

**Zeitschrift:** Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

**Herausgeber:** Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

**Band:** 37 (1964)

**Heft:** 9: Sondernummer zur GEU/EXGE 64 Gesamtschweizerische Uebung

**Artikel:** Vom Elektron zur Elektronik [Fortsetzung]

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-563204>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.01.2026

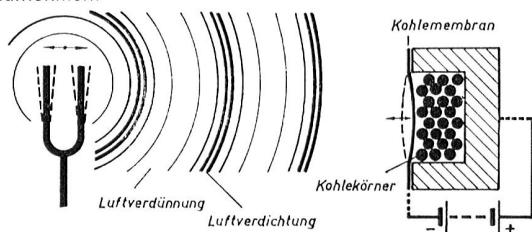
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Funk und Draht

Zeitung zum «Pionier» zur  
technischen Ausbildung  
der Übermittelungstrupps

## Schall, Mikrophon, Hörer, Lautsprecher

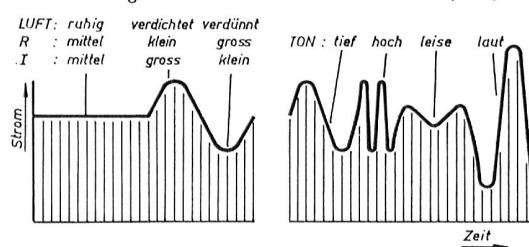
Eine zum Schwingen angeregte Stimmgabel verdichtet und verdünt die umgebende Luft (12.1). Diese Luftverdichtungen und -verdünnungen bezeichnet man als Schallwellen; sie pflanzen sich mit einer Geschwindigkeit von rund 330 m je Sekunde fort. Die Tonhöhe hängt von der Schwingungsweite (Amplitude) der Schallwellen ab. Der menschliche Hörbereich umfasst ein Gebiet von rund 16...16 000 Schwingungen je Sekunde; unser Ohr kann Schalldruckunterschiede im Verhältnis von rund 1 : 3 000 000 (zwischen wahrnehmbar und schmerhaft laut) aufnehmen!



12.1 Schallwellen

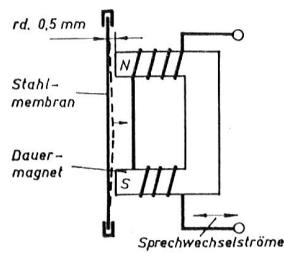
12.2 Kohlemikrophon

Das Mikrophon verwandelt Schallwellen in elektrische Signale. In der Telefonie verwendet man meistens das billige Kohlemikrophon (12.2). Eine dünne Kohlescheibe = Membran schwingt im Takt der auftreffenden Schallwellen hin und her und drückt die Kohlekörper mehr oder weniger zusammen. Dadurch ändert sich der Kontaktwiderstand zwischen den Körnern und folglich auch der Strom, der durch das Mikrophon fließt. Die Kurvenform dieses Mikrophonstromes ist im Idealfall ein getreues Abbild der Schallwellen (12.3).

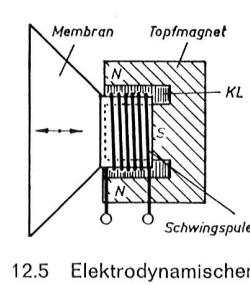


12.3 Mikrophonströme

Der Hörer verwandelt die elektrischen Signale wieder in hörbare Schallwellen: Die Hörerspule entwickelt ein vom Sprechwechselstrom abhängiges Magnetfeld und zieht dementsprechend die Eisenmembran an (12.4). Der Dauermagnet hindert, dass die Membran bei einer Stromperiode zweimal auf-



12.4 Hörer



12.5 Elektrodynamischer Lautsprecher

## Vom Elektron zur Elektronik

die gleiche Seite angezogen wird und damit die doppelte Schwingungszahl ausführt.

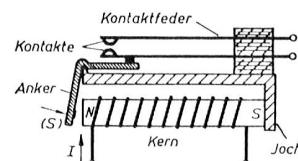
Als Lautsprecher werden heute meistens elektrodynamische Typen verwendet (12.5). Im Feld eines topfförmigen Dauermagneten befindet sich eine mit dem Membranrichter fest verbundene Schwingspule. Die von den Sprechwechselströmen durchflossene Spule erzeugt ihrerseits ein Magnetfeld, dessen Stärke von der Stromstärke abhängt. Dadurch wird die Schwingspule mehr oder weniger in den Luftspalt hineingezogen und die Membran mitbewegt.

