DEUTSCHE RADIO-BÜCHEREI / BAND 6

Das grosse Radio-Bastelbuch

und

Rundfunk-Praktikum

Von

O. KAPPELMAYER / J. SCHNEIDER

DEUTSCH-LITERARISCHES INSTITUT J. SCHNEIDER / BERLIN-TEMPELHOF

KOMMISSIONSVERLAG: P. STRUB, BUCHHANDLUNG UND VERLAG, CHUR

Kappelmayer / Schneider :

Das große Radio-Bastelbuch und Rundfunk-Praktikum

DEUTSCHE RADIO-BÜCHEREI / BAND 6

Das grosse

Radio-Bastelbuch

und

Rundfunk-Praktikum

Unter Mitwirkung hervorragender Fachleute
herausgegeben von

Otto Kappelmayer und Jacob Schneider

Mit 228 Abbildungen, 42 Tafeln und Tabellen
19. unveränderte Auflage, 140. bis 142. Tausend

— 1942 —

DEUTSCH-LITERARISCHES INSTITUT J. SCHNEIDER, BERLIN

KOMMISSIONSVERLAG: P. STRUB, BUCHHANDLUNG UND VERLAG, CHUR

Vorwort zur XVIII. Auflage.

Vor einem Jahr ging die XVII. Auflage in die Welt hinaus. Sie ist so gründlich durchgearbeitet und ergänzt worden, daß beinahe ein ganz neues Buch daraus geworden war. Daher konnte bei der vorliegenden Neuauflage der Neusatz auf wenige Ergänzungen beschränkt werden: Den Zwergsuper, die Banddehnung — und ein Kapitel über Elektrolytkondensatoren, das sich aus praktischen Gründen als notwendig erwies. Wie weit die Schaltungstechnik heute schon zu subtilen Feinheiten greifen kann, ersieht man aus der Verbindung der Gegenkopplung mit einer tonfrequenten Rückkopplung, die für den Bastler ebenso interessant ist wie für die Industrie..

Der Charakter des Buches entspricht ganz seinem Titel. Der Leser wird kaum noch eine Frage finden, die hier nicht beantwortet wäre. Zwar wird er vielleicht ebenso wie der Verfasser den Wunsch haben, gerade den Abschnitt „Fehlersuchen" noch wesentlich erweitert zu sehen. Aber damit würde einem Spezialwerk vorgegriffen, das gegenwärtig in Arbeit ist und hoffentlich bald der Oeffentlichkeit übergeben werden kann.

Durch die ständigen Anregungen aus dem Leserkreis ist die Stoffauswahl jetzt so maßgerecht dem Zweck des Werkes angepaßt, daß es kaum ein zweites Buch geben wird, das auf dem gleichen Raum einen ebenso umfassenden Ueberblick über die moderne Empfangstechnik gibt wie dieses. Darum hoffen Autor und Verleger, daß auch die neue Auflage ihren Lesern all das geben wird, was sie erwarten.

Berlin, Sommer 1942.

Otto Kappelmayer und Jacob Schneider.

Nachdruck verboten.
Alle Rechte, insbesondere das der Uebersetzung, vorbehalten.
DEUTSCH-LITERARISCHES INSTITUT J. SCHNEIDER
BERLIN-TEMPELHOF
KOMMISSIONSVERLAG: P. STRUB, BUCHHANDLUNG UND VERLAG, CHUR
Druck: Neographik G. m. b. H., Kunst- und Verlagsdruck, Zürich
Buchbinderarbeit: Baumann & Co., Großbuchbinderei, Erlenbach-Zürich

Inhaltsverzeichnis

Seite

Vorwort 4
Schaltzeichen der Rundfunktechnik 7

I. Gute Feldstärken — die Grundlage guten Empfangs 9
Die Bodenfeldstärken 10
Messung der Feldstärke 11
Feldstärkebezeichnungen 13
Warum brauchen wir für „guten Fernempfang" Feldstärkewerte von 1 bis 5 mV/m? 14
Ueber den Kurzwellen-Rundfunkempfang .. 17
Welche Wellenlängen zu welcher Stunde?. 19
Richtstrahler 20
Rundfunk über die Erde 22
„11-m"-, „13-m"-, „16-m"-, „19-m"-, „25-m"-, „31-m"- und „49-m"-Band .. 22
Feldstärkemessungen im Mittelbereich 200 bis 600 m 24
Monatliche Mittelwertschwankungen 24
Einfluß des Senders auf die Empfangsfeldstärke 24
Vorausberechnung der Feldstärken 28
Ueber den Tagesempfang 33

II. Ueber den Schwund 35

III. Die Antenne im Wellenfeld 39
Die Verhältnisse in der Umgebung der Empfangsantenne 39
Quermodulationen außerhalb des Empfängers 43
Gegenseitige Beeinflussung von Antennen 46
Antennen im Innern von Gebäuden 50
Behelfsantennen 51
Verschiedene Antennenformen 52
Prüfung und Fehlersuche an abgeschirmten Antennen 54
Die Gemeinschaftsantenne 60
Die Erdleitung 61

IV. Die Röhre 63
Verzeichnis der neuen U-Röhren 67
Verzeichnis der neuen D-Röhren 68
Kleines Röhren-Lexikon 69

V. Schaltungen 93
Detektor-Empfänger 93
Röhren-Empfänger 96
Grundsätzliches über die Schaltungen ... 97
Der Zweikreiser 98
Das Super- oder Verwandlungs-Prinzip .. 98
Die Geradeaus-Empfänger 103
Der DKE 38 — Allstrom 103

Seite

Der VE Dyn — Wechselstrom 104
Einkreis-Dreiröhren-Empfänger (VE 301 Dyn GW) 105
Einkreis-Zweiröhren-Empfänger m. D-Röhren 106
Einkreiser-Zweibereich „Allnetz-Zwerg" für Reise und Heim 107
Zweikreis-Zweibereich-Empfänger mit Stahlröhren für Wechselstrom 108
Zweikreiser-Zweibereich-Empfänger mit Glasröhren für Allstrom 109
Zweikreis-Zweibereich-Empfänger mit Glasröhren und magischem Auge für Wechselstrom 110
Die Super 112
Einbereich-Super für Wechselstrom mit Glasröhren 112
Vierkreis-Zweiröhren-Kleinsuperhet für Allstrom 114
Siebenkreis-Vierröhren-Superhet m.D-Röhren 115
Siebenkreiser-Dreibereich mit Stahlröhren für Allstrom 117
Siebenkreis-Dreibereich-Super 119
Fünfkreiser-Dreibereich-Super mit Glasröhren für Batteriebetrieb 121
Kurzwellen-Vorsetzer für Allstrom 122
Kurzwellen-Super-Vorsetzer 123
Verstärker 124
Verstärker mit 8 W Endleistung 124
Ein Zweiweg-Verstärker 125
Verstärker für sehr kleine Eingangsspannungen 125
Endverstärker mit zwei AD 1 128

VI. Druckknopfabstimmung 129
Mechanische Drucktasten 135
Die Geheimabstimmung 138

VII. Schalttechnische Verbesserungen an älteren Empfängern 140

VIII. Lautsprecher 175
Einfache Fern-Einschaltung von Empfängern 180
Der richtige Anschluß des zweiten Lautsprechers 181
Zwei Lautsprecher an einem Apparat ... 182
Tonfärbung durch einen zweiten Lautsprecher 183
Warum darf man den Lautsprecher im Betrieb nicht abschalten? 184
Die richtige Lautsprecherpolung 186
Einfacher frequenzgetreuer Lautstärkeregler 187
Der Pendelumformer 187

IX. Baustoffe 190

Seite

X. Akkumulatoren und Elemente 203
Der Bleiakkumulator 203
Der Edison-Akkumulator 207
Luftsauerstoffelemente und -batterien 208
Luftsauerstoffelemente 209

XI. Messen und prüfen 211
Der Glimmprüfer 213
Selbstgebauter Wellenmesser 215
Das Transitron — ein neuer negativer Widerstand 218
Empfindliches Röhrenvoltmeter mit Fünfpolröhre 220
Hochfrequenz-Meßgenerator für Musikprüfungen 222

XII. Bastlerwinke 225
Trimmen von Empfängern 225
Beseitigung des Brummens beim DKE 229
Tonabnehmeranschluß für DKE 229
Verbesserung eines Geradeausempfängers für Kurzwellenempfang 230
Der richtige Tonabnehmeranschluß 231
Der Empfänger atmet! 232
Verbesserung der Baßwirkung 234
Baßanhebung durch Baßglied 236
Eine Doppel-Tonblende 236
Störschutzfilter 238
Entstörungsfilter für Gleichstromnetze 239
Störende Hochfrequenz-Drosseln 239
Spannungsverdopplung bei Allstromempfängern 240
Bessere Lautstärkeregulierung mit „T"- und „L"-Gliedern 242
Von schlechten Kontakten 244
Gelockerte Sockel bei Stiftkontakt-Röhren 245
Emissionsprüfung von Röhren 246
Behandlung des Akkumulators 247
Der Akku wird oft überladen 248
Vorsicht beim Arbeiten mit Schwefelsäure! 249
Berechnung der Brummspannung bei Netzgeräten 249
Fehlersuchtabelle nach Mende 250
Anzapfen eines Transformators 253
Messung der Kapazität von Blockkondensatoren mit 220 Volt Wechselstrom 50 Perioden 253

Seite

Berechnung von Ohmschen Schwächungsgliedern 255
Ein interessanter Sechsfachumschalter 256
Praktische Schaltbuchsen mit Federkontakt 257
Messung der Kapazität von Elektrolytkondensatoren 259

XIII. Werkstattwinke 260
Die richtige Behandlung von Werkzeug 260
Wir lernen löten 274
Kurz-Kursus im Weich- und Hartlöten 274
Die neuen vereinfachten Schaltsymbole 279
Widerstandskennzeichen 282

XIV. Hörerwinke 283
Skala der Aetherschwingungen 283
Die Welt der Musik 285
Vom Hören 286
Die Phon-Leiter 287
Töne auf Millimetern! 287
Wie laut darf der Empfänger brummen? 292
Zwei wenig beachtete Störquellen 293
Die Viertelstunde des Schweigens 295
Elektrolytkondensatoren 295
Wattverbrauch und stündl. Betriebskosten 301
Die Banddehnung 303

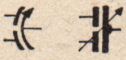
XV. Praktische Winke bei der Selbstaufnahme von Schallplatten 305
Beseitigung der Nadelgeräusche 308
Sehr fein regelbarer Nadelgeräuschfilter für Saphirstift-Tonabnehmer 309
Ein billiges, gutes Nadelgeräuschfilter für den Saphirstift-Tonabnehmer TO 1001 und Siemens ST 6 311
Entstörung der Schallplatten-Motoren 312
Zweipolige, vierpolige Saphir- und Kristall-Tonabnehmer 313

XVI. Die Entstörung elektrischer Maschinen und Geräte 316
Grundsätzliches über die Entstörung 316

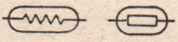
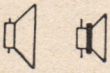
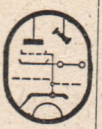
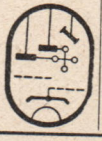
Einige wichtige Formeln 319

Die Schaltzeichen der Rundfunktechnik

Altes Zeichen	Neues Zeichen	Bezeichnung
		Antenne
		Rahmenantenne
		Gegengewicht
		Erde
		Regelung stufenlos
		Selbsttätige Regelung
		Einstellbarkeit
		Regelbarkeit, stufenweise
		Widerstand, allgemein
		Regelbarer Spannungsteiler
		Regelbarer Widerstand
		Wicklung mit Nutzinduktivität
		Wicklung ohne Nutzinduktivität
		Nutzinduktivität mit Eisenkern

Altes Zeichen	Neues Zeichen	Bezeichnung
		Übertrager mit Hinweis auf Eisenkern
		Magnetische Kopplung, Nutzinduktivität
		Magnetische Kopplung, regelbar
		Kondensator, allgemein
		Kondensator, regelbar
		Drehkondensator
		Differentialkondensator
		Elektrolytkondensator, polarisiert
		Elektrolytkondensator, unpolarisiert
		Sicherung, allgemein
		Schalter, allgemein
		Elektrischer Tonabnehmer
		Leitungskreuzung
		Leitungsverbindungen
		Abschirmung

Die Schaltzeichen der Rundfunktechnik

Altes Zeichen	Neues Zeichen	Bezeichnung
		Elektr. Glühlampe (Skalenlampe)
		Selbstregelnder Widerstand (Eisenwasserstoffwiderstand)
		Lautsprecher allgemein
		Spannungszeiger (Voltmeter)
		Stromzeiger (Amperemeter)
		Mikrophon
		Steckbuchse mit Steckerstift
		Selbsttätige Schaltbuchse
		Selbsttätige Umschaltbuchse
		Halbweg-gleichrichterröhre, direkt geheizt
		Vollweg-gleichrichterröhre, direkt geheizt
		Vollweg-gleichrichterröhre, indirekt geheizt
		Dreipolröhre, indirekt geheizt
		Fünfpolröhre, indirekt geheizt
		Sechspolröhre, indirekt geheizt
		Achtpolröhre, indirekt geheizt
		Dreipol-Sechspol-Mischröhre, indirekt geheizt
		Doppelzweipol-Dreipolröhre, indirekt geheizt
		Doppelzweipol-Fünfpolregelröhre, indirekt geheizt
		NF-Fünfpolregelröhre mit Abstimmanzeigeteil, indirekt geheizt
		links: Dreipol-Vierpolendröhre, rechts: Doppelbereich-Abstimmanzeigeröhre; beide indirekt geheizt

KAPITEL I.

Gute Feldstärken – die Grundlage guten Empfangs.

Die Techniker der NBC (National-Broadcasting-Company) haben für den Begriff „guten Empfang" auf Grund einer jahrelang durchgeführten statistischen Untersuchung folgende mittleren Feldstärkewerte festgesetzt:

Tabelle 1.

für Empfangsorte auf dem Lande . . .	0,5 mV/m
für Empfangsorte in der Vorstadt . . .	2 mV/m
für Empfangsorte in der Kleinstadt . .	10 mV/m
für Empfangsorte in der Großstadt . .	25 mV/m

Zu ähnlichen Werten kommt der englische Feldstärkefachmann Eckersley. Für Deutschland dürfen wir sie darüber hinaus auch für „sehr guten" Empfang gelten lassen.

Ohne genügende Feldstärke ist „guter Empfang" mit keinem Empfänger der Welt zu erzielen, genau so wenig, wie der beste Photoapparat ein scharfes Bild zeichnen kann, wenn die Raumbeleuchtung zu schwach ist. Was für den Photoapparat die Beleuchtung der Szene ist, ist für den Rundfunkempfänger die Feldstärke. Darum müssen wir uns — ehe wir überhaupt über die Empfangsgrundsätze sprechen können — den Begriff Feldstärke klarmachen.

Die Welle des Senders, die die Botschaft zu den hunderttausend Empfängern trägt, wird um so schwächer, je größer der Abstand von der Senderantenne wird. Sie nimmt jedoch nicht wie das Licht genau mit dem Quadrat der Entfernung ab, sondern etwas langsamer. Außerdem ist die Abnahme nicht gleichmäßig nach jeder Richtung, da sie von der Oberflächenbeschaffenheit des Geländes abhängt.

Das technische Maß für die Feldstärken ist die Spannung, die ein Wellenfeld bestimmter Frequenz an einem senkrecht aufgespannten Leiter von der „Effektivhöhe 1 m" (h_{eff} = 1 m) erzeugt. Ihre Einheit ist das

mV/m (Millivolt je Meter).

