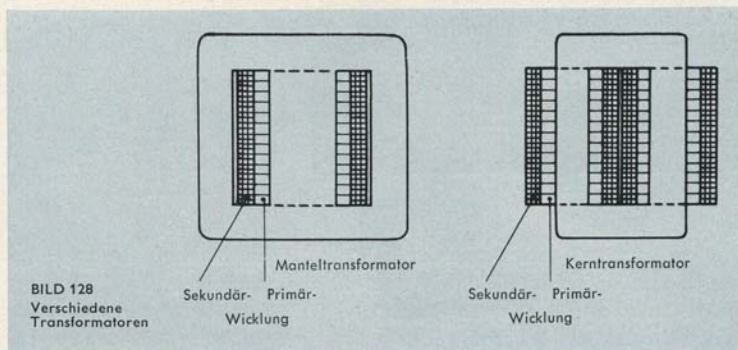
Forderungen an die Streuung gestellt werden. Die Zweischenkeltransformatoren besitzen einen M-Kern oder auch E/I-Kern. Beim M-Kern ist das Joch mit den beiden äußeren Schenkeln fest verbunden, während der mittlere

Schenkel durch einen schmalen Spalt vom Joch des Kernes getrennt ist. Dieser Spalt ist für das Aufsetzen der M-Kerne auf den Spulenkörper notwendig. Außerdem werden hierdurch Luftspalte verschiedener Größe wie 0,3; 0,5; 1 oder 2 mm gebildet. Wird ein Transformator mit M-Kernen ohne Luftspalt ausgeführt, dann werden die Bleche wechselseitig geschichtet.

Bei den E/I-Kernen ist das Joch ein selbständiger Teil, der auf den E-Teil aufgesetzt wird. Dies hat den Vorteil einer leichteren Schichtung bei der Aufbringung auf den Spulenkörper. Außerdem lassen sich die E/I-Kerne beim Stanzen fast ohne Materialverlust herstellen, da die Fenster des E-Kernes gleichzeitig die I-Teile bilden. Nachteilig bei den E/I-Kernen sind die beiden Stoßstellen zwischen Joch und Schenkel. Dadurch entsteht ein größerer magnetischer Streufluß als bei den M-Kernen.

Die Größe der M- sowie der E/I-Kerne ist ebenfalls genormt und wird von der zu transformierenden Leistung bestimmt. Die Leistung der M-Kerntransformatoren (Scheinleistung in VA) reicht von 4 VA bis ca. 200 VA. Bei den M- und E/I-Kernen liegen die Spulen um den mittleren Schenkel des Kernes, man spricht von einem Manteltransformator (Bild 128 links).

Die zwischenkligen Transformatoren besitzen U-, U/I- oder zwei L-förmige Kerne. Primär- und Sekundärspulen können auf einem oder zwei Schenkeln angeordnet werden. Im letzteren Fall spricht man vom Kerntransformator (Bild 128 rechts).



Die zulässige Stromdichte der Transformatorspulen liegt zwischen  $2 \text{ A/mm}^2$  und  $6 \text{ A/mm}^2$ . Diese Stromdichten müssen beachtet werden, weil sonst durch die Stromwärme eine zu hohe Temperatur entsteht, die zur Zerstörung der



Isolierschicht der Spulendrähte führen kann. Allgemein ist die zulässige Stromdichte bei kleineren Transformatoren größer, weil diese im Verhältnis zu ihrer Raumgröße eine größere Oberfläche für die Wärmeableitung bieten, als dies bei größeren Transformatoren der Fall ist.

In der Fernsprechtechnik spielt der Sprechübertrager (Induktionsspule) im Fernsprechapparat eine wichtige Rolle bei der Trennung von Gleich- und Wechselstrom (Bild 129). Das Mikrophon eines Handapparates wird mit Gleichstrom gespeist und durch die auftreffenden Schallwellen der Sprache moduliert. Dieser Sprechwechselstrom gelangt über die a/b-Leitung und den Übertrager zum anderen Teilnehmer induktiv in den Fernhörer. Wegen der Rückhördämpfung im Fernsprechapparat (siehe unter E.5.2.) besteht der Sprechübertrager aus drei galvanisch getrennten Wicklungen mit 33 Ohm, 35 Ohm und 95 Ohm Gleichstromwiderstand. Er besitzt einen lamellierten Eisenkern mit Luftspalt. Der Luftspalt ist deshalb notwendig, damit der durch den Übertrager fließende Mikrophongleichstrom die Induktionswirkung des Sprechwechselstromes auf den Fernhörer nicht mindert und die Verständlichkeit nicht herabsetzt. Da der Luftspalt einen erheblichen magnetischen Widerstand bedeutet, bleibt die Vormagnetisierung durch den Gleichstrom so gering, daß die gewünschte Induktionswirkung für den Sprechwechselstrom erhalten bleibt.