Ein Lautsprecher kann auch als Mikrophon gebraucht werden. Die Schallwellen versetzen über die Membran die Schwingspule in Bewegung, deren Leiter die KL des Topfmagneten schneiden. Die erzeugten Induktionsspannungen entsprechen dem Bild der auftreffenden Schallwellen.

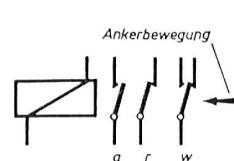
Für höhere Qualität oder für Sonderaufgaben werden außer den beschriebenen Mikrofonen, Hörern und Lautsprechern noch andere Bauformen verwendet.

## Relais und Signalapparate

Fließt durch die Spule (13.1) ein Gleichstrom, wird der Kern magnetisiert und dadurch der Anker angezogen. Dieser betätigt die Kontakte und ermöglicht deshalb das Schließen, Trennen oder Umschalten anderer Stromkreise. Die entsprechenden Kontakte heißen a = Arbeitskontakt, r = Ruhekontakt und w = Wechselkontakt (13.2). Man bezeichnet diese Schaltapparate — es gibt bei gleichem Grundprinzip verschiedene Ausführungen — als Relais. Spezielle Relaiskonstruktionen können mit Wechselstrom gespeist werden. In der Starkstromtechnik nennt man sie Schütze. Zur Verkleinerung der Wirbelstromverluste sind dann die magnetisierbaren Eisenenteile aus Einzelblechen aufgebaut.

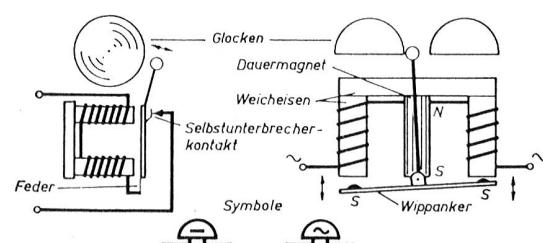


13.1 Schneidankerrelais



13.2 Symbole

Ein vom Türläutwerk her bekannter Signalapparat ist der Wecker. Der Gleichstromwecker (13.3) schließt den Stromkreis über einen Selbstunterbrecherkontakt, der nach jedem Ankerzug den Strom unterbricht. Dadurch wird die Spule stromlos, und der Anker federt wieder zum Kontakt zurück. Diese Hin- und Herbewegung des Ankers bringt den Wecker über den Klöppel zum Läuten. Ein Wecker ohne Glockenschalen wird als Schnarrer bezeichnet.

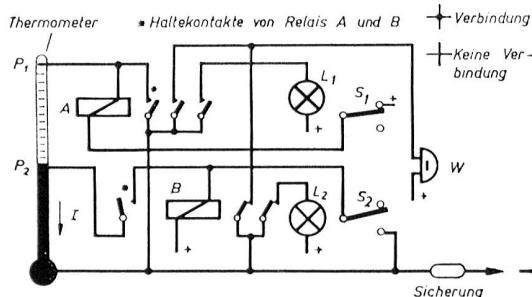


13.3 Gleichstromwecker

13.4 Wechselstromwecker

In jeder Telefonstation befindet sich ein kontaktloser Wechselstromwecker (13.4), der auf den Rufwechselstrom anspricht. Sein Anker erhält durch einen Dauermagneten eine bestimmte magnetische Polarität. Das Wechselfeld der Spulen übt auf den Anker Kräfte wechselnder Richtung aus, die ihn zum Pendeln bringen.

Bild 13.5 zeigt als Beispiel eine Relaischaltung mit Signalapparaten für eine Temperaturüberwachung. Erreicht die Quecksilbersäule (Leiter)  $P_1$ , so zieht das Relais A auf, bringt die Meldelampe  $L_1$  zum Leuchten und schaltet den Alarmwecker W ein. Da sich Relais A über einen eigenen Kontakt hält, kann der Alarm erst durch Trennen des Handschalters  $S_1$  unterbrochen werden. Relais B muss anfänglich durch kurzzeitiges Schliessen des Handschalters  $S_2$  zum Anziehen gebracht werden; im Normalfall hält es sich dann über seinen Haltekontakt. Unterschreitet die Quecksilbersäule  $P_2$ , dann fällt das Relais B ab und löst  $L_2$  und W aus, bis durch das Schliessen von  $S_2$  Quittieren erfolgt. Man beachte: Die Schaltung ist im stromlosen Zustand gezeichnet! Die Plusleitungen werden zur positiven Klemme der gemeinsamen Batterie geführt.