Tabelle 2: Bodenfeldstärken

Entfernung in km	Bodenleitfähigkeit 10^{-11}						Bodenleitfähigkeit 10^{-12}						Boden-	
	200	%	600	%	2000	%	200	%	600	%	2000	%	200	%
20	15	100	15	100	15	100	15	100	20	100	20	100	5	100
30	10	66	10	66	10	66	10	66	12	60	12	60	2	40
40	8	53	8	53	8	53	6	40	8	40	8	50	1	20
50	7	46,7	6	40	6	40	4	26,6	6	30	6	30	0,65	13
60	5	33,3	5	33,3	5	33,3	3,3	22	4	20	5	25	0,4	8
70	4	26,6	4,4	29,5	4,4	29,5	2.8	18.8	3	15	4,2	21	0,3	6
80	3.4	22,6	3,9	26	3,9	26	2,1	14	2,6	13	3,8	19	0,21	4,2
90	2,9	19,4	3,4	22,6	3,5	23,2	1,9	12,7	2,2	11	3,2	16	0,17	3,4
100	2,3	15,4	2,9	19,4	3	20	1,6	10,7	1,8	9	2,9	14,5	0,14	2,8
125	1.07	7,3	2,0	13,3	2,4	16	1	6,6	1,4	7,2	2,2	11	0,08	1,6
150	1.03	6,9	1,6	10,7	1,89	12,6	0,7	4,7	0,9	4,5	1,8	9	0,056	1,1
175	0,9	6,0	1,3	8,7	1,6	10,7	0,48	3,2	0,65	3,3	1,6	8	0,04	0,8
200	0,7	4,65	0,97	6,5	1,4	9,3	0,34	2,26	0,5	2,5	1,2	6	0,03	0,6
300	0,125	0,83	0,5	3,3	0,7	4,7	0,09	0,6	0,37	1,85	0,7	3,5	0,015	0,3
400	0,1	0,66	0,27	1,8	0,45	3	0,03	0,2	0,19	0,95	0,42	2	0,0078	0,16
500	0,04	0,26	0,15	1,0	0,28	1,8	0,009	0,06	0,09	0,45	0,28	1,4	0,003	0,06
750	0,005	0,033	0,03	0,2	0,1	0,67	0,006	0,004	0,02	0,1	0,1	0,5	0,0001	0,002
1000	0,0007	0,0046	0,009	0,06	0,09	0,6	—	—	0,017	0,085	0,09	0,045	—	—

Unter „Effektivhöhe“ versteht man einen Rechnungswert, der gewöhnlich wesentlich kleiner ist als die wirkliche Höhe der Antenne. Denn die Voraussetzung für den Rechnungswert bildet ein ideal leitfähiger Untergrund, also zum Beispiel die Meeresoberfläche. Auf dem Festland ist die Leitfähigkeit des Untergrundes natürlich geringer als auf dem Wasser, so daß man also erst mit einer Antenne, deren aufnehmender Teil höher als 1 m ist, eine Wellenspannung bekommt, die gleich der Feldstärke am Empfangsort ist. Man rechnet für Seewasser eine Wellenleitfähigkeit σ von 10^{-11} C. G. S. (1 Volt $= 10^{8}$ el. magn. C. G. S. $= \frac{1}{300}$ el. stat. C. G. S.-Einheiten!)*); dem entspricht eine Dielektrizitätskonstante K = 80. Für nassen Boden ist $\sigma = 10^{-13}$—10^{-14}, entsprechend einem K = 5—15; für trockenen Boden ist $\sigma = 10^{-15}$ C. G. S., entsprechend einem K = 2—6. Im Mittel rechnet man für Deutschland eine Bodenleitfähigkeit von $\sigma = 0{,}5 \cdot 10^{-13}$ C. G. S. Ta-

*) C. G. S.-Centimeter-Gramm-Secunden.

bei verschiedener Bodenleitfähigkeit.

leitfähigkeit 10—13				Bodenleitfähigkeit 10—14						Bodenleitfähigkeit 10—15					
600	%	2000	%	200	%	600	%	2000	%	200	%	600	%	2000	%
13	100	16	100	0,3	100	5	100	15	100	0,17	100	0,6	100	13	100
8	61	10	62	0,18	60	2	40	9	60	0,06	35	0,22	36,5	4	30
6	46	7	44	0,08	27	0,9	18	6	40	0,035	20,5	0,12	20	1,9	14
4	30	5,6	35	0,055	18	0,52	10,4	4,6	31	0,023	13,5	0,08	13,3	0,9	6,8
3	23	4,7	29	0,038	12,6	0,36	7,2	3,7	24,5	0,017	10	0,054	9	0,55	4,2
2,6	20	4	25	0,028	9,3	0,25	5	3	20	0,014	8,3	0,04	6,7	0,36	2,8
2	15,4	3,4	21	0,02	6,7	0,19	3,8	2,5	16,8	0,0095	5,6	0,03	5	0,26	2
1,8	14	3	18,8	0,017	5,7	0,13	2,6	2	13,4	0,008	4,7	0,025	4,2	0,2	1,5
1,5	11,5	2,6	16,2	0,014	4,7	0,1	2	1,8	12	0,0065	3,8	0,019	3,2	0,15	1,1
1	7,7	2	12,5	0,008	2,6	0,06	1,2	1,3	8,7	0,0042	2,4	0,013	2,1	0,1	0,77
0,7	5,4	1,6	10	0,006	2	0,04	0,8	0,9	6	0,003	1,75	0,0085	1,4	0,07	0,54
0,5	3,8	1,4	8,7	0,0046	1,5	0,03	0,6	0,7	4,6	0,0022	1,3	0,0065	1	0,048	0,37
0,38	2,9	1,1	6,9	0,0038	1,3	0,024	0,48	0,52	3,4	0,0017	1	0,005	0,83	0,035	0,27
0,15	1,1	0,55	3,4	0,0017	0,57	0,01	0,2	0,2	1,3	0,0007	0,42	0,002	0,33	0,017	0,13
0,06	0,46	0,3	1,9	0,001	0,33	0,006	0,12	0,12	0,8	0,0004	0,23	0,0013	0,21	0,009	0,068
0,025	0,19	0,2	1,2	0,00055	0,18	0,0035	0,07	0,065	0,43	0,0025	0,048	0,0007	0,11	0,0055	0,042
0,003	0,023	0,06	0,37	—	—	0,001	0,02	0,018	0,12	—	—	0,00028	0,047	0,0025	0,018
0,0007	0,0054	0,022	0,14	—	—	—	—	0,004	0,026	—	—	—	—	0,001	0,0077

belle 2 zeigt die Abhängigkeit der Amplitude vom Abstand zum Sender bei verschiedenen Bodenleitfähigkeiten.

Die Messung der Feldstärke erfolgt im Mittel- und Langbereich mit Rahmenantenne und besonderem Feldstärkemeßgerät; bei den Kurzwellen und Ultra-Kurzwellen mit sogenannten Dipolen, das heißt zwei um 180 Grad gegeneinander versetzten Antennen, die in einer ganz bestimmten Beziehung zur Wellenlänge stehen müssen.

Den Bastler interessieren besonders die Feldstärkewerte im Mittel- und Langwellenband. Bei Kurzwellen im Bereich 14 bis 50 m schwanken die Feldstärkewerte in sehr weiten Grenzen mit der verwendeten Wellenlänge, dem Sonnenstand zwischen Sender und Empfänger und den Uebertragungsbedingungen in der Ionosphäre, so daß man in diesem Bereich allgemein gültige Vorausberechnungen nur sehr schwierig machen kann.

* * *

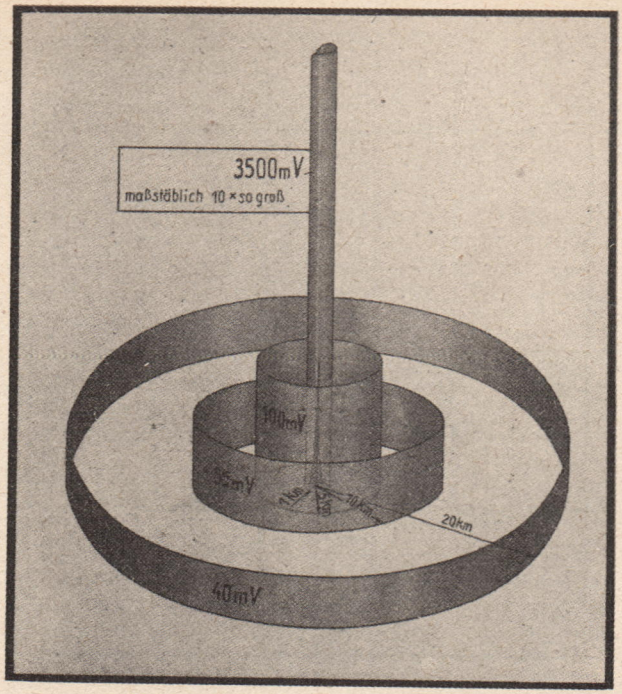


Abb. 1. Feldstärken in der Umgebung der Senderantenne.

Man kommt dem Begriff der für den Empfang so grundlegend wichtigen „Feldstärke" am besten nahe, wenn man sich einige Zahlen merkt, die aus praktischen Meßwerten hervorgegangen sind. Abb. 1 stellt eine maßgerechte Zeichnung der Feldstärken in der näheren Umgebung der Sendeantenne dar. Dabei haben wir die Voraussetzung gemacht, daß sich das Wellenfeld ungestört ausbreiten kann — eine Tatsache, die in der Praxis nur bei einer Schiffsstation auf hoher See tatsächlich erfüllt ist. Das Feldstärkebild stammt von einem 100-kW-Sender, dessen Welle etwa in der Mitte des Mittelbereichs 200 bis 600 m liegt. Man erkennt, daß noch 1 bis 5 km um den Sender herum Werte von 100 mV/m erzielt werden, die so groß sind, daß man in den allermeisten Fällen einen Sperrkreis zu Hilfe nehmen muß, um den Empfänger nicht zu übersteuern. Die Praxis hat beim Rundfunkempfang folgende Bezeichnungen für Feldstärkewerte festgelegt:

Tabelle 3.
Feldstärkebezeichnungen beim Rundfunk-Empfang*).

Feldstärken von 25—5000 mV/m	= übermäßig große Ortssender-Feldstärke; Sperrkreis unerläßlich
Feldstärken von 5—25 mV/m	= normale Ortssender-Feldstärke
Feldstärken von 1—5 mV/m	= große Feldstärke beim Fernempfang — auch bei Schwund guter Empfang
Feldstärken von 0,5—1 mV/m	= mittlere Feldstärke beim Fernempfang — bei Schwund eben noch brauchbarer Empfang
Feldstärken von 0,1—0,5 mV/m	= kleine Feldstärken beim Fernempfang — bei Schwund unbrauchbarer Empfang
Feldstärken von 0,05—0,1 mV/m	= sehr kleine Feldstärken beim Kurzwellentransozean-Fernempfang
Feldstärken von 0,01—0,05 mV/m	= kleinste Feldstärkewerte für brauchbaren Rundfunkempfang auf Kurzwellen mit rauscharmer Hochfrequenzvorstufe
Feldstärken von 0,001—0,01 mV/m	= meist unter der Linie der Störungen gelegen, bei 0,006 mV/m etwa Linie des normalen Röhren- und Kreisrauschens

*) Unser Auge reagiert noch auf elektrische Feldstärken von 30 mV/m im Lichtwellengebiet. Die elektrische Feldstärke des Lichts bei hellem Sonnenschein beträgt rund 300 000 mV/m.

In der kommerziellen Funktechnik benutzt man Spezialempfänger, die in der Lage sind, noch Antennenspannungen von wenigen µV/m (Mikrovolt = $\frac{1}{1000}$ mV) aufzunehmen. Aber hierbei muß man sich auf Telegraphie beschränken und besondere Antennenanordnungen schaffen sowie besonders störungsfreie Empfangsorte auswählen.

Warum brauchen wir für „guten Fernempfang" Feldstärkewerte von 1 bis 5 mV/m?

Weil in der Umgebung der Empfangsantenne ja nicht nur das Feld der gewünschten Welle vorhanden ist, sondern auch die Felder aller anderen Sender — und darüber hinaus auch noch ein elektro-magnetisches Feld, das von den atmosphärischen Störungen und den Lokalstörungen stammt. Wenn wir durch Schwingungskreise aus den gesamten in der Antenne vorhandenen Wellenspannungen diejenige einer bestimmten Wellenlänge heraussieben, geht naturgemäß ein Teil der ursprünglich vorhandenen Antennenspannung verloren. Daher brauchen wir von vornherein um so größere Feldstärkewerte, je schärfer wir trennen wollen.

Beim Rundfunkempfang kommt noch hinzu, daß wir nicht nur den Träger, sondern auch die Seitenbänder aufnehmen müssen. Da deren Spannung im Abstimmkreis nach der Form seiner Resonanzkurve mit dem Frequenzabstand vom Träger abnimmt, so brauchen wir um so größere Feldstärken, je breiter das Frequenzband ist, das wir aufnehmen wollen, wenn nicht besondere Bandfilteranordnungen benutzt werden. Beim Rundfunkempfang braucht man stets mindestens zehnmal so hohe Feldstärken wie beim Telegraphieempfang, um zu gleich sicheren Empfangsergebnissen zu kommen.

Wir wollen aber auch möglichst **störungsfrei** empfangen! Das bedeutet beim Rundfunkempfang, daß der Abstand zwischen der Feldstärke der Störungen und derjenigen der gewünschten Trägerwelle mindestens 1 : 10 beträgt.

Die normalen atmosphärischen Störungen verlaufen umgekehrt mit der Wellenlänge:

Im Langwellenbereich betragen sie in Deutschland durchschnittlich 0,01 mV/m — im Mittelbereich 0,05 mV/m — und im Kurzbereich 0,005 mV/m. Wir brauchen also, um den genügenden Abstand zu den Störungen zu halten, im Langbereich die größten Feldstärken — im Kurzbereich die kleinsten.

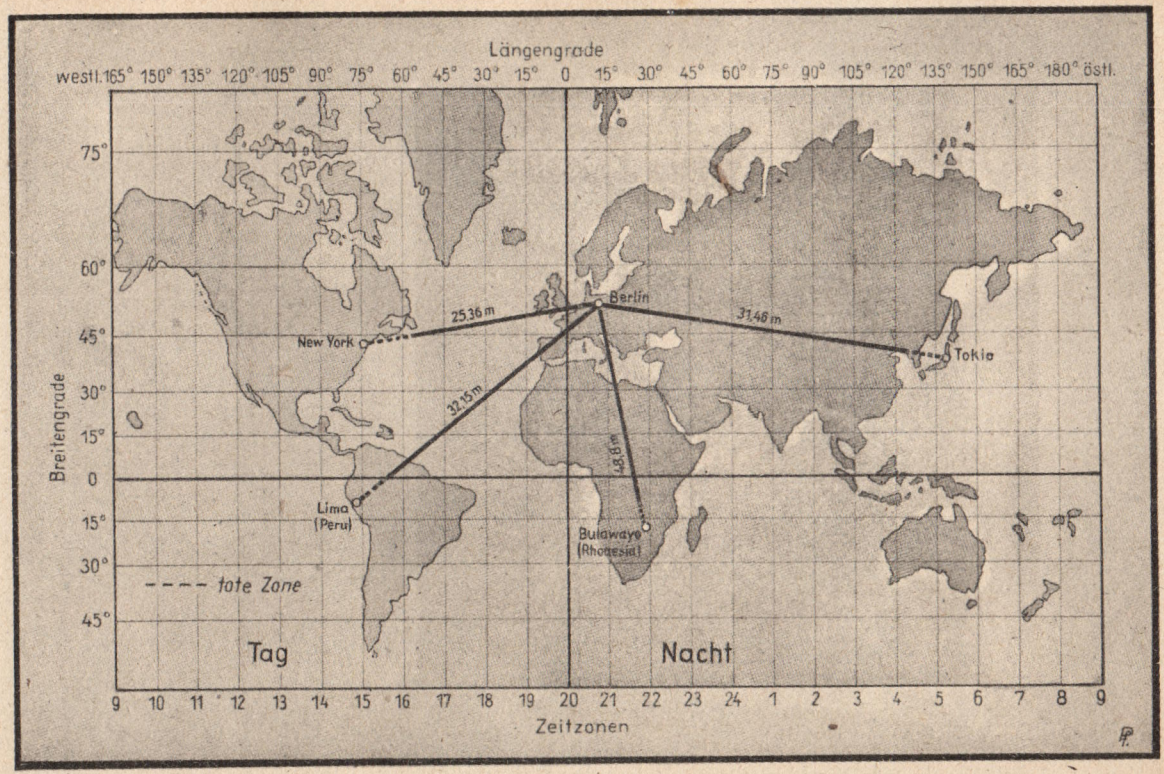


Abb. 2. Tag- und Nachtwellen beim Kurzwellenempfang richten sich nach der Lage des Dämmerungsgürtels zwischen Sender und Empfänger.