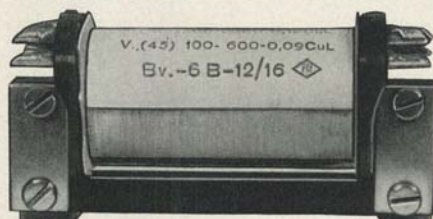


BILD 129  
Sprechübertrager des  
Fernsprechapparates

In der Fernmeldetechnik werden Induktionsspulen auch als Drosselspulen verwendet. Ihre hohe Induktivität eines meist geschlossenen Eisenkreises erzeugt einen hohen induktiven Widerstand für Wechselstrom. Dadurch können z. B. unerwünschte Sprechwechselströme „gedrosselt“ und von den Sprechadern ferngehalten werden. Derartige Drosseln werden meist in Netzspeisegeräten zur Glättung des oberwelligen Gleichstromes für die Sprechleitungen benötigt.

In der Fernmeldetechnik werden sogenannte Übertrager (Ü) häufig angewendet. Die Übertrager gleichen im Prinzip den Transformatoren, sie



unterscheiden sich jedoch wesentlich von diesen, weil die Aufgabe der Transformatoren die elektrische Leistungsübertragung ist. Übertrager dienen zur galvanischen Trennung von Stromkreisen und zur Widerstandsanpassung verschiedener Übertragungssysteme. Der Wirkungsgrad der Übertrager spielt im Gegensatz zu den Transformatoren eine untergeordnete Rolle, weil seine Hauptaufgabe in der frequenzgetreuen Übertragung liegt. Bei den Übertragern ist auf größte Symmetrie der Spulendaten zu achten. Diese wird durch besondere Wickelverfahren erreicht. Das Übersetzungsverhältnis beträgt meist 1:1, manchmal auch 1:2 bis 1:4. Übertrager werden als Abschluß einer Fernleitung eingesetzt, wobei eventuelle Fremdspannungen von den Amtseinrichtungen oder Zentralen ferngehalten werden. Außerdem erzielt der Übertrager die schon angedeutete Anpassung von Übertragungseinrichtungen mit verschiedenen Scheinwiderständen. Der Übertrager wird ferner bei Viererkreisen zur mehrfachen Ausnutzung von Fernspreitleitungen (Phantomleitungen) benötigt, wobei die Primär- und Sekundärspulen als Abzweigspulen verwendet werden.

## **B.18. WIDERSTÄNDE**

In der Fernmeldetechnik werden Widerstände mit festem Widerstandswert, sogenannte Festwiderstände und regelbare Widerstände mit veränderbaren Widerstandswerten verwendet.

Das Material der Widerstände soll dabei einen möglichst hohen spezifischen Widerstand bei möglichst kleinem Temperaturbeiwert besitzen. Dieser gibt an, wie sich der Widerstandswert bei Erwärmung um 1° C verändert. Der Widerstandswert des Widerstandswerkstoffes nimmt bei Erwärmung im Gegensatz zu den üblichen Leiterwerkstoffen nur wenig zu (siehe Tafel III, letzte Spalte).

Nach der Ausführung der Widerstände unterscheidet man Drahtwiderstände und Schichtwiderstände. Drahtwiderstände verwendet man bei mittleren Widerstandswerten bis etwa 10000 Ohm und relativ hoher Belastung. Bei sehr hohen Widerständen oder bei Widerständen mit kleiner Belastung nimmt man Schichtwiderstände.