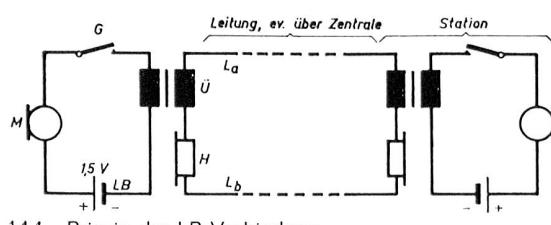


13.5 Relaischaltung

Übersteigt durch eine Störung der Strom seinen zulässigen Wert, könnten ernsthafte Defekte oder gar Brände auftreten. Man schützt deshalb Apparate und Anlagen durch Sicherungen; in der Relaischaltung (13.5) liegt eine Sicherung in der gemeinsamen Minusleitung. Die meistens verwendete Schmelzdrahtsicherung enthält einen dünnen Draht aus Silber, der bei Überlastung durchschmilzt und den Stromkreis unterbricht. Beachte: Sicherungen nie überbrücken, denn Stromstärke, Leitungsquerschnitt und Sicherung sind aufeinander abgestimmt.

#### Lokal- und Zentralbatteriesysteme der Telefonie

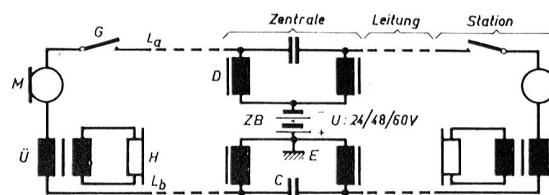
Hebt ein Teilnehmer sein Mikrotelefon von der Gabel ab, schliesst der Gabelkontakt den Mikrofonstromkreis (14.1). Beim Besprechen des Mikrofons entsteht ein pulsierender Gleichstrom (s. 12.3), dessen Stromänderungen in der sekundären Übertragerspule entsprechende Sprechwechselströme



14.1 Prinzip der LB-Verbindung

hervorrufen, die auch den Hörer des andern Teilnehmers durchfließen. Der Übertrager verhindert ein Abfließen des Speisestromes über die Leitung und verkleinert durch Hochtransformierung die Übertragungsverluste. Da jeder Teilnehmer seine eigene Batterie besitzt, spricht man von Lokalbatterie (LB-) Anlagen.

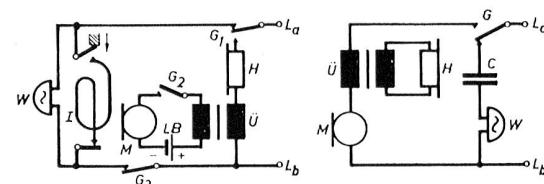
Beim Zentralbatterie-(ZB)System besteht eine zentrale Batterie, die alle angeschlossenen Teilnehmer gemeinsam speist (14.2). Das Mikrofon muss deshalb im Leistungsstromkreis liegen, während die ankommenden Sprechwechselströme über den Übertrager zum Hörer gelangen; er wird dann durch den Mikrofonstrom auch nicht vormagnetisiert. Die Leitungskondensatoren trennen die Stationen gleichstrommässig von einander, lassen aber die Sprechwechselströme passieren. Die Drosselpulen verhindern durch ihre grossen Wechselstromwiderstände ein Abfließen der Sprechströme über die Batterie (s. 11.3).



14.2 Prinzip der ZB-Verbindung

LB-Anlagen werden heute fast nur noch für militärische Verbindungen gebraucht, weil die Zerstörung einer zentralen Batterie sonst das ganze Netz lahmlegen würde. Die zivilen Telefonverbindungen basieren auf dem ZB-System, wodurch der Unterhalt der Stationen vereinfacht wird (kein Batterieersatz). Zum Aufbau einer Verbindung muss auch eine Rufereinrichtung vorhanden sein. Die LB-Station (14.3) besitzt einen Induktor (Wechselstromgenerator), der beim Drehen der Kurbel durch einen mechanisch bewegten Kontakt an  $L_a$  und  $L_b$  gelegt wird und den Rufwechselstrom zur Gegenstation sendet. Dort spricht der Wecker an, bis der Teilnehmer abhebt. Dadurch werden die Gabelkontakte umgelegt und somit die Mikrofon- und Hörerstromkreise geschlossen.