Wenn die gewünschte Wellenspannung einen kleineren Abstand als 1 : 10 gegenüber den Störungen hat, ist einwandfreier Empfang unmöglich. Wenn die Störungen gar die gleiche oder eine höhere Feldstärke als die gewünschte Sendung erreichen, versinkt die Botschaft restlos in den Störungen. Daher gibt es für jeden Sender jeder Wellenlänge eine absolute **Grenzreichweite,** die ganz unabhängig von der Stärke des Empfängers ist. Wir haben in Abb. 3 diese Grenzreichweiten dargestellt. Dabei benutzen wir zwei verschiedene Antennen, die 1-m-Antenne (Effektivhöhe 1 m) und die 5-m-Antenne. Der gestrichelte Teil der Balken stellt die Reichweitenerhöhung bei Vergrößerung der Antenne von 1 auf 5 m Effektivhöhe dar.

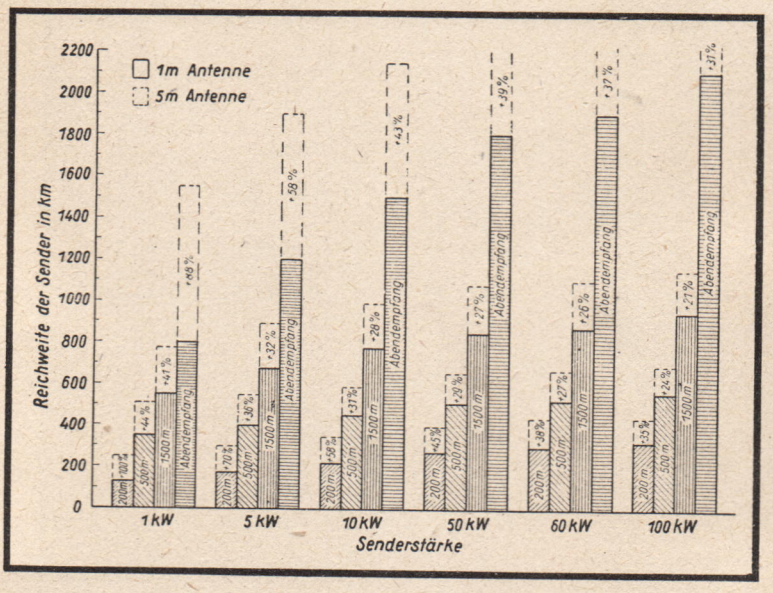


Abb. 3. Theoretische Grenzreichweite der Sender bei 1-m- und 5-m-Antennen, Tages- und Abend-Empfang für einen modernen Vierröhrensuper.

Man sieht auf dem Bilde den Tagesempfang getrennt vom Abendempfang dargestellt. Und zwar sind beim Tagesempfang drei Wellenlängen gewählt, nämlich 200, 500 und 1500 m, während der Abendempfang nur für eine Wellenlänge dargestellt ist. Dies hat seinen Grund darin, daß die

Tagesreichweite der Sender nicht nur von ihrer Senderstärke, sondern auch von der Wellenlänge abhängig ist. Die Reichweite der „Bodenwellen" wird um so geringer, je kürzer die Wellenlänge wird. Im Kurzwellenbereich von 20 bis 50 m beträgt sie bei einem normalen 25-kW-Sender nur noch 30 bis 70 km.

Wenn trotzdem gerade die Kurzwellen zur Ueberbrückung von Transozeanentfernungen benutzt werden, dann deutet dies darauf hin, daß in diesem Wellenbereich ganz andere Ausbreitungsbedingungen zugrundegelegt werden müssen. Tatsächlich breiten sich die Wellen sehr verschieden aus, je nach ihrer Länge:

1. Die Langwellen gelangen hauptsächlich in Erdbodennähe vom Sender zu den Empfängern (Bodenwellen). Da die Bodenwellen Tag und Nacht gleich stark sind, so ist der Langwellenempfang besonders tagsüber zu empfehlen.
2. Die Mittelwellen von 200 bis 600 m breiten sich tagsüber als Bodenwellen aus, jedoch ist ihre Reichweite begrenzt. Nachts empfangen wir in diesem Bereich hauptsächlich die Raumwellen, deren Ausbreitung wellenlängenunabhängig ist.
3. Bei den Kurzwellen empfangen wir nur in sehr großer Sendernähe die Bodenwellen, sonst ausschließlich Raumwellen.

Ueber den Kurzwellen-Rundfunkempfang.

Die Kurzwellen steigen von der Sendeantenne aus nach oben in die Regionen der Ionosphäre*) hinauf und werden dort nach einer gewissen Weglänge zur Erde zurückgebeugt. Von der Erdoberfläche kann dann die reflektierte Welle wieder nach oben gespiegelt werden, dort ein Stück weiterlaufen und wieder zum Erdboden zurückgebeugt werden. Die Kurzwellen „hüpfen" über den Erdball. Sie können an denjenigen Empfangspunkten, die gerade unter einer Strecke liegen, die die Welle in der Ionosphäre zurücklegt, überhaupt nicht gehört werden. Erst wenn sie wieder zur Erde zurückgespiegelt worden sind, ist Empfang möglich. Infolge dieser eigentümlichen Ausbreitungserscheinungen ergeben sich einerseits sogenannte „Sprungzonen" (skip-distance), andererseits aber er-

*) Ionosphäre nennt man die Zone von 100 bis 1000 km Höhe über dem Erdboden.

zielt man sehr viel größere Reichweiten als bei Mittel- und Langwellen. Die skip-distance oder „tote Zone" wandert am Abend weiter vom Sender weg als tagsüber. Zunächst fallen bei zunehmender Dunkelheit nahe am Empfangsort gelegene, dann immer entferntere Stationen in die tote Zone; sie werden immer leiser und zuletzt unhörbar, während gleichzeitig damit die Lautstärke sehr weit entfernter Kurzwellensender immer mehr ansteigt. Aehnlich, aber rascher, vollzieht sich am Morgen die Rückwanderung der toten Zone. Neben diesem täglichen Wandern beobachtet man auch eine jahreszeitliche Wanderung, indem im Sommer die toten Zonen wesentlich kleiner sind als im Winter. Die Breite der toten Zonen im Jahresmittel kann man aus folgender Tabelle entnehmen:

Tabelle 4.
Jahresmittelwert der Breite der toten Zone in km

Wellenband	mittags 12.00 am Empfangsort	nachts 12.00 am Empfangsort
13-m-Band	1500 km	4000 km
19-m-Band	1000 km	2500 km
25-m-Band	700 km	1800 km
31-m-Band	400 km	1400 km
49-m-Band	—	600 km

Die Breite kann im Winter manchmal etwas größer sein, als der in der Tabelle angegebene Mittelwert beträgt, im Sommer ist sie häufig wesentlich kleiner. Der Uebergang vom Tag- zum Nachtwert in den Abendstunden vollzieht sich langsamer als der vom Nacht- zum Tagwert in den Morgenstunden. Da die Sonneneinstrahlung die Aufspaltung der Moleküle in den oberen Schichten der Atmosphäre in Elektronen und Ionen hervorruft, die Elektronenkonzentration je Kubikzentimeter aber maßgeblich ist für den Brechungsindex der Schichten, so spielt natürlich für die Breite der toten Zone der Sonneneinfluß eine wesentliche Rolle. Je stärker die Ultravioletteinstrahlung der Sonne, desto größer ist die Zahl der Elektronen in einer Raumeinheit — und desto mehr weicht der Brechungsindex dieser Schicht der Ionosphäre vom Wert 1 ab. Theoretisch ist diese Abweichung proportional

dem Quadrat der Wellenlänge und der Konzentration der Ionen oder Elektronen.

Der Kurzwellenrundfunkhörer muß wenigstens die Tatsache dieser merkwürdigen Ausbreitung der Kurzwellen kennen, um zu verstehen, warum man in den Kurzwellenbändern Ueberseereichweiten erzielt, während man im Mittel- und Langband auch mit dem größten Rundfunkempfänger mit wenigen Ausnahmen nur Nachtreichweiten von höchstens 2000 km erreichen kann. Dabei ist es gar nicht einmal so wichtig, ob der Kurzwellensender 1, 10 oder 50 kW stark ist. Die Hauptsache ist, daß die Uebertragungsbedingungen für die Wegstrecke zwischen Sender und Empfänger günstig sind in bezug auf die Wellenlänge, die der Sender hat.

Welche Wellenlängen zu welcher Stunde?

Aus dieser Betrachtung ergibt sich, daß der Ueberseeempfang auf Kurzwellen in der Regel im 13-m-, 16-m- und 19-m-Band dann günstig ist, wenn der Sender weiter als 1500 km vom Empfangsort entfernt und die ganze Strecke zwischen Sender und Empfänger von der Sonne beleuchtet ist (oder wenigstens der größte Teil derselben). Liegt aber der größte Teil der Wegstrecke zwischen Sender und Empfänger im Dunkeln, dann wird man besser im 31-m- und besonders gut im 49-m-Band hören können. Daher wechseln ja die Kurzwellenrundfunksender ihre Wellenlängen regelmäßig zwischen „Tag-" und „Nachtwellen".

Tabelle 5.

Günstigste Wellenlängen für den Empfang aus Übersee
(im Jahresdurchschnitt!)

Erdteil	0—7	8—12	12—14	14—18	18—20	20—24
	Uhrzeitangabe nach MEZ (deutsche Zeit)					
Nordamerika	48—51	19—51	16—31	15—31	19—35	31—51
Mittelamerika	30—51	19—31	15—20	17—25	19—31	31—51
Südamerika	30—51	19—31	14—20	14—21	19—31	25—51
Afrika	30—51	16—25	14—19	15—21	19—31	25—51
Mittelasien	25—51	16—31	19—31	19—31	25—51	30—51
Ostasien	19—35	16—31	15—35	19—31	25—51	25—51
Australien	30—51	19—31	19—35	25—35	25—35	31—51

Richtstrahler.

Ein anderer Punkt, der beim Empfang der Kurzwellen aus allen Erdteilen beachtet werden muß, ist die

Richtstrahlsendung.

Aus Energie-Ersparnisgründen werden die Wellen an der Sendeantenne gebündelt, wie man die Lichtstrahlen eines Scheinwerfers durch den Parabolspiegel bündelt. Hierdurch gelingt es, die Hauptenergie nach einer bestimmten Richtung auszustrahlen und vor allem die Rückstrahlung zu verhindern. Wenn auch die Breite des Strahlkegels mit der Entfernung vom Sender sehr rasch zunimmt, so ist die Empfangsfeldstärke in der Richtung des Strahles doch vielfach größer als bei der ungerichteten Sendung. Für den Empfang von Richtstrahlsendungen ist es wesentlich, ob man in der Strahlrichtung, seitlich oder gar rückwärts davon liegt. Daher kann man auch unter Berücksichtigung der oben gemachten Einschränkungen bezüglich Wellenlänge und Sonnenstand zwischen Sender und Empfänger nicht überall in einer bestimmten Entfernung rund um den Sender jede gewünschte Kurzwellenrundfunkstation hören. Da jeder Kurzwellenrundfunk-Richtstrahler ansagt, nach welcher Richtung seine Reflektorantenne zur betreffenden Zeit strahlt, ist es für den Empfänger an Hand der Weltkarte einfach, von vornherein festzustellen, ob er einen gewünschten Sender zur gewünschten Zeit überhaupt hören kann oder nicht.

Aus alledem geht hervor, daß der Uebersee-Kurzwellenempfang nicht die gleiche zeitliche Unabhängigkeit und räumliche Universalität aufweist wie der Empfang von Mittelwellen über kürzere Distanzen. Daher bringt ja dieser Wellenbereich gerade dem Wellenjäger die Freude am Suchen.

Die Höchstreichweite der Sender hängt aber neben den Ausbreitungsbedingungen der Welle auch in einem gewissen Umfange von der Empfindlichkeit des benutzten Empfängers ab, die man allerdings nur dann voll ausnutzen kann, wenn die Störungen am Empfangsort sehr gering sind. Unter „Empfindlichkeit des Empfängers" versteht man jenen Antennenspannungsbedarf, der am Ausgang des Apparates bei 30% Modulation eine Tonfrequenzleistung von 50 Milliwatt ergibt.

Man kann in Europa im Mittel- und Langbereich eine höhere Empfindlichkeit der Geräte als 10 Mikrovolt niemals gebrauchen, weil der Abstand zwischen dem normalen Störgeräusch (das durch Luft- und Lokalstörungen hervorgerufen

wird) und der gewünschten Signal-Lautstärke (also der Musik des Rundfunksenders) auch für bescheidenste Ansprüche mindestens 1 : 10 betragen muß. Die mittleren Störungen liegen aber auch bei guten abgeschirmten Antennen ungefähr bei 10 Mikrovolt. Durch besonders hohe Antennen kann man zwar einiges verbessern, aber doch lange nicht so viel, daß sich die Reichweitgrenzen wesentlich hinausschieben würden. Die Empfindlichkeit unserer Empfänger kann man bei Superhets mit 20 bis 50 µV, beim Kleinsuper mit 50 bis 200 µV und bei Einkreisern mit 0,5 bis 5 mV annehmen.

Hören wir nun mit einem empfindlichen Gerät an einer Hochantenne, dann entdecken wir bald, daß tagsüber die Sender viel weniger weit reichen als abends. In der nachfolgenden Tabelle sind die Höchstreichweiten für den Tages- und Abendempfang bei drei verschiedenen Empfängerempfindlichkeiten dargestellt.

Tabelle 6.

Tabelle der Höchstreichweiten in km im Mittel- und Langbereich

Sender-stärke in KW	Tagesempfang der Wellenlängen 200—2000 m bei Empfängerempfindlichkeit von 10, 50 u. 100 µV									Abendempfang - wellenlängen unabhängig		
	200 m			500 m			1500 m			200 — 2000 m		
Kilowatt	10 µV	50 µV	100 µV	10 µV	50 µV	100 µV	10 µV	50 µV	100 µV	10 µV	50 µV	100 µV
150	575	425	350	860	675	600	1400	1200	1000	3600	2800	2200
100	550	400	325	830	640	560	1350	1100	950	3400	2600	2100
60	530	375	300	810	625	525	1325	1000	875	3300	2400	1900
50	520	360	275	800	600	510	1300	970	850	3200	2300	1800
20	500	340	250	775	570	500	1250	930	800	3000	2100	1700
10	475	300	220	725	540	450	1200	900	775	2800	1900	1600
5	425	250	175	690	500	400	1100	840	675	2600	1700	1200
1	375	190	125	600	425	350	1000	675	550	2200	1300	800
Wirksame Antennenhöhe h_{eff} = 1 m												

Man sieht daraus, daß zum Beispiel ein 100-kW-Sender mit der Wellenlänge von rund 200 m bei einem normalen Super mit 50 Mikrovolt Empfindlichkeit höchstens 400 km weit reichen kann. Abends würde derselbe Sender mehr als sechsmal soweit reichen — in beiden Fällen eine normale Hochantenne vorausgesetzt.

Zur Auswertung der Tabelle müssen wir aber bemerken, daß es sich um die theoretischen Höchst-Reichweiten

handelt. Für die Begriffe des Rundfunkhörers, der viel höhere Ansprüche an die Lautstärke und die Tonreinheit — das heißt, das Verhältnis zwischen Stör- und Empfangs-Lautstärke — stellt, kommt man in der Praxis nur auf rund ein Drittel bis höchstens die Hälfte der dargestellten Reichweiten.

Rundfunk über die Erde.

Will man eine Sendung über den ganzen Erdball verbreiten, dann kann man also mit dem Mittel- und Langwellenbereich nichts anfangen. Darum arbeitet der Weltrundfunk mit Kurzwellen. Für den Kurzwellenrundfunk hat die Madrider Wellenkonferenz folgende Bänder, das heißt Wellenlängenabschnitte, freigegeben.

„11-m"-, „13-m"-, „16-m"-, „19-m"-, „25-m"-, „31-m"- und „49-m"-Band.