### **B.18.1. Drahtwiderstände**

Bei Drahtwiderständen ist der Widerstandsdraht auf einen wärmebeständigen Körper isoliert aufgebracht. Der Isolierkörper besteht meist aus einem

Porzellanstab oder einem Porzellanrohr (Bild 130). Als Anschlußmöglichkeiten werden Drähte, Lötflanschen oder Schellen vorgesehen. Die Widerstandsdrähte sind meist aus Chromnickel oder Konstantan hergestellt. Manganin wird nur für Präzisionswiderstände zu Meßzwecken genommen. Die Widerstandsdrähte sind im allgemeinen einlagig gewickelt und durch eine Lackschicht isoliert, die Temperaturen bis etwa 150° C ohne Schaden aushalten kann.

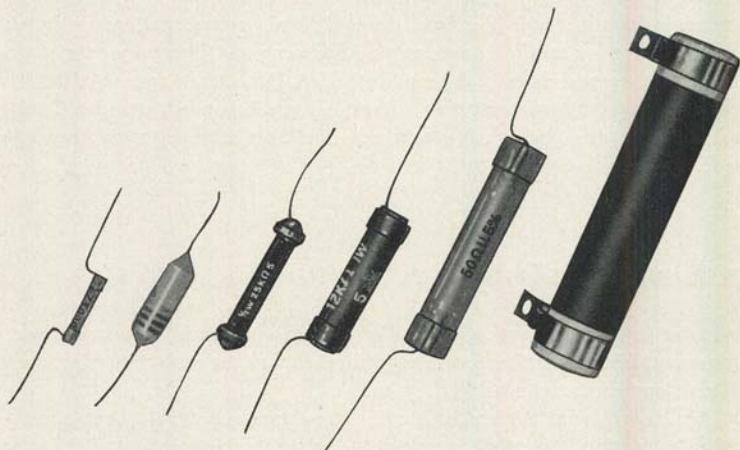


BILD 130  
Drahtwiderstände mit festem  
Widerstandswert

Nach DIN 41410 sind für die Drahtwiderstände zwei Güteklassen festgelegt worden: Klasse 0,5 und Klasse 2, wobei die Zahlen die zulässige Widerstandsänderung in Prozent vom Istwert bei Lagerung unbelastet (5000 Stunden bei 20° C) und belastet mit Nennlast (5000 Stunden bei 20° C) angeben. Von der zulässigen Widerstandsänderung bei Lagerung und Belastung ist die Auslieferungstoleranz zu unterscheiden. Die von der Herstellerfirma gelieferten Widerstände besitzen Abweichungen vom Sollwert. Zulässig sind:

Widerstandsklasse 2:  $\pm 10\%$ ,

Widerstandsklasse 0,5:  $\pm 5\%$ .

Für besonders hohe Anforderungen werden Widerstände mit eingengerter Auslieferungstoleranz geliefert:

Widerstandsklasse 2:  $\pm 5\%$ ,

Widerstandsklasse 0,5:  $\pm 2\%$  und  $\pm 1\%$ .

Die Widerstände mit eingengernten Toleranzen werden in der Regel in der Fernmeldetechnik nicht angewendet, ihr Anwendungsgebiet beschränkt sich auf die Meßtechnik.

Drahtwiderstände sind in gewissen Grenzen überlastbar, und zwar bei

60 Sekunden mit zweifacher Nennlast,

20 Sekunden mit vierfacher Nennlast,

10 Sekunden mit achtfacher Nennlast.

Drahtwiderstände für die Nachrichtentechnik werden von 0,5 bis 50 Watt Nennlast geliefert.

### B.18.2. Schichtwiderstände

Bei Schichtwiderständen (Bild 131) wird meist auf einen zylindrischen Porzellanträger reiner Kohlenstoff, der durch Zerlegung eines Kohlenwasserstoffs bei hohen Temperaturen im Vakuum gewonnen wird, in einer sehr dünnen Schicht von etwa  $1/1000$  mm aufgetragen. Derartige Widerstände wer-

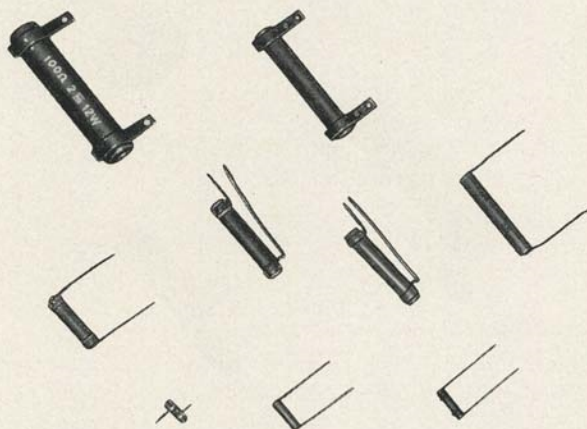


BILD 131  
Schichtwiderstände



den auch Karbowide genannt. Dabei werden hohe Widerstandswerte erzielt. Bei Höchstohmwiderständen wird die Kohleschicht als Band schraubenförmig auf den Porzellankörper aufgetragen. Als Anschlüsse für Schichtwiderstände werden wie bei den Drahtwiderständen Kappen mit angeschweißten Drähten, Lötflächen oder Schellen vorgesehen.