M:	Mikrofon	W:	Wecker	D:	Drosselpule
H:	Hörer	I:	Induktor	LB:	Lokalbatterie
Ü:	Übertrager	C:	Kondensator	ZB:	Zentralbatterie
G:	Gabelkontakte $L_a, L_b$ : Leitungen a, b	E:	Erde		



14.3 LB-Station

14.4 ZB-Station (vereinfacht)

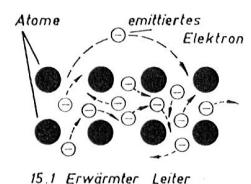
Ein von der Zentrale zur ZB-Station (14.4) gelangender Rufwechselstrom bringt über den Kondensator den Wecker zum Läuten. Der Kondensator verhindert, dass der Speisestromkreis von der Zentrale über die Station im Ruhezustand geschlossen wird. Nach dem Umlegen des Gabelkontakte ist die Station sprechbereit. Wünscht der ZB-Teilnehmer eine

Verbindung, schliesst er durch Abheben des Mikrotelephones den Stromkreis zur Zentrale und löst dort ein Signal aus. Die automatische Station ist eine ZB-Station mit zusätzlicher Wähl scheibenkontakt entsprechend der eingestellten Ziffer unterbrochen und betätigt dadurch in der Zentrale die als Impuls relais ausgebildeten Speisedrosseln. Die Weiterverarbeitung dieser Impulse ergibt dann die gewünschte Verbindung.

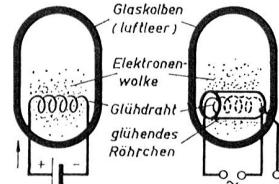
#### Elektronenröhren: Dioden

Die freien Elektronen eines stromlosen Leiters führen Eigenbewegungen aus, deren Geschwindigkeit von der Leiter temperatur abhängt. Ist die Temperatur und dadurch die Geschwindigkeit hoch, können oberflächennahe Elektronen den Leiter verlassen (Thermoemission, 15.1). In der Luft stoßen die Elektronen sofort mit Luftmolekülen zusammen und werden dadurch abgebremst. Man schmilzt deshalb den Glühdraht in einen Glaskolben ein, der luft leer gepumpt wird. Die Heizung des Glühdrahtes erfolgt — ähnlich wie in einer Glühlampe — elektrisch (15.2). Bei wechselstromgeheizten Röhren wird ein vom Glühdraht isoliertes Röhrchen durch Wärmestrahlung erhitzt und sendet Elektronen aus (15.3).

#### 15.1 — 15.3 Thermoemission von Elektronen:



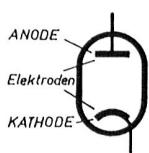
15.1 Erwärmter Leiter



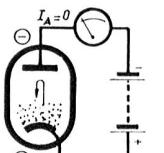
15.2 Direkte Heizung      15.3 Indirekte Heizung

Glaskolben (luft leer)  
Elektronenwolke  
Glühdraht  
glühendes Röhrchen

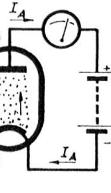
Durch Einbau einer weiteren Elektrode entsteht eine Zweipolröhre: die Diode (15.4). Die Heizung wird im Symbol meist nicht mehr gezeichnet. Man nennt die Elektroden Kathode und Anode (s. 5.5). Verbinden wir die Röhrenanschlüsse mit einer Batterie, können bei negativer Anode keine Elektronen ( $-$ ) zur Anode gelangen, da sie abgestossen werden. Eine positive Anode hingegen zieht die Elektronen an — es findet ein Elektronenfluss durch die Röhre statt! (15.5).