Das „11-m"-Band ist gegenwärtig noch nicht belegt, das „13-m"-Band bringt ebenfalls keine wesentliche Ausbeute an Rundfunksendungen, so daß die meisten Empfänger erst beim „16-m"-Band beginnen. Aber auch hier sind nur wenige Rundfunksender placiert. Deshalb ist es gar nicht schade, daß ältere deutsche Superhets mit Kurzwellen nur den Bereich 19 bis 51 m umfassen. Hier finden wir in der Tat die meisten Weltrundfunksender mit dem wertvollsten Unterhaltungsprogramm.

Einige neue Sender konnten auf den Kurzwellenrundfunk-Bändern keinen Platz mehr bekommen, weil alles besetzt ist — und benutzen deshalb provisorisch „Zwischenbänder".

Tabelle 7.

Band	von ..... bis Wellenlänge in m	von ..... bis Frequenz in Mega (Millionen) Hertz	Bandbreite in Kilohertz
11 m	11.27—11.70 m	= 25.60—26.60 Mega Hertz	= 1000 Khz Breite
13 m	13.90—14.00 m	= 21.45—21.55 „ „	= 100 „ „
16 m	16.85—16.90 m	= 17.75—17.80 „ „	= 50 „ „
19 m	19.55—19.85 m	= 15.10—15.35 „ „	= 250 „ „
25 m	25.20—25.60 m	= 11.70—11.90 „ „	= 200 „ „
31 m	31.20—31.60 m	= 9.50— 9.60 „ „	= 100 „ „
50 m	48.80—50.00 m	= 6.00— 6.15 „ „	= 150 „ „

Tabelle 8.

Monatsmittelwerte der Abendfeldstärken — und prozentuale Abweichung der Monatsmittel vom Jahresmittel für die deutschen Großsender nach Messungen vom Jahre 1938.

Sender	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Breslau	1.76	1.45	1.83	1.71	1.51	1.42	1.13	1.13	1.42	1.46	1.57	1.61
Frankfurt	0.64	0.63	0.86	0.68	0.49	0.38	0.32	0.40	0.25	0.46	0.57	0.59
Hamburg	1.12	1.17	1.36	1.25	1.09	0.97	0.84	1.14	0.92	1.05	1.16	1.24
Köln	1.89	1.52	2.14	1.42	1.22	0.97	0.95	1.27	0.94	1.14	1.30	1.55
Königsberg	1.08	1.09	0.93	0.97	0.79	0.69	0.57	0.63	0.74	0.83	0.89	0.87
Leipzig	2.23	1.96	1.74	1.91	1.67	1.72	1.48	1.97	1.66	1.18	1.96	1.96
München	2.22	2.17	2.34	2.15	1.46	1.28	0.90	1.18	1.40	1.99	1.48	1.50
Stuttgart	2.22	1.77	1.89	2.01	1.53	1.34	1.17	1.58	1.56	1.46	1.62	2.07
Wien	2.17	1.92	2.21	1.88	1.44	1.41	1.20	1.20	1.40	1.60	1.70	2.26
Jahresmittel 12.14	15.33	1.68	15.30	1.98	11.20	10.18	8.56	10.10	10.29	11.17	12.25	1.65
% vom Jahresmittel	+26	+13	+26	+15	− 9	−16	−30	−18	−16	−10	+ 1	+13
Monatsschwankung 1930-1938	+20%	+15%	+36%	+12%	−12%	−18%	−29%	−30%	−20%	− 5%	+8%	+17%

Feldstärkemessungen im Mittelbereich 200 bis 600 m.

Wenn man mit einem geeichten Feldstärkemeßgerät die Raumfeldstärken (also Dunkelheitswerte) der wichtigsten europäischen Sender im Mittelwellenbereich viele Jahre lang messend verfolgt, erhält man einen sehr guten Ueberblick über die für den Empfang zur Verfügung stehenden Werte:

Monatliche Mittelwertschwankungen.

Aus Tabelle 8 ersieht man, daß die abendlichen Feldstärkewerte im Mittelband einen deutlichen Gang mit der Sonneneinstrahlung am Empfangsort zeigen: Wir hören im Winter viel besser als im Sommer. Aus unseren zehnjährigen Feldstärkemessungen ergeben sich folgende Monatsmittelwerte der Raumfeldstärken europäischer Sender im Mittelwellenband (ausgedrückt in ± % vom Jahresmittel!):

Tabelle 9.

Januar	=	+ 20%
Februar	=	+ 15%
März	=	+ 36%
April	=	+ 12%
Mai	=	— 12%
Juni	=	— 18%
Juli	=	— 29%
August	=	— 30%
September	=	— 20%
Oktober	=	— 5%
November	=	+ 8%
Dezember	=	+ 17%

Der März ist also bei uns der beste, der August der schlechteste Fernempfangsmonat im Mittelwellenband. Ganz anders aber liegen die Verhältnisse im Kurzwellenbereich 11 bis 50 m, wie wir oben gezeigt haben.

Einfluß des Senders auf die Empfangsfeldstärke.

Sehr viel macht der Standort eines Senders auf die Empfangsfeldstärke besonders im Mittelwellenband aus. Aus den systematischen Feldstärkemessungen von Mittelwellen-Rundfunksendern läßt sich dieser Einfluß klar erkennen, wenn man die gemessenen Jahresdurchschnittswerte großer Sender auf die Entfernung Sender—Empfänger = 300 km Luftlinie — und die einheitliche Senderstärke von 100 kW umrechnet. Das ist in Tabelle 11 geschehen.

Tabelle 10.
Gemessene Jahres-Feldstärkemittel 1938

Sender	Welle	kW	Abstand vom Meßort km	Millivolt/m
Deutsche Sender				
Breslau	316	100	300	1.5
Frankfurt	251	25	425	0.52
Graz	339	15	620	0.46
Hamburg	332	100	280	1.1
Köln	456	100	460	1.36
Königsberg	291	100	515	0.84
Leipzig	882	120	150	1.82
München	405	100	510	1.6
Stuttgart	532	100	510	1.66
Troppau	249	11	430	0.18
Wien	507	100	520	1.69
Französische Sender				
Bordeaux	279	30	1320	0.76
Grenoble PTT	515	15	990	0.8
Lille PTT	247	60	740	0.47
Lyon PTT	463	100	950	0.70
Marseille PTT	400	120	1200	0.45
Paris PP	313	60	880	1.60
Paris PTT	432	120	880	0.93
Rennes PTT	288	120	1190	0.78
Straßburg PTT	349	100	590	1.5
Toulouse PTT	329	60	1300	0.70
Toulouse Pyr.	387	120	1300	0.52
Englische Sender				
Athlone	531	100	1350	0.63
London Nat.	261	20	900	0.66
London Reg.	342	70	900	1.08
Midland Reg.	296	70	1100	0.53
North Reg.	449	70	1350	0.69
Northern Irl. Reg.	307	100	1100	0.7
Scott Reg.	391	70	1100	0.54
Washford	286	50	1100	0.51
Washford (West Reg.)	373	70	1100	0.45

Tabelle 10 a.
Gemessene Jahres-Feldstärkemittel 1938

Sender	Welle	kW	Abstand vom Meßort km	Millivolt/m
Italienische Sender				
Bari I	283	20	1300	0.46
Florenz I	492	20	1000	0.7
Mailand I	369	70	850	0.94
Rom I	421	50	1200	1.12
Rom II	245	50	1200	0.23
Turin I/Triest	263	7	750	3.21
Ehemals tschechische Sender				
Brünn	325	32	440	0.88
Melnik	269	11	520	0.36
Prag I	470	120	280	1.53
Preßburg	299	13	660	0.76
Schwedische Sender				
Göteborg	319	10	350	0.39
Hörby	265	100	600	1.0
Stockholm	426	55	1200	0.76
Ehemals polnische Sender				
Kattowitz	496	12	460	0.69
Lemberg	377	50	530	0.66
Posen	346	16	230	0.32
Schweizerische Sender				
Beromünster	540	100	670	1.2
Monte Ceneri	257	15	850	0.23
Sottens	443	100	850	0.48
Ungarische Sender				
Budapest I	549	120	630	2.21
Kaschau	259	10	700	0.34
Nyiregyhaza	267	6	683	0.27
Belgische Sender				
Brüssel I	484	15	620	0.63
Brüssel II	322	15	620	0.54
Sonstige Sender				
Hilversum II	301	20	480	1.02
Kopenhagen	255	10	380	0.25

Tabelle 11.

	Wellenlänge in m	Jahresmittel 1938	Feldstärke bezogen auf 100 kW und 300 km Abstand
Breslau	316	1.5	1.5
Frankfurt	251	0.52	1.00
Hamburg	332	1.1	1.05
Köln	456	1.36	1.70
Königsberg	291	0.84	1.18
Leipzig	382	1.82	1.85
München	405	1.6	2.10
Stuttgart	532	1.66	2.20
Wien	507	1.69	2.35
Grenoble	515	0.80	2.80
Paris PP	313	1.60	4.40
Paris PTT	432	0.93	2.0
Straßburg	349	1.50	2.30
Toulouse	329	0.70	2.60
London reg.	342	1.08	2.75
Mailand	369	0.94	2.45
Rom	421	1.11	3.80
Brünn	325	0.88	1.90
Prag	470	1.53	1.50
Hörby	265	1.0	1.1
Beromünster	540	1.20	2.0
Budapest	549	2.21	3.20
Hilversum	301	1.02	2.90

Vorausberechnung der Feldstärken.

Die Tabelle 10 zeigt das Jahresmittel der Feldstärken von 1938. Es sind mehr als 50 Sender regelmäßig durchgemessen worden, so daß man aus dieser Tafel einen recht guten Ueberblick über die wirklich vorhandenen Feldstärken in Berlin bekommt. Um die hier zusammengestellten Werte auf den eigenen Empfangsort umzurechnen, wollen wir zunächst Tabelle 12 verwenden, in der die mittlere Jahres-Feldstärke eines 100-kW-Senders in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Sender und Empfänger dargestellt ist. Es handelt sich hier um Werte, die als Mittel aus den tatsächlichen Messungen hervorgegangen sind.

Will man, vom Jahreswert ausgehend, den Monatswert errechnen, so benutzt man hierzu Tabelle 9.

Beispiel: Ein 100-kW-Sender in 500 km Entfernung liefert im Monat Juni folgende Feldstärke: Aus Tabelle 12 entnehmen wir den Meßwert 1,73 mV/m und aus Tabelle 9 den Juniwert von minus 18%. Das ergibt:

$$\frac{1{,}73}{100} \cdot (100 - 18) = 1{,}42 \text{ mV/m}$$

Will man nun für einen Sender beliebiger Stärke aus Tabelle 12 den zu erwartenden Jahres- oder Monatsmittelwert der Feldstärke am Empfangsort berechnen, so nimmt man Tabelle 13 zu Hilfe. Hier findet man den Umrechnungsfaktor von 100 kW zu derjenigen Senderstärke, die der betreffende Sender wirklich hat.

Beispiel: Mailand in Berlin: Entfernung 850 km ergibt für 100 kW die Feldstärke von 1,11 mV/m. Nun hat aber Mailand nicht 100 kW, sondern nur 70. Während der Sendestärkewert für 100 kW 8,35 ist, beträgt er für 70 kW 7.

Die Rechnung lautet:

$$\frac{1{,}11 \cdot 7}{8{,}35} = 0{,}93 \text{ mV/m}$$

Ein Vergleich dieses Wertes mit dem in Tabelle 10 für Mailand verzeichneten Wert von 0,94 zeigt, daß die gerechnete Feldstärke tadellos mit der wirklich gemessenen übereinstimmt, was überhaupt für alle Sender gilt, die südlich des 49. Breitengrades liegen, während die nördlich davon gelegenen etwa 10% kleinere Feldstärken liefern. Die errech-

Tabelle 12.

Abendfeldstärke eines 100-kW-Großsenders im Mittelwellenband — bezogen auf das gemessene Jahresmittel 1938 (100 kW in 300 km Entfernung = 2,3 mV/m) bei verschiedenen Entfernungen.

Entfernung in km	Jahresmittelwert der Raumfeldstärke in mV/m	Entfernung in km	Jahresmittelwert der Raumfeldstärke in mV/m
150	2.50	800	1.19
200	2.60	850	1.11
225	2.60	900	1.07
250	2.50	950	1.00
275	2.40	1000	0.95
300	2.30	1100	0.88
350	2.10	1200	0.85
400	2.00	1000	0.77
450	1.85	1400	0.69
500	1.7	1500	0.61
550	1.57	1600	0.57
600	1.50	1800	0.46
650	1.42	2000	0.38
700	1.30		
750	1.23		

Tabelle 13: Senderstärkewert.

„Soll"-Senderstärke in kW nach der Wellenordnungstabelle	Multiplikationsfaktor für die Feldstärke $(\sqrt{0{,}7 \cdot \text{kW}})$
1—2	1
2	1,16
2,5	1,3
3	1,45
4	1,67
5	1,87
5,3	1,92
6,5	2,14
7	2,2
7,5	2,3
8	2,36
10	2,64
11	2,78
11,5	2,82
12	2,88
13	3
15	3,22
16	3,34
17	3,44
18	3,54
20	3,74
25	4,16
30	4,56
33	4,8
40	5,25
50	5,9
55	6,2
60	6,5
70	7
75	7,2
100	8,35
120	9,1

neten Werte gelten für mittlere Empfangsorte. Sie sind im Zentrum der Großstädte und im Hochgebirge bis zu 50% geringer.

* * *

Es gibt auch eine ganz allgemein gültige Methode, die Raumfeldstärke im Mittelwellenband vorauszuberechnen, wobei ein normaler Empfangsort vorausgesetzt wird. Die Ergebnisse decken sich überraschend gut mit denjenigen, die wir unter Benutzung der Tabellen 12 und 9 erhalten.

Auch sie ist ganz einfach anzuwenden:

1. Wir greifen auf einer maßstäblich richtigen Landkarte Europas, etwa im Maßstab 1 : 2,5 Millionen bis 1 : 10 Millionen, die Luftlinienentfernung zwischen Sender und Emp-

fänger ab. Für die sich ergebende Distanz entnehmen wir Tabelle 14 den Rechnungswert in mV/m:

Tabelle 14: Entfernungswert.

Abstand Sender/Empfänger in km	Rechnungswert in mV/m	Abstand Sender/Empfänger in km	Rechnungswert in mV/m
100	0,27	525	0,215
120	0,29	550	0,205
140	0,31	575	0,20
160	0,32	600	0,195
180	0,33	625	0,19
200	0,33	650	0,185
220	0,325	675	0,18
240	0,32	700	0,17
260	0,315	750	0,16
280	0,305	800	0,155
300	0,30	850	0,145
320	0,295	900	0,14
340	0,28	950	0,13
360	0,275	1000	0,125
380	0,27	1100	0,115
400	0,26	1200	0,11
420	0,255	1300	0,10
440	0,25	1400	0,09
460	0,24	1500	0,08
480	0,23	1600	0,075
500	0,225	1800	0,06
		2000	0,05

Nun multiplizieren wir den Entfernungswert von Tabelle 14 mit dem Senderstärkenwert, den wir Tabelle 13 entnehmen. (Die sogenannte Soll-Senderstärke ist in jedem Wellenverzeichnis angegeben!) Dann erhalten wir den Jahresmittelwert des betreffenden Senders, den wir nun unter Benutzung von Tabelle 9 auch noch auf den Monat ausdehnen können.

Beispiel: London-Regional 70 kW, Abstand vom Empfänger 900 km. Wir entnehmen Tabelle 13 für 70 kW den Wert 7 und Tabelle 14 für 900 km den Wert 0,14. Das ergibt nach einfacher Multiplikation die gesuchte Feldstärke zu:

$$7 \times 0{,}14 = 0{,}98 \text{ mV/m}$$

Die Kontrolle des Jahresmittels von 1938 für diesen Sender in Berlin zeigt den Wert 1,08 mV/m — — — also eine gute Uebereinstimmung.