Schichtwiderstände sind nach DIN 41400 in vier Güteklassen 0,5; 2; 5 und 7 eingeteilt. Genau wie bei den Drahtwiderständen bezeichnen die Güteklassen die zulässigen Widerstandsänderungen in Prozent bei 5000stündiger Lagerung und bei Belastung mit Nennlast. Bei Schichtwiderständen ist ebenfalls die Auslieferungstoleranz zu beachten, die bei der Güteklasse 2  $\pm 5\%$ , bei Klasse 5  $\pm 10\%$  beträgt. Außerdem gibt es auch bei Schichtwiderständen eingengegte Auslieferungstoleranzen. Die Belastbarkeit eines Schichtwiderstandes hängt von der Wärmeabgabe des Schichtwiderstandes und von der Umgebungstemperatur ab. Nachrichtentechnische Schichtwiderstände werden mit Werten von 0,05 bis 20 Watt geliefert.

### B.18.3. Regelbare Widerstände

Regelbare Widerstände besitzen einen Widerstandsbereich, in dem durch manuelle Betätigung ein bestimmter Widerstandswert einstellbar ist (Bild 132). Die Veränderung des Widerstandswertes kann durch eine verschiebbare

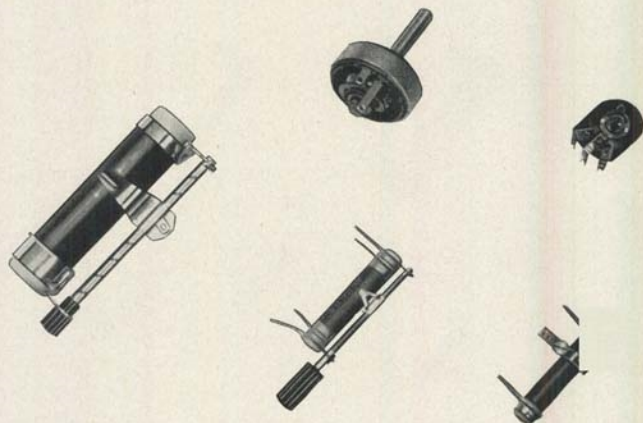


BILD 132  
Regelbare Widerstände

Zwischenschelle oder mit einer Drehspindel bzw. einem Drehgriff erreicht werden. Die Regelwiderstände sind ähnlich aufgebaut wie die Festwiderstände mit Porzellanstab oder Porzellanrohr, auf dem der Widerstandsdraht oder das Widerstandsmaterial aufgebracht ist. Ein verschiebbarer Stromabnehmer wird auf einer von der Isolierschicht befreiten Bahn des Widerstandsmaterials verschoben. Wenn die Einbaulage beengt ist, wird das Ende der Spindel mit einem Schlitz versehen, so daß der Widerstandswert mit einem Schraubenzieher eingestellt werden kann. Bei den Drehwiderständen ist das Widerstandsmaterial ringförmig auf einer kreisrunden Isolierplatte aufgetragen. Ein drehbarer Schleifarm greift den gewünschten Widerstandswert ab. Als Widerstandsmaterial für veränderbare Widerstände werden wie bei den Festwiderständen Widerstandsdrähte oder Kohleschichten benutzt.

#### **B.18.4. Selbsttätige Regelwiderstände**

Selbsttätige Regelwiderstände sind solche, die nicht mit Hilfe mechanischer oder elektromechanischer Vorrichtungen, sondern durch Einflüsse wie Erwärmung, Spannung, Schall oder Licht ihren Widerstandswert verändern. Ein durch Licht bestrahlter Halbleiter, der zwischen zwei Metallplatten gelagert ist, verringert seinen Widerstand, so daß der durch den Halbleiter fließende Strom größer wird. Dieser Widerstand wird als Fotowiderstand bezeichnet und darf nicht mit einem Fotoelement oder einer Fotozelle verwechselt werden.