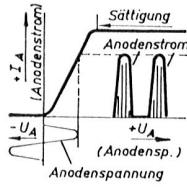
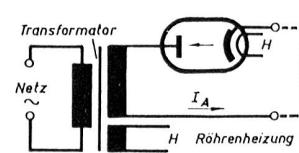
15.4 Diode (Symbol)



15.5 Anodenstrom



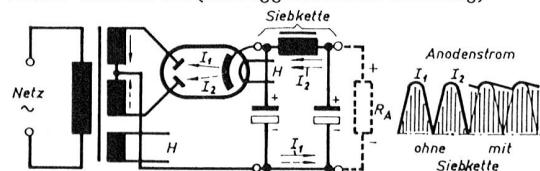
Dieser Anodenstrom fließt zur Stromquelle, die auch immer neue Elektronen zur Kathode bewegt. Bei genügender Heizung



15.6 Einweggleichrichtung

hängt die Grösse des Anodenstromes eines Röhrentyps von der Höhe der angelegten Anodenspannung ab. Ist die Anodenspannung derart hoch, dass alle aus der Kathode austretenden Elektronen «abgesaugt» werden, ergibt auch eine weitere Spannungserhöhung keine Vergrösserung des Stromflusses: die Röhre ist gesättigt (s. Kennlinie 15.6).

Diese Eigenschaften einer Diode werden zur Gleichrichtung von Wechselströmen ausgenutzt (15.6). Im Sekundärkreis des Transformators kann immer nur dann ein Stromfluss stattfinden, wenn die Anode positiv ist. Durch den Verbraucher  $R_A$  fliesst deshalb während jeder zweiten Halbperiode ein pulsierender Gleichstrom (Einweggleichrichterschaltung).

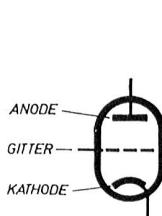


15.7 Zweiweggleichrichter

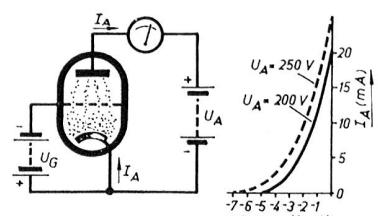
Im Zweiweggleichrichter (15.7) werden beide Halbperioden des Wechselstromes gleichgerichtet. Die Röhre besitzt als Doppeldiode zwei Anoden, der Transformator zwei Sekundärwicklungen. Die äusseren Wicklungsanschlüsse weisen immer ungleiche Polaritäten auf; deshalb ist während einer Halbperiode die obere, während der andern die untere Anode positiv. Die Elektronen können jeweils nur über die positive Anode und ihre zugehörige Wicklung fliessen. Daraus ergibt sich eine doppelte Gleichrichtung des Wechselstromes. Eine Siebkette (s. 11.4) hat eine bessere Glättung des Gleichstromes zur Folge.

#### Elektronenröhren: Trioden und Pentoden

Bei einer Triode (Dreipolröhre) ist zwischen Anode und Kathode ein Gitter angeordnet (16.1). In der Schaltung 16.2 fliesse ein gewisser Anodenstrom; je negativer nun das Gitter gegenüber der Kathode wird, umso weniger Elektronen ( $-$ ) können das Gitter passieren, da es eine abstossende Wirkung ausübt. Bei einer höheren Anodenspannung (grössere «Saugwirkung») ergeben sich jeweils auch höhere Stromwerte. Deshalb ist es möglich, durch Gitterspannungsänderungen den Anodenstrom leistungslos zu steuern!

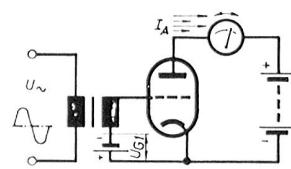


16.1 Triode



16.2 Kennlinienaufnahme der Triode

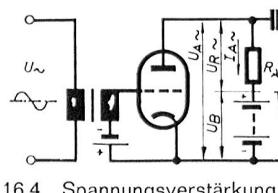
Legen wir eine Wechselspannung an das Gitter, wird der Anodenstrom entsprechend gesteuert (16.3). Durch die negative Spannung ( $U_{G1}$ ) wird der Arbeitspunkt auf der Kennlinie so festgelegt, dass das Gitter auch beim positiven Scheitelwert der angelegten Wechselspannung noch negativ bleibt. Der Übertrager trennt das Gitter gleichstrommäßig vom Eingang; dies ist nötig, um dem Gitter eine von aussen unbeeinflusste Vorspannung geben zu können.



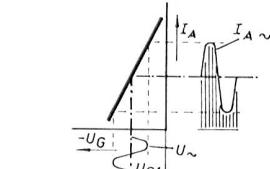
16.3 Gesteuerter Anodenstrom

Wir legen nun einen Widerstand ( $R_A$ ) in den Anodenstromkreis (16.4). Der durch die Steuerung pulsierende Gleichstrom (s. 16.3) ruft nach dem Ohmschen Gesetz pulsierende Spannungsabfälle hervor; die Anodenwechselspannung ( $U_{A\sim}$ ) entspricht der Differenz zwischen  $U_B$  und  $U_{R_A\sim}$ . Der Kondensator trennt den Ausgang gleichstrommässig von der Stromquelle. Ist  $U_{A\sim}$  grösser als das Eingangssignal  $U\sim$ , wurde die Spannung in dieser Röhrenstufe verstärkt!