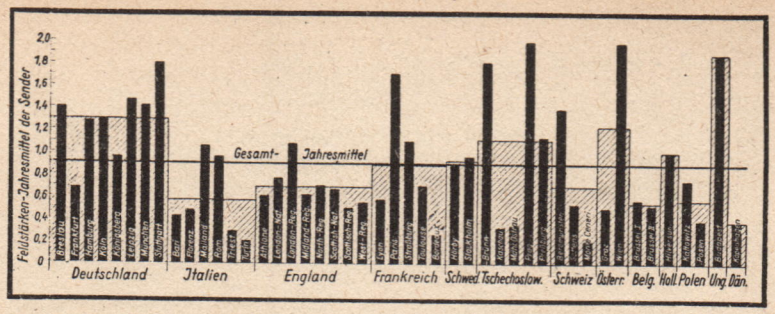


Abb. 4. Empfangsbild Berlin 1938.

Man erkennt aus Vorstehendem, daß es durchaus nicht schwierig ist, nach Tabellen 13 und 14 die Durchschnitts-Abendfeldstärke irgendeines beliebigen Senders im Mittel-

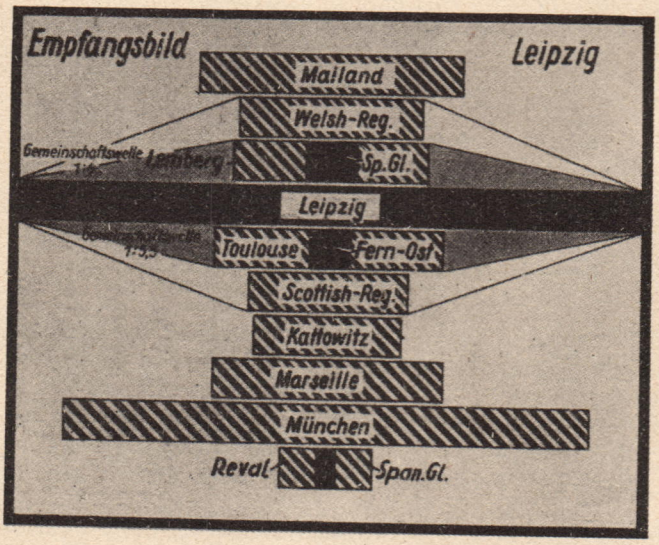


Abb. 5. Empfangsbild Leipzig 1938.

wellenband vorauszuberechnen. Das macht auch viel Spaß und kann dazu ausgewertet werden,

das Empfangsbild

für den eigenen Empfangsort aufzustellen. Dieses gibt uns sehr interessante Aufschlüsse über die zu erwartende Hörgüte eines gewünschten Senders, die Durchsprecherscheinun-

gen in Gemeinschaftskanälen, die Trennschärfeprobleme bei Sendern, die in Wellennachbarschaft mit dem Ortssender sind, die Probleme des sicheren „Einziehens" bei automatischer Scharfabstimmung sowie der zuverlässigen Funktion von Druckknöpfen als Abstimmittel.

Jeder Bastler sollte das Empfangsbild für seinen Empfangsort konstruieren und sich eingehend mit den Feldstärkefragen beschäftigen; denn eine seiner schönsten Aufgaben ist ja, im Bekannten- und Verwandtenkreise aufklärend zu wirken, wenn Fernempfangsprobleme auftauchen, die dem Laien unverständlich sind. Unsere Abbildungen 4 und 5 zeigen die Empfangsbilder von Berlin und Leipzig, wobei jedoch nur Berlin als Beispiel vollständig durchgezeichnet ist, während von dem anderen Empfangsort ein Ausschnitt gezeigt wird. Für die gerechte Beurteilung eines Empfängers erscheint das Empfangsbild unerläßlich notwendig. Wenn man auch durch die Rechnung nur 10 bis 25% Genauigkeit erzielen kann, so ist dies doch völlig ausreichend, da innerhalb dieser Grenzen ja sowieso die täglichen Feldstärkeschwankungen liegen.

Ueber den Tagesempfang.

Wir haben uns bisher nur mit den Abendfeldstärken beschäftigt, weil diese für den Rundfunkfernempfang am wichtigsten — und darüber im Rundfunk-Schrifttum nur sehr wenige und unvollständige Angaben enthalten sind. Verhältnismäßig sicher lassen sich die Tagesfeldstärken vorausberechnen, wobei man für Deutschland im Mittel eine Bodenleitfähigkeit von

$$\sigma = 0{,}5 \cdot 10^{-13} \text{ C. G. S.}$$

annehmen kann.

Im Gebirge erhält man wesentlich geringere Feldstärkewerte, deren Größe man aus Tabelle 2 entnehmen kann. Da die Tagesfeldstärken im Mittelband sehr stark von der Wellenlänge abhängen, haben wir sie in Tabelle 15 für verschiedene Wellen aufgezeichnet. Um die hier für einen 100-kW-Sender angegebenen Werte auf andere Senderstärken umzurechnen, muß man sie mit dem Faktor

$$\frac{\sqrt{x}}{\sqrt{100}}$$

multiplizieren, wobei x die Sollsenderstärke nach einer Sendertabelle bedeutet.

Tabelle 15.

Bodenfeldstärke in mV/m in flachem, wenig bewaldetem Land für 100 kW Senderleistung

Entfernung in km	Welle 200 m	Welle 300 m	Welle 400 m	Welle 500 m	Welle 600 m	Welle 1300m	Welle 2000m
5	470	520	540	570	600	600	600
10	190	320	255	270	300	320	320
20	50	90	120	140	160	180	185
30	18	45	63	75	82	92	95
40	8	24	38	48	58	70	72
50	5	13	24	32	40	51	53
60	3,1	8,3	16	24	30	40	42
70	3,2	5,2	12	16	23	33	35
80	1,5	3,3	9	13	18	26	28
90	1	2,5	5,5	10	14	22	24
100	0,65	2	4	7,5	11	20	22
150	0,22	0,7	1,5	2,3	4,5	11	13
200	0,1	0,28	0,55	1	2	6,5	8
300	0,04	0,09	0,13	0,25	0,48	2,5	3,6
400	0,01	0,03	0,05	0,08	0,15	1,1	1,9
500	—	0,01	0,02	0,05	0,08	0,5	1

Tabelle 16.

Bodenfeldstärke des Deutschlandsenders für 100 kW

Abstand vom Sender in Kilometer	Mittlere Boden-Feldstärke in Millivolt	Abstand vom Sender in Kilometer	Mittlere Boden-Feldstärke in Millivolt
20	120	160	8,5
30	78	170	7,55
40	55	180	6,60
50	45	190	6,20
60	34	200	5,50
70	27	250	3,50
80	23,2	300	2,60
90	19,5	400	1,30
100	17	500	0,65
110	14,3	600	0,39
120	13	700	0,21
130	11,7	800	0,117
140	10,4	900	0,065
150	9,25	1000	0,045

Man könnte sich also auch ein Empfangsbild für den Tagesempfang konstruieren, wird aber dabei bald finden, daß die Tagesreichweite der Sender im Mittelwellenband verhältnismäßig gering ist.

Daher sollte man sich beim Tagesfernempfang auf die Langwellen (Tabelle 16) beschränken, besonders aber die Kurzwellen zu Hilfe nehmen, die ja tagsüber meist besser kommen als abends, da es sich hier um eine reine Raumstrahlung handelt, wie wir weiter oben bereits gesagt haben.

KAPITEL II.

Über den Schwund.

Jeder Sender strahlt einen Teil seiner Wellenenergie in einem steilen Winkel zwischen 65 und 85 Grad nach oben. Diesen Anteil der Strahlung heißt man Raumstrahlung. Er wird bei modernen Rundfunksendern in gewissem Umfange unterdrückt, um die nahschwundfreie Zone rund um den Sender so groß wie möglich zu machen. Die Raumstrahlung wandert in die oberen Schichten der Atmosphäre hinauf. Hier trifft sie in etwa 100 km Höhe über dem Erdboden auf die Ionosphäre, in der sich die Luftmoleküle häufig anstatt im gewöhnlichen elektrisch neutralen Zustand im elektrisch positiven und negativen Zustand befinden. Durch die Sonne werden freie Elektronen eingestrahlt. Wenn ein Molekül ein solches freies Elektron einfängt, erscheint es elektrisch negativ geladen. Diesen Vorgang heißt man „ionisieren", weil ein elektrisch geladenes Atom in der Kernphysik als „Ion" bezeichnet wird. Man nennt deshalb die oberste Schicht der Atmosphäre, die sich zwischen 100 und 1000 km Höhe über dem Erdboden ausdehnt, Ionosphäre.

Hier befinden sich mehrere, einige 10 km hohe Schichten besonders großer Ionen-Konzentration, die man früher nach ihrem Entdecker als Heavisideschichten bezeichnet hat. Heute spricht man von „D"-, „E"- und „F"-Schichten. Ihre Höhe über dem Erdboden und die Ionen-Konzentration je Kubikzentimeter ändert sich sehr stark mit dem Sonnenstand. Diese Schichten wirken auf die Radiowellen ähnlich wie Spiegel auf die Lichtwellen. Ein Teil der Wellenenergie wird absorbiert, der größte jedoch reflektiert und zur Erde zurückgeworfen. Ohne diese Spiegelschichten wäre ein Radioverkehr über große

Entfernungen überhaupt unmöglich, weil sich die Raumstrahlung im Weltall verlieren würde und die Bodenwellen bekanntlich nur eine begrenzte Reichweite haben.

Wenn wir nun einen Sender empfangen, dessen Bodenwelle in unserer Empfangsantenne noch eine bestimmte Spannung erzeugt, gleichzeitig aber eine aus der Ionosphäre zurückgeworfene Raumwelle an der Empfangsantenne ankommt, dann können — je nach der Zeitdifferenz des Eintreffens der beiden Wellen — drei verschiedene Fälle auftreten:

1. Boden- und Raumwelle verstärken sich, so daß die doppelte Spannung auftritt,
2. beide Wellen löschen sich vollständig aus, so daß überhaupt keine Spannung in der Antenne erzeugt wird (Totalschwund),
3. beide Wellen treffen mit verschiedenen Zeitdifferenzen (Phasenunterschieden) ein, so daß der Empfang schwankt.

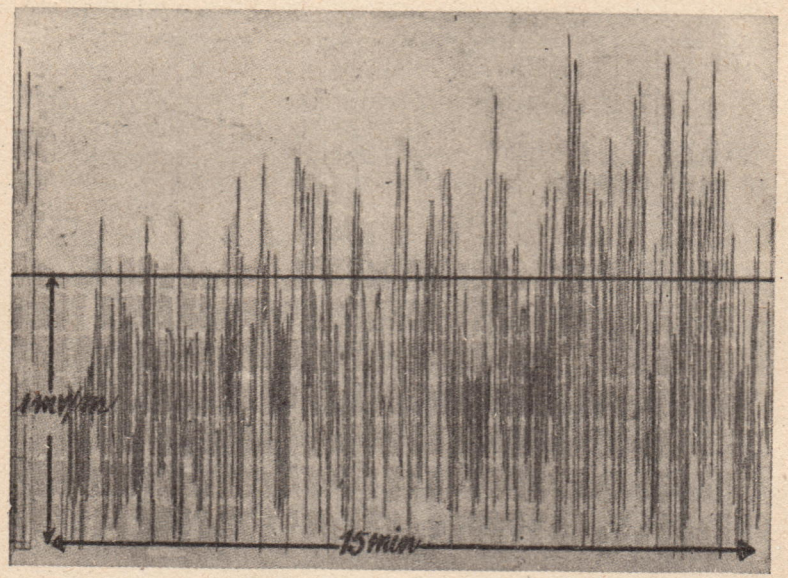


Abb. 6. Sekunden-Schwund.

Diese Erscheinung nennt man Schwund. Sie ist auch unter dem englischen Namen „Fading" bekannt. Die Abbildungen 6, 7 und 8 zeigen Schwunderscheinungen, wie sie besonders in

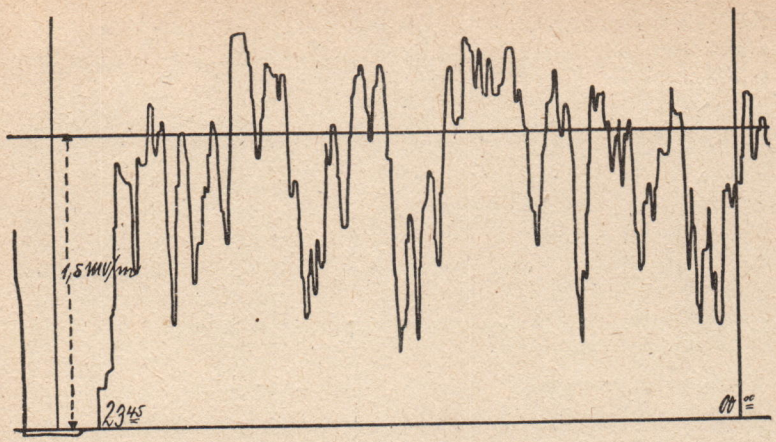


Abb. 7. Minuten-Schwund.

der Abenddämmerung, manchmal aber auch in der Nacht und bei Sonnenaufgang auftreten. Beim Kurzwellenempfang entsteht der Schwund durch Interferenz zwischen Raumwellen, die aus verschiedenen Höhen der Ionosphäre oder auf verschiedenen Wegen (z. B. Mehrfachreflektion) zur Empfängerantenne kommen.

Da die Schwunderscheinungen von der Höhe der spiegelnden Schicht, der Wellenlänge und dem Abstand zwischen Sender und Empfänger abhängen, so zeigen sie keinen regelmäßigen Gang. Mancher Sender hat wochenlang überhaupt keinen Schwund, dann folgen aber Tage, wo er sehr stark von Schwunderscheinungen betroffen ist. Im Frühjahr und Herbst ist der Schwund am stärksten. Tagsüber beobachtet man ihn sehr selten, weil die Raumwelle dann viel zu schwach

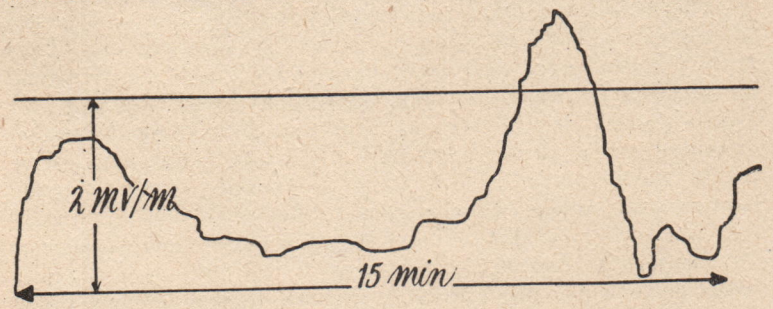


Abb. 8. Langzeit-Schwund.

ist. Wenn Sender im 200-m-Band Schwund zeigen, brauchen andere im 400- und 500-m-Band noch lange nicht davon betroffen sein.

Im Kurzwellenbereich ist der Schwund besonders bei großen Entfernungen zwischen Sender und Empfänger manchmal sehr heftig. Hier handelt es sich aber nicht um eine gegenseitige Beeinflussung der Boden- und Raumstrahlung, weil ja erstere schon in 100 km Entfernung vom Sender praktisch ausgelöscht wird, sondern um Wellen, die von verschiedenen Leitschichten in der Ionosphäre zurückgeworfen werden und deshalb mit erheblichen Phasenunterschieden an der Empfangsantenne eintreffen.

Zur Bekämpfung des Schwundes ist in allen größeren Empfängern der Schwundausgleich eingebaut, auch Fadingkompensation oder Automatik genannt. Voraussetzung für den Schwundausgleich ist eine genügende Verstärkungsreserve im Hoch- und Zwischenfrequenzteil des Empfängers. Gewöhnlich wirkt der Schwundausgleich beim Super auf den Mischer und die Zwischenfrequenzverstärkerstufe ein — bei den neuen Stahlröhrensupers dagegen häufig auch auf die erste Niederfrequenzverstärkerstufe. Da die Regelspannung am Hochfrequenzgleichrichter abfällt, so spricht man bei einem Schwundausgleich, der auf die Stufen vor der Diode wirkt, von Rückwärtsregulierung, während man bei der zusätzlichen Einwirkung auf die Tonfrequenzverstärkerstufe von Vorwärtsregelung spricht. Stahlröhrensuper haben meistens eine Vorwärts- und Rückwärtsregulierung des Schwundes, wofür sogar eine eigene Röhrentype entwickelt worden ist, nämlich die EFM 11, die ein magisches Auge enthält und eine Regelpentode mit gleitender Schirmgitterspannung.