Ein durch Schall veränderbarer Widerstand ist ein Mikrophon, es wurde im Abschnitt B.7. beschrieben.

Die durch die Erhöhung einer anliegenden Spannung bedingte Verringerung eines Widerstandswertes wird bei den sogenannten Varistoren (Variable resistor = veränderlicher Widerstand) zur Funkenlöschung an Relais- oder Wählerkontakten ausgenutzt. Der Varistor ist ein spannungsabhängiger Widerstand, bei dem als Werkstoff Siliziumkarbid benutzt wird. Der Varistor wird in der Fernmeldetechnik auch zur Spannungstabilisierung oder zum Schutz empfindlicher Relais vor Überspannung verwendet. Den Varistor bezeichnet man auch als VDR-Widerstand (englisch: Voltage Dependent Resistor).

Die Widerstände, die durch eine Temperaturänderung des Widerstandsmaterials ihren Widerstandswert verändern, sind als Heiß- oder Kaltleiter bekannt. Um den hohen Stromstoß bei der Einschaltung von Lampenkreisen zu vermeiden, der durch geringen Widerstand der Lampen im kalten Zustand begründet ist (etwa  $\frac{1}{10}$  des Nennwertes), werden Heißleiter (Bild 133) zusätzlich eingeschaltet. Sie haben beim Einschalten einen hohen Widerstand,



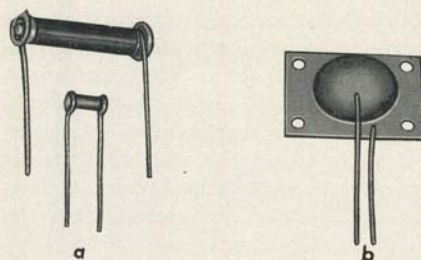


BILD 133  
Heißleiter

der infolge des hohen negativen Temperaturbeiwertes durch die Erwärmung des fließenden Stromes sich stetig vermindert und bei einer bestimmten Stromstärke seinen geringsten Wert erreicht. Das Material der Heißleiter bilden Halbleiter wie Magnesiumoxyd, Magnesiumnickeloxyd, Titanoxyd, Kupferoxyd, Kobaltoxyd usw. Früher galten als Heißleiter ausschließlich Urdoxwiderstände (Urdoxwiderstände). Die Heißleiter können auch zur Anzugsverzögerung von Relais eingesetzt werden, weil erst nach einigen Sekunden der hohe Kaltwiderstand eines Heißleiters sich so weit vermindert, daß der Strom für eine Relaisbetätigung entsprechend hoch geworden ist.

Im Gegensatz zu den Heißleitern stehen die Kaltleiter, die im kalten Zustand niederohmig sind und bei Erwärmung durch einen fließenden Strom ihren Widerstand so erhöhen, daß trotz steigender Spannung in einem gewissen Bereich der Strom durch den ansteigenden Widerstand gleich bleibt. Kaltleiter sind Eisenwasserstoffwiderstände (Bild 134). Bei diesen Widerständen befindet sich ein dünner Eisendraht in einem mit Wasserstoff gefüllten



BILD 134  
Kaltleiter

Glaskolben. Durch das Gas wird die Oxydation des Eisendrahtes verhindert. Gleichzeitig übernimmt der Wasserstoff die Wärmeableitung. Der Regelbereich wird durch zwei Spannungswerte angegeben. Außerdem wird die Stromstärke genannt, die der Eisenwasserstoffwiderstand konstant hält. Der Eisen-



wasserstoffwiderstand ist ein selbstregelnder, spannungsabhängiger Widerstand, während die Heißeiter als selbstregelnde, stromabhängige Widerstände bezeichnet werden. Das Gebiet der selbstregelnden Widerstände aus Halbleitermaterial ist verhältnismäßig neu und in der Entwicklung noch nicht abgeschlossen, so daß weitere Verbesserungen zu erwarten sind.

## **B.19. MANUELLE BEDIENUNGSELEMENTE**

Telefonanlagen werden mit handbetätigten Schaltern, Tasten oder Klinken bedient. Diese Bauteile besitzen Kontaktfedern, die durch Handbetätigung geschaltet werden. Außer Arbeits-, Ruhe- und Umschaltkontakten sind auch andere Kontaktkombinationen wie beim Relais 46 möglich.