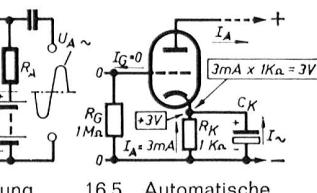
Die Gittervorspannung wird in einem Gerät meistens nicht einer besonderen Batterie entnommen (unpraktisch), sondern als Spannungsabfall eines stromdurchflossenen Widerstandes ( $R_G$ ) erzeugt (16.5). Die Kathode ist dann um diesen Spannungsabfall positiver als die Minusleitung. Da kein Gitterstrom fliesst, findet auch kein Spannungsabfall ( $O_{mA} \times 1 M\Omega = 0V$ ) über dem Gitterwiderstand ( $R_G$ ) statt — das Gitter hat die gleiche Vorspannung wie die Minusleitung und ist dadurch negativer als die Kathode! Der Wechselstromanteil des Anodenstromes fliesst über den Kondensator ( $C_K$ ) und beeinflusst deshalb den Spannungsabfall an  $R_K$  nicht.



16.4 Spannungsverstärkung

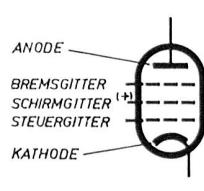


16.5 Automatische Gittervorspannung

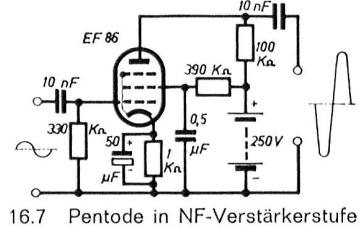


16.5 Automatische Gittervorspannung

Eine Pentode (Fünfpolröhre) besitzt zusätzlich ein Schirm- und ein Bremsgitter (16.6). Das Schirmgitter wird an eine hohe positive Spannung gelegt, das Bremsgitter ist meistens im Röhrenkolben mit der Kathode verbunden. Im übrigen ist die Schaltung gleich wie bei einer Triode, und auch die obigen Erklärungen sind hier gültig. Gegenüber der Triode kann aber mit der Pentode eine grössere Verstärkung — in der Schaltung 16.7 z. B. 1 : 112! — erzielt werden. Vergleicht man Bild 16.7 mit 16.4 und 16.5, sind auch hier die beschriebenen Schaltelemente unschwer festzustellen. Der Eingang ist nicht mit einem Übertrager, sondern durch einen Kondensator (billiger) gleichstrommässig abgetrennt.



16.6 Pentode



16.7 Pentode in NF-Verstärkerstufe

### Halbleiter: Kristalldioden und Halbleiterwiderstände

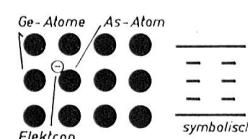
Wir haben den Begriff der elektrischen Leiter und Nichtleiter bereits erläutert; der Übergang zwischen diesen Stoffgruppen ist nun nicht scharf abgegrenzt, denn dazwischen gibt es Stoffe, die unter bestimmten Bedingungen leitend sind: die Halbleiter (17.1). Germanium (Ge) ist ein chemisches Element mit 32 Elektronen auf 4 Schalen ( $2+8+18+4$ ). Die jeweils

#### 17.1 Leitfähigkeit von Stoffen:

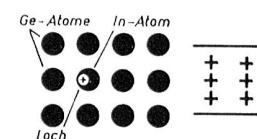
LEITER	HALBLEITER	NICHTLEITER
Silber	Germanium	Porzellan
Kupfer	Silizium	Glas
Eisen	Selen	Gummi