Die Erfahrung lehrt, daß manchmal selbst bei sehr gutem Schwundausgleich der Sender trotzdem verschwindet. Dies erklärt sich daraus, daß unter Umständen durch den Schwund eine völlige Auslöschung der Wellen in der Umgebung der Empfangsantenne auftreten kann. Wenn aber keine Antennenspannung mehr da ist, kann auch der beste Schwundausgleich nichts mehr nutzen. Gerade bei Kurzwellenempfang beobachtet man solche Erscheinungen, die man als „Totalschwund“ bezeichnet. Der Regelbereich eines modernen Großsuperhets beträgt mindestens 1 : 100 000, so daß normalerweise auch die stärksten Schwunderscheinungen damit erfolgreich bekämpft werden können. Eine Regulierung von

weniger als 1 : 1000 bezeichnet man heute bereits als ungenügend.

Für den Kurzwellenempfang muß der Schwundausgleich besonders wirksam gemacht werden, weshalb man bei Großsuperhets eine Hochfrequenzvorstufe benutzt — und zwar gewöhnlich die rauscharme Regelröhre EF 13. In einer solchen Schaltung darf der Träger bis zu wenigen Mikrovolt absinken, ehe der Empfang aussetzt. Nehmen wir an, daß noch bei 5 Mikrovolt die Lautsprecherleistung von 50 Milliwatt erzielt wird, aber auch bei 1 Volt Eingangsspannung noch keine Uebersteuerung auftritt, dann hat dieses Gerät einen Regelbereich von 5 Mikrovolt zu 1 Volt, also 1 : 200 000.

KAPITEL III.

Die Antenne im Wellenfeld.

Die Verhältnisse in der Umgebung der Empfangsantenne.

Von den Verhältnissen des sichtbaren Lichtes ausgehend, kann man viele Vorgänge in der Umgebung der Empfangsantenne verstehen, wenn man nur daran denkt, daß der Unterschied der Wellenlängen Licht zu Rundfunk etwa 1 : 1 Milliarde ist. Licht wird durch einen Spiegel zurückgeworfen, durch einen völlig schwarzen Körper aufgesaugt. Reflexion (Rückwurf) und Absorption (Aufsaugen) sind die beiden Grenzfälle. Dazwischen liegt die ganze Wunderwelt der Farben, die einfach dadurch zustande kommen, daß vom Sonnenlicht aller Wellenlängen bestrahlte Körper „selektive", das heißt wellenlängenabhängige Reflexions- und Absorptionseigenschaften haben. Das grüne Gras reflektiert die grünen, aber absorbiert alle anderen Lichtwellenlängen. Da wir nur den reflektierten Wellenanteil sehen können, so erscheint uns das Gras eben grün.

Jedenfalls ist die farbige Welt um uns ein Spiel der Dinge mit dem Licht, das sich zwischen den Grenzen der totalen Reflexion und totalen Absorption abspielt. Vergleichen wir die Größe der Dinge mit den Wellenlängen des sichtbaren Lichts, dann sehen wir, daß die Dinge gegenüber dem Licht ungeheuer im Vorteil sind: Ein Grashalm mag 50 Millimeter hoch sein. Die grüne Lichtwellenlänge, die er total reflektiert, hat ungefähr die Wellenlänge von 0,5tausendstel Millimetern. Der

Grashalm ist also hunderttausendmal so groß wie die Lichtwellenlänge, die ihm seine scheinbare Farbe gibt.

Solche Ueberlegungen sind für die Betrachtung der Wellenverhältnisse in der Umgebung unserer Empfangsantenne außerordentlich wichtig; denn auch hier handelt es sich um ein Spiel der Leiter mit den Wellen, das sich in den Grenzen zwischen Totalreflexion und totaler Absorption bewegt. Auch hier gilt das optische Grundgesetz, daß ein wesentlicher Einfluß der Dinge auf die elektro-magnetischen Wellen überhaupt erst möglich ist, wenn sie wesentlich größer sind als die Wellenlänge — mindestens dreimal so groß; im Beispiel des Grashalms handelt es sich sogar um das Größenverhältnis 1 : 100 000.

Unsere Empfangsantenne ist vielleicht 10 m lang (in Betracht kommt nur der aufnehmende Teil!). Die Senderwellenlänge sei 300 m, also ungefähr die Mitte des Mittelwellenbandes. Antenne und Wellenlänge stehen also im Verhältnis 1 : 30. Daher ist es nicht möglich, daß die Antenne irgendwie wesentlich auf die Welle einwirken kann, insbesondere nicht total absorbierend oder total reflektierend. Wenn die Welle 300 m durch einen metallischen Leiter ernsthaft gestört, also reflektiert oder absorbiert werden soll, dann muß das Hindernis schon mindestens eine Ausdehnung von mehreren 100 Metern haben. Damit wird uns klar, daß zwar ein riesiger Bahnhof, eine in die Ferne laufende Hochspannungsleitung mit sieben Drähten, ein Elektrizitätswerk oder eine riesige Maschinenfabrik ein ernsthaftes Wellenhindernis darstellt; daß aber unser Wohnhaus mit seinen Metallteilen verhältnismäßig kleiner Ausdehnung für die Mittelwellen kein Hindernis bilden kann. Sie gehen also durch die Häuser hindurch wie ein Geist. Die Mauern und Fenstern machen ihnen gar nichts aus. Aber durch den Leipziger Hauptbahnhof können sie nicht hindurch; denn dieser ist so ausgedehnt, daß sie sich schon dazu bequemen müssen, in respektvollem Abstand außen um ihn herumzugehen. Auch dabei wird noch ein beträchtlicher Teil der Wellenenergie verschluckt. Ein Eisenberg von 1000 m Höhe ist für die Wellen undurchdringlich; sie werden an seinen Abhängen beinahe total reflektiert. Auch Urgestein wirkt häufig reflektierend, wie man an den merkwürdigen Wellenbeugungserscheinungen im Füssener Gebiet beobachten kann. Ueberhaupt ist im Gebirge, besonders in engen Tälern, das Wellenfeld mächtig verzerrt und sehr schwach; denn die Berge stellen ja — mit der Wellenlänge verglichen — sehr beträchtliche Hindernisse dar.

Bei Langwellen wirken solche Hindernisse schon weniger, weil ja die Störursache eine immer kleinere Ausdehnung gegenüber der Wellenlänge bekommt. Darum ist der Deutschlandsender in der Nähe eines großen Bahnhofs meist noch ziemlich normal laut zu hören; wogegen ein Mittelwellensender schon beträchtlich geschwächt erscheint.

Je kürzer die Wellenlänge, desto kritischer wird das Verhältnis zwischen Hindernis und Wellenlänge. Im Bereich der 20-m-Wellen stellt ein Haus unter Umständen schon ein durchaus beachtliches Hindernis dar, weil die in seinen Wänden liegenden Träger, Röhren und Leitungen insgesamt bereits eine beträchtliche Ausdehnung gegenüber der Wellenlänge erreichen können. Bei der Ultra-Kurzwelle des Fernsehsenders Berlin hat man festgestellt, daß in der Tat Hindernisse, die für die Mittelwellen völlig belanglos sind, die Ultra-Kurzwelle schon restlos absorbieren können. Es gibt keine Voraussage für sicheren Ultra-Kurzwellenempfang, weil schon ein gewöhnliches Wohnhaus, eine 30 m lange „L"-Antenne, eine eiserne Badewanne, ja, sogar der eiserne Ofen ein unüberwindliches Hindernis für die Meterwellen darstellen kann. Wenn man mit der Antenne von 1,5 m Länge im Zimmer umherwandert, macht man die erstaunliche Feststellung, daß der Empfang überall verschieden ist — ein Beweis für die Tatsache, daß die Elektrizitätsleiter und -halbleiter im Raum die Welle 7 m außerordentlich stark beeinflussen.

Genau so wie es mit den Hindernissen auf der Erde ist, ist es mit den verschiedenen leitfähigen Schichten über dem Erdboden in der Ionosphäre: den D, E- und F-Schichten. Für die kurzen Wellen sind sie viel wichtiger als für Mittel- und Langwellen. Der Langwellenempfang ist von Beeinflussungen durch den Sonnenstand, der die Ursache der Leitfähigkeitsänderungen in diesen Schichten ist, viel weniger betroffen als der Mittelwellenempfang — und dieser wieder weniger als die Kurzwellen. Langwellen hören wir tagsüber sehr gut über große Entfernungen. Mittelwellen kommen verschieden, je nachdem, ob sie kürzer oder länger sind; aber erst bei Beginn der Dämmerung erreichen sie sichere Reichweiten von mehr als 300 km. Es ist gar nicht merkwürdig, daß gerade der Sender Budapest, der die längste Welle der Großsender im Mittelband hat, schon seit vielen Jahren als der beste europäische Fernsender überhaupt gilt.

Unsere Empfangsantenne bleibt im Verhältnis zu den Mittel- und Langwellen immer klein. Daher ist es auch ab-

solut gleichgültig, ob wir sie ein bißchen länger oder kürzer machen. Man merkt praktisch keinen Empfangsunterschied, ob der aufnehmende Teil 10 m oder 30 m lang ist. Das kommt daher, daß Unterschiede dieser Größe gar nichts daran ändern, daß die Antenne immer noch sehr klein gegenüber der Wellenlänge bleibt.

Etwas anderes ist es aber mit den lokalen Störungen. Die Antenne darf aus dem Grunde nicht zu lang sein, weil die lokalen Störungen ungefähr mit der Längenausdehnung der Antenne wachsen, die Aufnahmekraft für die fernen Wellen aber bleibt von einer bestimmten Längenausdehnung ab ziemlich gleich, wie wir gehört haben. Eine „L"-Antenne mit 10 m waagerecht ausgespannter Drahtlänge möge von einem Sender 10 mV — und von den lokalen Störern je Meter ausgespannter Drahtlänge 0,01 mV aufnehmen. Dann ist das Verhältnis zwischen gewünschter Welle und Störwelle bei 10 m Antennenlänge 10 mV zu $10 \times 0{,}01$ mV, also 100 : 1. Jetzt machen wir den waagerecht ausgespannten Draht 30 m lang. Von der gewünschten Welle nimmt er auch nicht mehr auf als vorher, nämlich 10 mV, weil sich ja an dem Verhältnis Antenne zu Wellenlänge kaum etwas geändert hat. Aber vom lokalen Störfeld nimmt er $30 \times 0{,}01$ mV auf. Das Verhältnis zwischen Nutzsignal und Störsignal ist von dem günstigen Wert 100 : 1 auf den dreimal ungünstigeren Wert 100 : 3 herabgesunken. Haben wir vorher einen Störanteil von 1% gehabt, so macht er jetzt schon 3% aus und kann deshalb besonders im Piano schon merklich stören.

Maßgeblich für die Antennenspannung ist nicht die Längenausdehnung, sondern die Höhe über dem Erdboden. Der Erdboden saugt die Radiowellen praktisch völlig auf und hat deshalb die Wellenspannung Null. Oder, wie man auch sagt, „Erdpotential", das heißt, keine irgendwie meßbare elektrische Spannung. Er ist neutral. Einen Meter über dem Erdboden ist die Wellenstärke natürlich auch noch recht schwach; denn der Einfluß der Erde ist noch zu merken, genau so, wie der Sog eines Schiffes auch noch in einigen Metern Abstand vom Fahrzeug das Wasser beunruhigt.

In den Städten kann man eigentlich erst über den Dächern von einem normalen freien Wellenfeld sprechen. Daher sollten hier die Antennen grundsätzlich über den Dächern angebracht werden. Die wirksame Höhe der Dachantenne darf aber keinesfalls der Höhe über dem Erdboden gleichgesetzt werden; denn die Dachrinne zieht ja, weil sie ein Leiter ist, das Erd-

potential nach oben, so daß in bezug auf die Antenne der Spannungs-Nullpunkt nunmehr in Höhe der Dachrinne liegt. Aber auch unter Berücksichtigung dieser Tatsache kann man die über der Dachrinne gemessene Höhe keineswegs gleich der wirksamen — oder wie der Fachausdruck heißt — der „effektiven" Höhe setzen. Normalerweise darf man folgendermaßen rechnen: die für die Antennenspannung maßgebliche Antennenhöhe ist gleich 60% der wirklichen Höhe der Antenne über dem Spannungsnullpunkt, der gewöhnlich die Dachrinne ist oder das Mastrohr, in dem der Bambusstock sitzt. Eine Stabantenne von 7 m, deren Fußpunkt geerdet ist, erreicht also eine Effektivhöhe von 4,2 m, ganz gleich, ob sie auf einem vierstöckigen oder einem zweistöckigen Haus steht — soweit bei der Betrachtung zunächst nur die Antennenspannung in Frage kommt. Bezüglich der Lokalstörungen gilt natürlich allgemein, daß die Antenne um so störungsfreier arbeitet, je höher sie über dem Störnebel beginnt. Da dieser in Großstädten gewöhnlich bis zu 3 m über dem Dachfirst reicht, darf man die Antenne überhaupt erst 3,5 m darüber beginnen lassen — und da der Mastfuß geerdet sein muß, so liegt auch der Erdpunkt 3,5 m über dem Dach. Eine 4 m lange Stabantenne wird also hier eine Effektivhöhe von 2,4 m erreichen.

Quermodulation außerhalb des Empfängers.

1. Ortssender-Quermodulation.

Wenn der Ortssender ein zu breites Feld der Abstimmskala überdeckt und diese Erscheinung auch durch einen guten Sperrkreis und eine gute Empfangsantenne nicht zu beseitigen ist, kann man ziemlich sicher darauf schließen, daß es sich um Quermodulationen handelt, deren Ursachen außerhalb des Empfängers liegen. — Es ist uns klar geworden, daß ausgedehnte Metallmassen in der Nähe der Empfangsantenne gerade auf den Ortssender abgestimmt sein können und damit das Wellenfeld derartig durch Reflexion und Absorption beeinflussen, daß eine Quermodulation stark einfallender Nachbarwellen auftreten kann.

2. Antennen-Quermodulation.

Viel häufiger aber ist die Erscheinung der Antennenquermodulation durch unvollkommene Gleichrichterwirkung ausgedehnter Leiter in der Umgebung der

Empfangsantenne. Das Abführungsrohr der Dachrinne hat schlechten Kontakt mit der Rinne. Dann findet an dieser Stelle eine Gleichrichterwirkung der von dem Lokalsender aufgenommenen Wellenspannung statt, die die Ursache davon werden kann, daß die Modulation auf eine fremde Welle überspringt. Da die Uebergangswiderstände mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre wechseln, hört man das Durchschlagen des Ortssenders nicht jeden Tag gleich stark. Auch ein schadhafter Blitzableiter, die Zinkblech-Fenstersimsverkleidungen im obersten Stockwerk, ein schadhaftes Balkongitter und die nicht dauerhaft geerdete Abschirmung des Antennenkabels können Gleichrichterwirkung verursachen. Ueberbrückt man die schadhaften Stellen durch kurze Kupferdrähte, so daß der Uebergangswiderstand null wird, ist die leidige Erscheinung völlig verschwunden. Umfangreiche praktische Versuche in dieser Richtung, die besonders in England vorgenommen wurden, haben gezeigt, daß in weit mehr Fällen, als man im allgemeinen denkt, schlechte Kontakte ausgedehnter Metallteile in der Nähe der Empfangsantenne zur Ursache der Antennenquermodulation werden können. Die Erkenntnis der Erscheinung erklärt auch, daß es nicht einmal unbedingt notwendig ist, daß sich die Antennenquermodulation gerade auf die der Ortswelle benachbarten Kanäle beschränken muß. Es kann vorkommen, daß ein frequenzmäßig weit entfernter Sender von der Ortswelle quermoduliert wird, trotzdem dieser Fall naturgemäß viel seltener ist.