Tasten und Schalter werden je nach Forderung mit sperrenden oder nicht-sperrenden Kontakten ausgerüstet. Bei Tasten und Schaltern mit nicht-sperrenden Kontakten sind die Kontakte nur während der Dauer des Tastendruckes betätigt, während bei sperrenden Tasten und Schaltern die Kontakte auch nach Beendigung der Bedienung betätigt bleiben.

Die Schalter werden von Hand in die betätigte Lage gebracht und bleiben so lange in dieser Lage, bis sie durch eine erneute Betätigung ausgelöst werden und in ihre Ruhelage zurückkehren.

### **B.19.1. Leuchttasten**

Um den betätigten Zustand der Schalter optisch zu kennzeichnen, werden außer den aus mechanischen Gründen erkennbaren Schalterstellungen auch Leuchttasten verwendet (Bild 135), deren Bedienungsteil aus durchsichtigem Werkstoff besteht. Bei der Betätigung leuchtet eine im Innern des Bedienungsteils untergebrachte Lampe auf, die erst bei Rückkehr des Schalters oder der Taste in die Ruhelage nach erneuter Betätigung erlischt. Außer den Leuchttasten mit rechteckigem Bedienungsteil (Kappe) werden auch solche mit quadratischer Kappe – etwa in der Größe  $12 \times 12$  mm – verwendet.

### **B.19.2. Schalter**

Kelloggschalter, auch als Schlüssel bezeichnet, sind Schalter mit zwei oder drei verschiedenen möglichen Schaltstellungen des Bedienungshebels (Bild 136). Kelloggschalter können mit einer größeren Anzahl von Kontaktfedern bestückt werden. Die Kontaktfedern werden zu Kontaktsätzen zusammengefaßt und sind auf dem Joch des Schalters befestigt. Die Frontplatte des Schalters

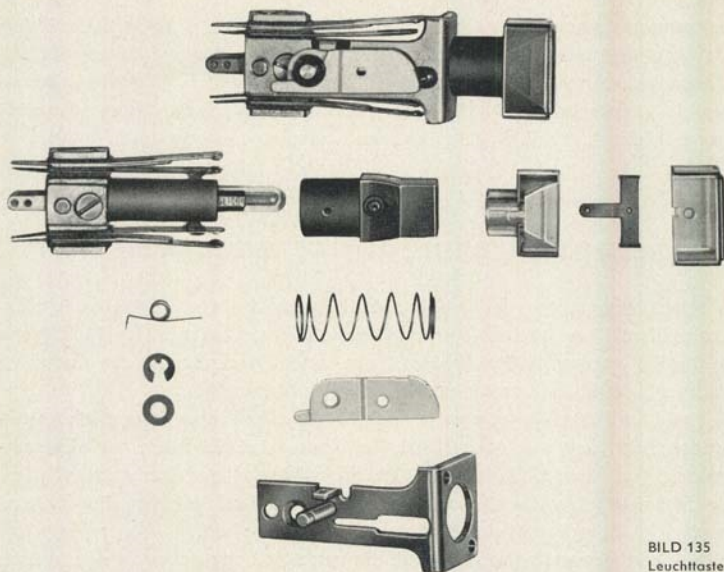


BILD 135  
Leuchttaste

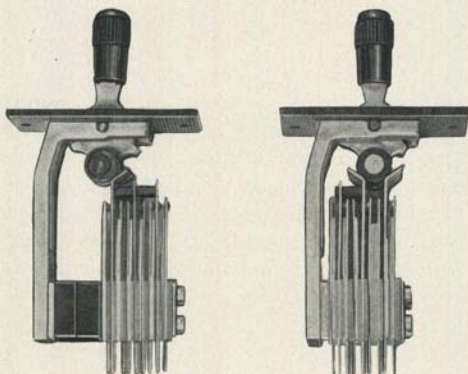


BILD 136  
Kelloggschalter

trägt die Beschriftung für die Schaltbetätigung. Die Ruhelage des Kelloggschalters ist durch die senkrechte Stellung des Bedienungshebels zur Frontplatte gekennzeichnet. Um den Schalter in eine der beiden Arbeitslagen zu bringen, wird der Bedienungshebel um etwa  $30^\circ$  nach vorn oder nach hinten

gelegt. Je nach Konstruktion des Schalters können seine Arbeitsstellungen federnd oder einrastend ausgeführt werden. Der im Bild 136 links dargestellte Schalter besitzt im Gegensatz zum rechten nur eine Arbeitsstellung, die durch Umlegen des Hebels nach links erreicht wird.