R wächst

äußersten Elektronen bilden zu den benachbarten Atomen die Verbindungsbrücken eines Kristallgitters (s. 1.5). In einem reinen Ge-Kristall sind somit grundsätzlich alle Elektronen gebunden — er ist dann ein Nichtleiter. Durch geringste Beimengungen von z. B. Arsen (As) wird die Leitfähigkeit dieses Ge stark verändert. As hat 5 äusserste Elektronen, d. h.: in der Kristallbindung mit Ge-Atomen bleibt ein Elektron frei und steht als negativer Ladungsträger zur Verfügung (17.2). Man nennt dieses Material n-Ge. Indium (In) besitzt 3 äusserste Elektronen; bei der betreffenden Bindungsstelle fehlt dann ein Elektron (Loch) — vereinfacht als positiver Ladungsträger bezeichnet (p-Ge, 17.3). Vereinigt man nun n-Ge mit p-Ge zu

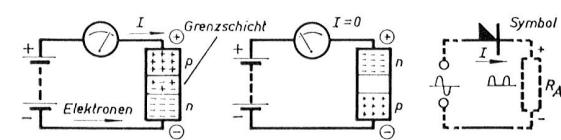


17.2 n-Germanium



17.3 p-Germanium

einem Schaltelement, können wegen bestimmter physikalischer Gesetze die Ladungsträger nicht einfach ausgetauscht werden, da sie die Grenzschicht nicht zu überwinden vermögen. Legen wir jedoch eine Spannung nach Fig. 17.4 an, werden die Ladungen durch die Grenzschicht «abgesogen»: das Element ist stromleitend! Bei umgekehrter Polarität der angelegten Spannung wandern die Ladungen zu den ungleichnamigen An schlüssen der Stromquelle, die Grenzschicht verarmt — es kann kein Strom fliessen! Man verwendet deshalb solche Kristalldioden (auch aus Silizium und Selen) als Gleichrichterzel len (17.5).

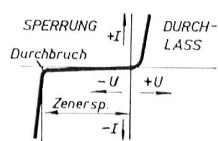


17.4 Flächengleichrichter

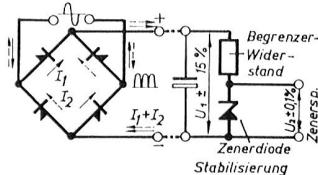
17.5 Kristallgleichrichter

Die Diodenkennlinie (17.6) zeigt in der Durchlassrichtung einen mit grösserer Spannung wachsenden Strom; in der Sperrrichtung erfolgt bei Erreichen der sog. Zenerspannung

plötzlich ein Stromdurchbruch. Eine Halbleiterdiode, die diesen Effekt ausgeprägt aufweist, wird Zenerdiode genannt. Bild 17.7 erläutert einen Zweiweggleichrichter mit 4 Dioden in Graetzschaltung. Durch eine Zenerdiode kann zudem eine Spannungsstabilisierung erzielt werden. Ist die Spannung vom Gleichrichter grösser als die Zenerspannung, wird die Spannungsdifferenz im Begrenzerwiderstand vernichtet, während am Ausgang die konstante Zenerspannung auftritt.

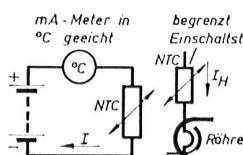


17.6 Diodenkennlinie

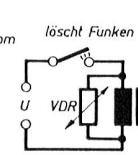


17.7 Graetz-Schaltung

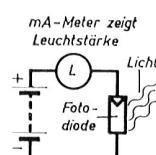
Spezielle Halbleiterelemente zeigen mit zunehmender Temperatur einen ausgeprägt fallenden Widerstand. Man nennt sie Heissleiter oder NTC-Widerstände. (Negativer Temperatur-Coeffizient). Verwendung: Als Temperaturfühler, zur Einschaltstrombegrenzung von Metallheizfäden (umgekehrter Widerstandsverlauf) usw. (17.8). VDR-Widerstände (Voltage



17.8  
NTC-Widerstand



17.9  
VOR-Widerstand

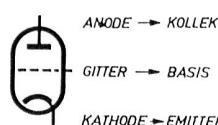


17.10  
Fotohalbleiter

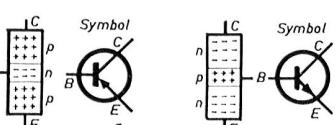
Dependent Resistor, englisch) sind Halbleiter, deren Widerstandswert sich mit zunehmender Spannung verkleinert. Verwendung: Beschneiden von Spannungsspitzen (17.9). Fotohalbleiter verändern ihren Widerstand mit der einfallenden Lichtstärke. Verwendung: Für Belichtungsmesser (17.10), Dämmerungsschalter usw.