Wir können die Erscheinung manchmal auch bei zwei wellenbenachbarten Sendern beobachten, die beide sehr stark, das heißt mit mehr als 5 mV/m, am Empfangsort ankommen. (Bei kleineren Feldstärken kann die Antennenquermodulation überhaupt nicht vorkommen!)

3. Ionosphären-Quermodulation.

Aber nicht bloß in der nächsten Umgebung der Empfangsantenne können sich Quermodulationen ausbilden. Darunter versteht man die Erscheinung, daß durch Gleichrichtereffekte die Modulation einer unerwünschten Welle auf den erwünschten Träger erfolgt, so daß dieser doppelt moduliert ist. Auch in den Wellenspiegelschichten der Ionosphäre, die als „D"-, „E"- und „F"-Schichten bezeichnet werden, gibt es „unvollkommene Kontakte". Wenn innerhalb dieser Schichten Bezirke von sehr hoher Ionenkonzentration mit solchen sehr schwacher schroff abwechseln, dann können sich hochionisierte Nester

genau so verhalten wie Metallteile. Sie werden die Wellen reflektieren oder absorbieren und damit das Wellenfeld stark verzerren. Es ist ohne weiteres erklärlich, daß auch hier Gleichrichtereffekte auftreten können, deren Wirkung zeitlich sehr stark schwankt, die die Ursache von Quermodulationen bilden können. Dann springt die Modulation eines Trägers einfach auf einen anderen über, der nun doppelt moduliert wird. Und wenn wir zufällig den Empfänger auf diesen Träger eingestellt haben, hören wir deutlich zwei verschiedene Programme; denn, wenn eine Welle, ehe sie an der Empfangsantenne ankommt, schon doppelt moduliert ist, kann man sie natürlich mit keinem Empfänger der Welt störungsfrei aufnehmen. Die „Quermodulation in der Ionosphäre" passiert natürlich nur bei sehr starken Wellenfeldern. Da man sie zuerst am Sender Luxemburg beim Empfang in der Schweiz beobachtete, so hat man sie einfach „Luxemburgeffekt" genannt. Sie tritt besonders dann auf, wenn die Entfernung des Empfangsortes von dem störenden Sender und dem gewünschten Sender größer als 100 km, aber kleiner als 300 km ist. So hat man zum Beispiel im südlichen Sachsen und in Sudetendeutschland beim Empfang von Wien und Berlin Störungen durch Warschau, manchmal auch durch den Deutschlandsender beobachtet. In einigen, allerdings seltenen, Fällen hat man auch Quermodulationen zwischen Sendern im Mittelwellenband beobachtet. Der „Luxemburgeffekt" ist immer zeitlich begrenzt, weil er ja von dem Ionisationszustand der Spiegelschichten in der oberen Atmosphäre abhängig ist. Er hat mit der Selektivität des Empfängers ebensowenig zu tun wie die Antennenquermodulation. Wir wollen ihn im Gegensatz zu dieser „Ionosphärenquermodulation" nennen.

Solche Erscheinungen dürfen nicht verwechselt werden mit den gewöhnlichen Seitenbandüberschneidungen, die ihre Ursache zwar auch außerhalb des Empfängers und der Empfangsantenne haben, aber nicht den Wellenträger, sondern sein Seitenband betreffen. Jeder Sender schickt nicht nur die ihm zugeteilte Welle aus, sondern auch Nebenwellen, die links und rechts vom Träger — und zwar völlig symmetrisch zu ihm — liegen. Das äußerste Seitenband soll links und rechts vom Träger je 4500 Hz entfernt sein. Beim Träger Leipzig, Welle 282,2 m, reicht das Seitenband von Welle 380 bis 384,4 m, so daß also dieser Sender genau 4,4 m Wellenlänge überdeckt, die Kanalbreite nimmt also hier 1,15% von der Wellenlänge ein.

Wie erkennt man aber nun, ob bei Uebersprecherscheinungen eine Antennenquermodulation oder Ionosphärenquermodulation vorliegt . . . oder ob es sich um Seitenbandüberschneidungen gewöhnlicher Art handelt?

Wenn der Lokalsender „breitliegt", das heißt, mehrere Kanäle links und rechts von seiner Welle überdeckt, dann mache man zu allererst den Versuch mit dem Sperrkreis. An Empfangsorten, wo neben dem Mittelwellensender auch noch ein Langwellensender mit ortssenderähnlicher Feldstärke einfällt, ist ein Doppelsperrkreis zu empfehlen, bei dem man abwechselnd die Mittel- oder Langwelle sperren oder den Sperrkreis auch ausschalten kann, ohne daß man ihn vom Apparat abzutrennen braucht.

Wenn nun auch mit Hilfe eines guten Sperrkreises der Lokalsender mehr als zwei Kanäle links und rechts von seiner Welle überdeckt, dann kann man ziemlich sicher darauf schließen, daß es sich um Antennenquermodulation handelt, und muß infolgedessen die ausgedehnteren Metallteile in der Umgebung der Antenne auf schlechte Kontakte untersuchen und schadhafte Stellen, die als Detektor wirken könnten, durch kurze Drähte überbrücken.

Hört man aber eine Langwellensendung leise beim Empfang einer Mittelwelle mit, dann stellt man zunächst den Sperrkreis auf die störende Langwelle ein und versucht, sie auszuschalten. Gelingt das nicht, dann weiß man, daß es sich um Quermodulation in der Ionosphäre handelt.

Ein anderer Fall ist folgender:

Man hört einen Störer auf der ganzen Skala im Mittel- und Langwellenband. Das deutet darauf hin, daß der Störsender auf der Zwischenfrequenzwelle oder ihrer ersten Harmonischen arbeitet. Dagegen gibt es zweierlei Abhilfemaßnahmen. Entweder wählt man einen Super, der eine ganz andere Zwischenfrequenzwelle hat — oder man muß in den Antennenzweig einen Saugkreis für die Zwischenfrequenz einschalten.

Gegenseitige Beeinflussung von Antennen.

Mehrere Antennen innerhalb eines engen Raumes schwächen sich gegenseitig. Wenn wir vier Antennen auf einem Dach haben, dann ergeben sich zwölf gegenseitige Schwächungsfälle: Heißen wir die Antennen 1, 2, 3 und 4, so beein-

flussen sie sich nach einer Richtung folgendermaßen: 1—2 / 1—3 / 1—4 / 2—3 / 2—4 / 3—4. Nach der anderen Richtung erfolgt die Beeinflussung also: 4—3 / 4—2 / 4—1 / 3—2 / 3—1 / 2—1. Man erkennt aus diesem Beispiel von nur vier Antennen, daß bei sechs oder zehn Antennen die Mannigfaltigkeit der gegenseitigen Beeinflussung ungeheuer groß wird. Sie erfolgt leider immer im negativen schädlichen Sinne. Die volle Aufnahmekraft entwickelt eine Antenne nur, wenn sie völlig allein und frei steht. Sobald benachbarte Antennen vorhanden sind, sinkt die Aufnahmekraft. Natürlich kann man das auch umgekehrt ausdrücken und sagen: Das Wellenfeld wird gestört, je mehr Antennen in einen bestimmten Raum hineinragen. Die Folge davon ist immer, daß an den Eingang des Empfängers eine geringere Spannung kommt als normal, wenn nicht die andere Antenne selber strahlt!

Für den Praktiker lautet die Frage nach der gegenseitigen Beeinflussung von Antennen folgendermaßen: Um wieviel geht die Spannung zurück, wenn zwei Antennen immer enger aneinander heranrücken? Der Mathematiker, der diesen Fall untersucht, muß natürlich einige einschränkende Voraussetzungen machen; zum Beispiel, daß die Antennen die gleiche Form haben, die gleiche „effektive Höhe" und die gleiche Abstimmung. Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich folgende Erscheinungen:

1. die Eigenfrequenz der Einzelantenne wird durch den Einfluß von Nachbarantennen nur unwesentlich geändert,

2. die Senderwelle wird durch die Nachbarantenne verformt, was einer gewissen Absorption gleichkommt,

3. die Empfangsschwächung steigt mit der Annäherung an die Nachbarantenne und der Zahl der in einem bestimmten Raum untergebrachten Antennen.

Es gibt eine zuverlässige Formel, nach der man die gegenseitige Beeinflussung berechnen kann, soweit dies überhaupt bei den örtlich sehr verschiedenen Erdungs- und Wellenverhältnissen möglich ist. Die Ergebnisse derselben seien für die heute am meisten benutzte Stockantenne von 5 m „effektiver Höhe" in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 17.

Antennenabstand in m	verbleibende Antennenspannung in % von derjenigen einer freien Einzelantenne
1	4 %
3	11,6 %
5	19 %
6	24 %
8	30,6 %
10	38 %
15	41 %
20	75 %
25	88 %
30	100 %

Je kleiner die „effektive Höhe" der Antenne, desto größer wird die gegenseitige Beeinflussung unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen. In einem Antennenverband auf einem Hausdach bringt stets die höchste Antenne die größte Spannung. Bei gegenseitigen Abständen von mehr als 15 m ist die Beeinflussung bereits praktisch zu vernachlässigen, weil erst bei Feldschwächungen von mehr als 50% eine merkliche Empfangsminderung eintritt, da ja jeder Super einen enormen Verstärkungsüberschuß hat. Die Empfangsschwächung sinkt mit dem Quadrat der Antennenerhöhung. Wenn die Antennen verschieden abgestimmt sind, ist die gegenseitige Beeinflussung wesentlich kleiner, als in Tabelle 17 angegeben. Haben die Antennen verschiedene Kapazität, dann ist immer diejenige Antenne im Vorteil, die die größere Kapazität aufweist.

Die bisherigen Ueberlegungen lassen sich natürlich auch auf ausgedehnte Elektrizitätsleiter oder Halbleiter in der Umgebung der Antenne anwenden; denn auch diese wirken, wie wir wissen, verformend auf das Wellenfeld ein und schwächen es dadurch. Allerdings ist die Beeinflussung etwas geringer, weil derartige „Pseudo-Antennen" ja grundsätzlich als dissonierende, das heißt nicht abgestimmte Antennen aufzufassen sind. Bei Abständen von mehr als 10 m von solchen Wellenhindernissen darf ihr Einfluß vernachlässigt werden. Bei Abständen unter 5 m dagegen entziehen sie dem Wellenfeld durch Absorption und Rückstrahlung bereits eine beträcht-

liche Energie. Unter 2 m Abstand sinkt die Feldstärke so rasch, daß man (z. B. bei nicht abgeschirmten Zuführungen!) niemals näher an Gebäude herangehen darf, weil diese als „Sekundärstrahler" wirken.

Besonders kritisch wird dieser Fall, wenn zum Beispiel eine L-Antenne parallel zu einer benachbarten Freileitung hängt. Führt diese Freileitung darüber hinaus auch noch Starkstrom, dann ist nicht nur der Energieentzug in Betracht zu ziehen, sondern auch die Störbeeinflussung, die in den meisten Fällen viel kritischer ist; denn ein leiser, aber störungsfreier Empfang ist hundertmal besser als ein lauter, aber mit Störungen verseuchter. Wir kennen Beispiele, nach denen eine Antenne noch in Nachbarschaft von 100 m durch eine Starkstrom-Transformatoren- oder Quecksilberdampf-Umformeranlage derartig gestört wird, daß von einem brauchbaren Empfang keine Rede sein kann. In solchen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als zu einer Antenne möglichst geringer Längenausdehnung zu greifen, die man aber so hoch wie möglich setzt, da sich die Störwellen im allgemeinen nur bis in geringe Höhe über dem Erdboden ausdehnen. Aehnliches gilt für Antennen, die in Nachbarschaft von Hochspannungsleitungen verlegt werden müssen. Eine 10 m über dem Dach angebrachte Einmast-Hochantenne ist natürlich sehr teuer. Aber man kann mancherorts den Störungen überhaupt nur ausweichen durch beträchtliche Erhöhung der Antenne. Es hat gewöhnlich keinen Sinn, in einem so schwierigen Fall die Antenne um 2 oder 3 m zu erhöhen; denn damit kann man nicht viel erreichen, da Starkstromanlagen sehr kräftige Störwellen aussenden.

Es ist selbstverständlich, daß an allen mit lokalem Störnebel verseuchten Empfangsplätzen eine Antenne, die man über dem Störnebel anlegt, eine abgeschirmte Zuführung haben muß; denn sonst würde ja die Zuführung durch den Störnebel hindurchgehen und damit selbst Störungen aufnehmen, so daß die hochgelegte Antenne wirkungslos würde. Unter abgeschirmtem Antennenkabel versteht man einen verhältnismäßig dünnen Leiter, der unter Luftabstand in einem Gummirohr sitzt, das mit einem sehr dichten und gut leitenden Abschirmgeflecht umgeben ist, über dem meist noch eine aus Faserstoff geflochtene Schutzhülle sitzt. Das Abschirmkabel bildet für die Störwellen einen vollkommenen Kurzschluß, so daß sie nicht bis zur Seele der Antennenleitung vordringen können.

Unter der Annahme, daß eine Antenne so hoch über dem Störnebel liegt, wie es die örtlichen Verhältnisse erfordern . . ., daß sie zweitens genügend weit von Nachbarantennen und ausgedehnten Elektrizitätsleitern entfernt ist ... und drittens mit einer einwandfrei montierten, von oben bis unten durchgehenden Abschirmung versehen ist . . ., können wir normalerweise sowohl hinsichtlich der Höhe der Antennennutzspannung als auch der Freiheit von Störspannungen auf einwandfreien Empfang rechnen.

5. Antennen im Innern von Gebäuden.

Mißt man die Feldstärken im Innern eines zweistöckigen Hauses — und sagt, auf dem Dach wären sie 100%, dann ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 18.

Dach	100%
Boden	75%
II. Stockwerk	50%
I. Stockwerk	20%
Erdgeschoß	$7^1/_2$%
Keller	4%

Diese Tabelle können wir zur Untersuchung der beiden Hauptgruppen von Innenantennen, nämlich Flurantennen und Zimmerantennen, verwenden. Dabei nehmen wir als Vergleich einen Kupferdraht von einem Meter Länge, den wir über dem Dachfirst senkrecht aufgespannt haben. Diese sehr kleine „1-m-Außenantenne“ gibt uns jene Antennen-EMK, die wir mit 100% bezeichnen. Eine 6 m lange Stockantenne auf dem Dache würde dagegen ungefähr 300 bis 400% und eine gewöhnliche L-Antenne vom Dach zum Nachbarhause 400 bis 600% geben! — Unsere mit 100% bezeichnete Vergleichsantenne ist also im landläufigen Sinne noch lange nicht als gute Außenantenne zu bezeichnen.

Für Flurantennen erhalten wir folgende Prozentzahlen:

Tabelle 19.

Ort	Keller	Erdgeschoß	1. Stock	2. Stock	Boden
%	5	9	12	14	20—50

Bei Zimmerantennen in den verschiedenen Stockwerken des Hauses ergeben sich etwas günstigere Werte, die wir aus Tabelle 20 entnehmen können:

Tabelle 20.

Ort	Keller	Erdgeschoß	1. Stock	2. Stock
%	8	16	21	32

Eine 15 m lange isolierte Innenantenne aus normalem Antennendraht, mit der Zuführung möglichst in der Nähe des Fensters, ist immer noch das beste Auffanggebilde aller Innenantennen, wenn man die frei ausgespannte Länge nicht kleiner als 10 m macht! Alle anderen Formen können nur wenige Prozent mehr oder weniger bringen, was in der Praxis gar nichts ausmacht; denn die EMK ist stets das Produkt aus der wirksamen Höhe, die wir in den Tabellen als Prozentzahlen der „1-m-Dachantenne" angegeben haben — und der Feldstärke, die wir weiter oben auch in Prozentzahlen von der Feldstärke auf dem Dach darstellten.

6. Behelfsantennen.

Als Behelfsantennen werden hauptsächlich die Lichtnetzantenne, der Bleischutzmantel irgendeiner alten Schwachstromleitung oder die Zentralheizung benutzt. Ueber die Wirksamkeit solcher Behelfsantennen gibt Tabelle 21 Aufschluß, wobei wieder als 100% unsere kleine 1-m-Antenne auf dem Dach gilt. Die Messungen zeigten, daß die Lichtnetzantenne häufig ziemlich stark abhängig ist von dem Schaltzustand der Lichtleitung — eine Tatsache, die durch die Erfahrung der Hörer immer wieder bestätigt worden ist.