Eine weitere Schalterart sind die Drehschalter (Bild 137), ebenfalls mit zwei oder drei verschiedenen Schalterstellungen. Der Drehschalter kann für jede Schaltstellung mit einer Anzahl von Kontakten bestückt werden. Der Griff ist rhombenförmig. Zur Kennzeichnung der Ruhestellung ist der Griff mit einem weißen Strich versehen.

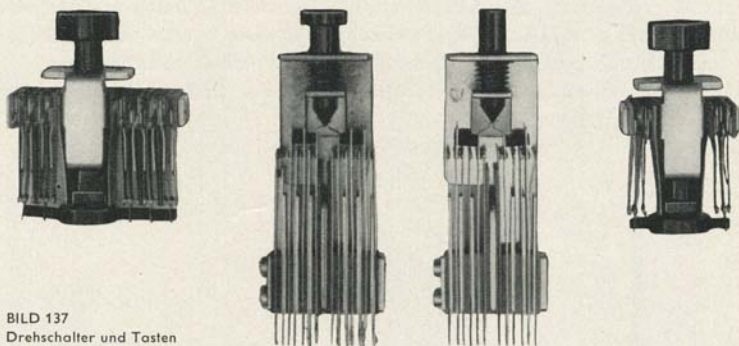


BILD 137  
Drehschalter und Tasten

Die Tasten können auch auf einem gemeinsamen Tastenstreifen befestigt werden. Für besondere Zwecke ist der Tastenstreifen so konstruiert, daß nach Drücken einer weiteren Taste die erste automatisch in ihre Ruhestellung zurückspringt; man bezeichnet sie als Tasten mit gegenseitiger Auslösung.

Bei Nebenstellenanlagen werden die ankommenden Amtsleitungen auf einen Wechselschalter (Bild 138) (bekannt als Va-Schalter) geführt. Bei Betäti-



BILD 138  
Wechselschalter (Va-Schalter)



gung des Schalters werden die Amtsleitungen zur Prüfung auf eine Meßeinrichtung, den Postprüfapparat, geschaltet. Dieser mehrpolige Schalter wird in ein dosenförmiges Schutzgehäuse eingebaut und ist durch einen Hebel umschaltbar.

### B.19.3. Stöpsel und Klinken

Bei handbedienten Vermittlungseinrichtungen wird die Sprechverbindung zwischen rufendem und gerufenem Teilnehmer mit einer meist vieradrigen Verbindungsschnur (Bild 139) hergestellt, die an ihren beiden Enden mit Stöpseln versehen ist. Diese besitzen an ihrem freien Ende leitende, gegeneinander isolierte Metallhülsen, die beim Einführen in eine entsprechende Klinke Stromkreise über die Klinkenhülse und Kontaktfedern schließen. Außerdem werden beim Einführen des Stöpsels zusätzliche Kontakte an der Klinke betätigt.

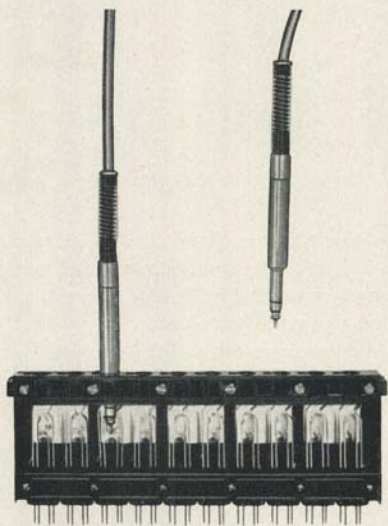


BILD 139  
Stöpsel mit Verbindungsschnur  
und Klinkenstreifen

Die Klinkenkontakte sind mit Arbeits-, Ruhe- oder Umschaltkontakten bestückt, die bei Betätigung Schaltvorgänge auslösen. Erst beim Herausnehmen des Stöpsels kehren die Klinkenkontakte in die Ruhelage zurück. Meist werden die Klinken zu 10teiligen Klinkenstreifen zusammengefaßt.