### Halbleiter: Transistoren

Die seit 1947 bekannten Transistoren (transfer-resistor, engl. = Übertragungswiderstand) können äusserlich mit einer Triode verglichen werden. Ein Flächentransistor vom p-n-p- (18.1) oder n-p-n-Typ (18.2) setzt sich aus 3 Halbleiterschichten zusammen, deren Anschlüsse Emitter (Sender), Basis (Block) und Kollektor (Sammelnder) ungefähr den Röhrenanschlüssen Kathode, Gitter und Anode entsprechen. Als Grundmaterial wird ausser Germanium (Grenztemperatur rund 75 °C) auch Silizium (150 °C, teurer) verwendet.



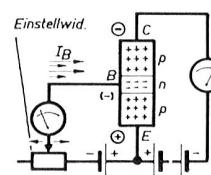
273 18.1 Vergleich: Röhre—Transistor



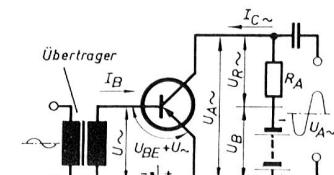
18.2 n-p-n-Transistor

Ein Transistor kann in seiner Wirkungsweise vereinfacht als gesteuerte Widerstand betrachtet werden. Verkleinern wir in Fig. 18.3 den Einstellwiderstand im Basissstromkreis ( $B$  gegen  $E$  negativer!), wird der Basissstrom ( $I_B$ ) grösser und dadurch die Emitter-Kollektorstrecke zusehends leitfähig, so dass auch der Kollektorstrom ( $I_C$ ) anwächst. Da der Steuerstrom ( $I_B$ ) viel kleiner als der gesteuerte Strom ( $I_C$ ) ist, spricht man von einer Stromverstärkung. Im Gegensatz zur Gittersteuerung einer Röhre ( $I_G = 0$ ) ist für eine Transistorsteuerung Strom und Spannung, also Steuerleistung erforderlich!

Zur Erzielung einer Spannungsverstärkung (bitte Erklärungen zu 16.4 nachlesen!) wird ein Arbeitswiderstand ( $R_A$ ) in den Kollektorstromkreis gelegt (18.4). Der pulsierende Kollektorstrom ruft wechselnde Spannungsabfälle ( $U_{R\sim}$ ) hervor — die Ausgangsspannung ( $U_{A\sim}$ ) entspricht der jeweiligen Differenz zur Batteriespannung ( $U_B$ ). Durch die Basisvorspannung ( $U_{BE}$ ) wird der Arbeitspunkt auf der Transistorkennlinie festgelegt (ähnlich der Gittervorspannung einer Röhre).

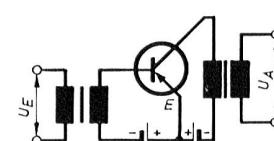


18.3 Stromsteuerung mit Transistor

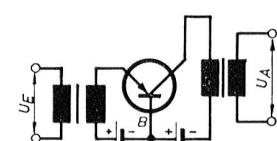


18.4 Spannungsverstärkung

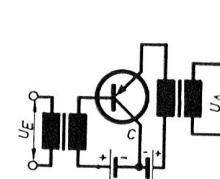
Ist in einer Transistorstufe der Emitter für Ein- und Ausgang gemeinsam (18.5), handelt es sich um eine Emitterschaltung (Spannungs- und Leistungsverstärkung im Niederfrequenzbereich). Außerdem wird auch die Basisschaltung (18.6, Hochfrequenz) und die Kollektorschaltung (18.7, Stromverstärkung) verwendet.



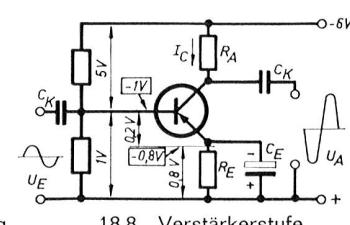
18.5 Emitterschaltung



18.6 Basisschaltung



18.7 Kollektorschaltung



18.8 Verstärkerstufe

Die Artikelfolge «Vom Elektron zur Elektronik» ist auch als handliches Taschenbuch erschienen. Das Lehrmittel wurde speziell für Übermittlungssoldaten geschaffen und kann von diesen ohne besondere Vorkenntnisse verstanden werden. Leser des «Pionier» beziehen es zum Sonderpreis von Fr. 4.40 (statt 5.50) beim Selbstverlag des Verfassers, Hugo Stauffer, Postfach Industrie 41, Solothurn 3.