Tabelle 21.

Antennenart	Keller	Erdgeschoß	1. Stock	2. Stock
Netzantenne	9—15	12—17	21—52	12—45
Telefonkabelmantel	16—58	36—64	25—53	25—51
Zentralheizung	5—6	4	7—19	23—29

Verschiedene Antennenformen.

Auf dem Lande oder in den Randsiedlungen der Großstädte, wo man Platz hat, kann man eine gewöhnliche Freiantenne ziehen, die in Form einer „L"- oder „T"-Antenne verspannt wird. Die Abbildungen 9 bis 13 zeigen einige Ausführungsformen in schematischer Darstellung. Wenn die Entfernung im Nachbarhaus nicht zu groß ist und die Mieter sich

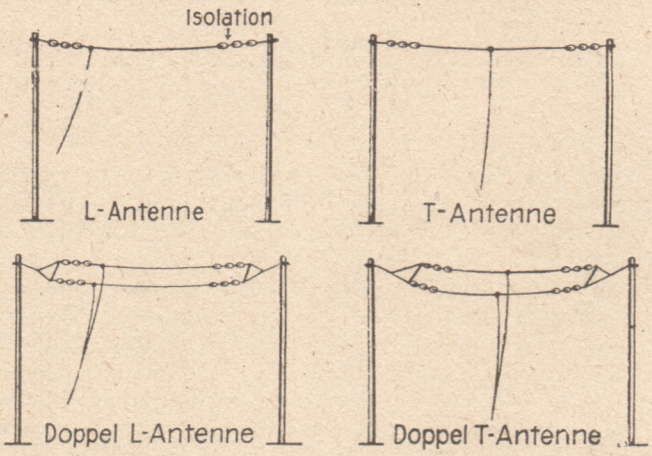


Abb. 9 bis 12. Verschiedene Hochantennenformen. (Die Doppel-L- und T-Antenne ist veraltet!)

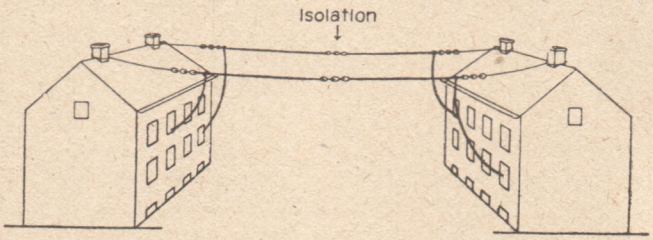


Abb. 13. Vier Einzelantennen für zwei Siedlungshäuser.

einig sind, kann man mehrere L-Antennen nach Abb. 13 ausführen, wobei aber der Abstand zwischen den waagerechten Drähten mindestens 5 m betragen soll, wie wir aus der oben angestellten Betrachtung gesehen haben.

Trotzdem die **Eigenwelle der Antenne** bei modernen Rundfunkempfängern heute praktisch keine Rolle mehr spielt,

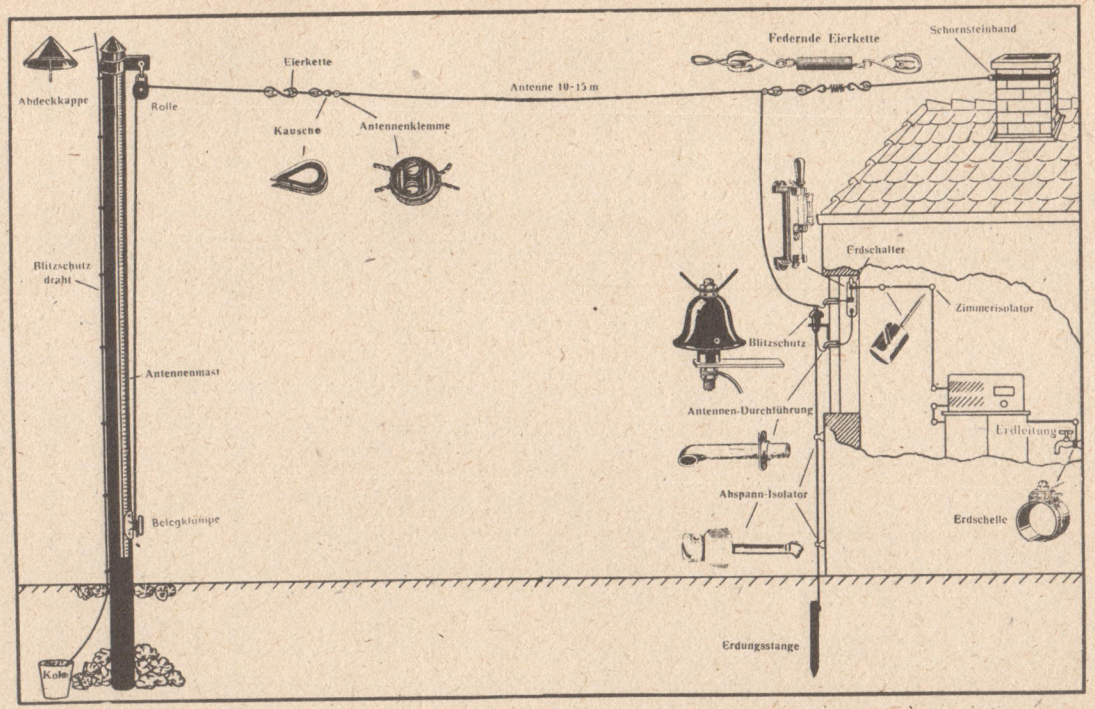


Abb. 14. Bauplan einer einfachen L-Hochantenne.

Links: Holzmast mit besonderer Erde (Eisenmast braucht nicht geerdet zu werden).
Rechts: Schornsteinbefestigung mit federnder Eierkette.

dürfte den Amateur ihre Berechnung interessieren. Bei der sogenannten Einmastantenne, auch Außen-Kurzantenne genannt, die als reine Vertikalantenne zu betrachten ist, rechnet man die Eigenwelle gleich der vierfachen Länge des freien Leiters. Bei L-Antennen ist das 4,5fache, bei T-Antennen das 4,8fache der freien Antennenlänge als Eigenwelle in Rechnung zu setzen. Hat der normale Rundfunkempfänger einen Kurzwellenteil, so kann man mit der gewöhnlichen Rundfunkantenne ohne weiteres auskommen. Bei **Ultra-Kurzwellen-Empfang**, zum Beispiel dem Empfang des Berliner Fernsehsenders, benutzt man für die 7-m-Welle eine Senkrechtantenne, bestehend aus einem Draht von 3,29 m Länge und einer Speiseleitung, die aus zwei Drähten besteht von 0,8 mm Drahtstärke, die im gegenseitigen Abstand von 6 cm durch Distanzstückchen gehalten werden. Im einfachsten Falle kann der Fernsehsender natürlich auch mit einem isolierten Drahtstück von 2,5 bis 3 m Länge empfangen werden, das man einfach mit einem Gummisauger an die Wand klebt.

Der Grund, weshalb bei Rundfunkempfangsantennen die Eigenwelle heute praktisch keine Rolle mehr spielt, liegt darin, daß bei Rundfunkempfängern die Außenantenne über einen ganz kleinen Kondensator angekoppelt wird, der nur wenige Zentimeter Kapazität hat. Da aber die Kapazität der Außenantenne mit dieser winzigen Kopplungskapazität hintereinander geschaltet ist — und bei hintereinandergeschalteten Kapazitäten die resultierende Kapazität stets kleiner wird wie die kleinste der hintereinandergeschalteten Einzel-Kapazitäten —, spielt die Eigenschwingung der Antenne praktisch gar keine Rolle. Man wird deshalb die Gesamtantennenlänge (einschließlich Zuführung) für Rundfunkempfang nie größer als 20 m machen.

Prüfung und Fehlersuche an abgeschirmten Antennen.

Zunächst ist der Widerstand zwischen Seele und Abschirmmantel zu prüfen. Er soll mindestens 100 000 Ω sein. Mehr als 500 000 Ω ist nicht notwendig, da dies immer sehr viel gegen den Eingangswiderstand des Empfängers bedeutet, der 5000 bis 20 000 Ω beträgt. Diese Prüfung geschieht mit einer 4-Volt-Taschenlampenbatterie und einem Milliamperemeter.

Dann prüft man den Durchgang von Seele und Mantel, indem man oben die 4-Volt-Batterie zwischen Seele und Mantel anschließt und unten mißt; das Voltmeter muß g e n a u die

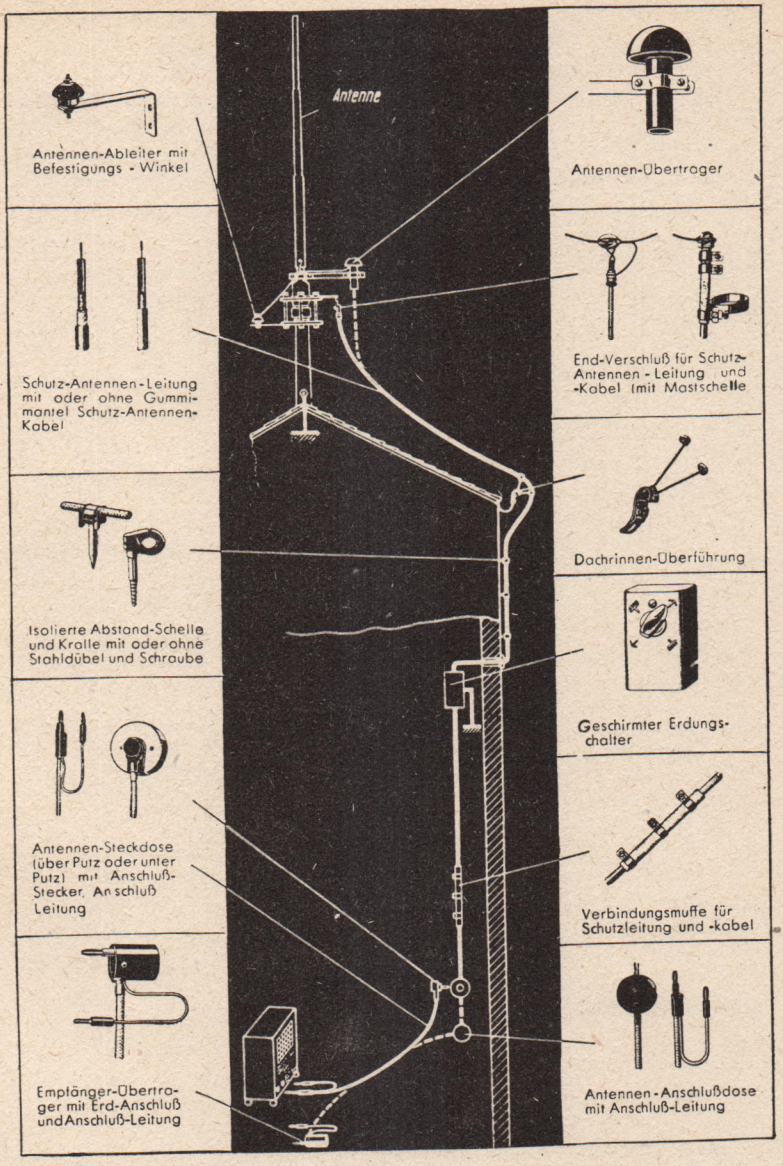


Abb. 15.
Bauplan einer Siemens-Stab-Antenne mit den dazugehörigen Bauteilen.

gleiche Spannung zeigen wie direkt an die Batterie angelegt, da ja der Ohmsche Widerstand sehr klein ist.

Schließlich prüft man um die Mittagszeit mit einem Großsender, der höchstens 200 km entfernt ist (nicht mit dem Ortssender!) die Aufnahmekraft, und zwar unter Beobachtung des magischen Auges im Super oder des Wellenanzeigers. Die Prüfstation wird scharf eingestellt und der Leuchtwinkel oder Ausschlag des Wellenanzeigers notiert. Dann nimmt man statt der abgeschirmten Antenne einen 3-m-Draht, der im Zimmer liegt. Aus dem Vergleich der beiden Leuchtwinkel oder Ausschläge ergibt sich ein Maß für die Aufnahmekraft der Antenne. Auch den Antennen-Erdschalter kann man mit dieser Methode prüfen.

Endlich wäre noch die Störungsfreiheit zu prüfen. Auch dies geschieht um die Mittagszeit mit einem starken Fernsender, der 1 bis 5 mV/m Feldstärke liefert, und zwar durch Hörvergleich mit der Lichtantenne, einer Behelfsantenne und bei verschiedenen Erdungsverhältnissen der abgeschirmten Hochantenne.

Arbeitet die neue „abgeschirmte Antenne" nicht befriedigend, so muß man auf die Fehlersuche gehen.

Diese geschieht folgendermaßen:

1. Wenn ein Erdungsschalter eingebaut ist, so wird in ihm die Antennenleitung (die Innenleitung oder Seele des Kabels) und Abschirmung unterbrochen und „tot gelegt". Das ist sehr einfach, weil fast immer nur ein paar Schrauben gelöst zu werden brauchen. Es muß jedoch darauf geachtet werden, daß während des Versuchs die Abschirmung des Schalters selbst wieder angeschlossen wird. Nun darf der Empfänger selbst bei empfindlicher Einstellung keine Störungen aufnehmen. Tut er das doch, dann ist einwandfrei festgestellt, daß in dem Zuge zwischen dem Erdungsschalter und dem Empfänger ein Fehler ist. Meist liegt er in dem Bananenstecker der Antennenbuchse; denn hier wird häufig die Abschirmung nicht mit der notwendigen Sorgfalt bis an den Stecker selbst herangeführt.

   Natürlich kann auch das Hauptkabel fehlerhaft sein, vor allem, wenn die Montage nicht sorgfältig genug durchgeführt worden ist; zum Beispiel kann die Abschirmfolie samt ihrer Isolierung unterbrochen sein.

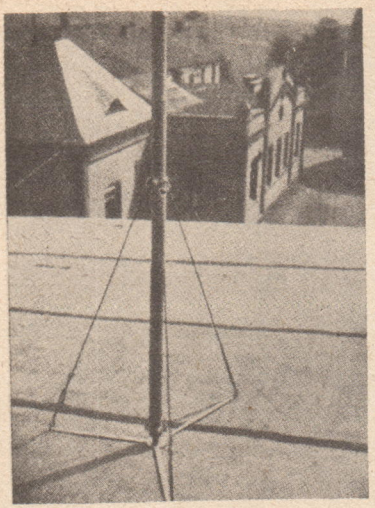


Abb. 16. Mastfuß zur Aufstellung des Mastes auf flachen Dächern.

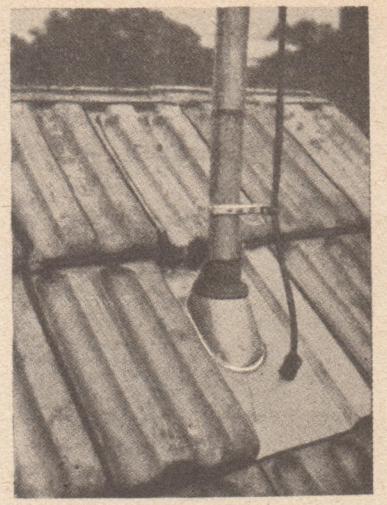


Abb. 17. Regenschutzkragen zum Hindurchführen des Mastes durch das Dach.

Hat sich aber bei dieser Prüfung kein Fehler gezeigt, so klemmen wir

2. nach Wiederherstellung der im Erdungsschalter entfernten Verbindungen den Antennenleiter und die Abschirmung im Blitzschutz ab. Meist liegt zwischen dem Erdungsschalter und dem Blitzschutz die Durchführung durch das Fenster, oft eine Fehlerquelle. Es gibt geschirmtes Antennenmaterial, bei dem ausdrücklich in den Prospekten davor gewarnt wird, es in zu kleinem Bogen um Vorsprünge, Ecken und dergleichen zu verlegen. Wenn darauf nicht geachtet wird, entstehen Brüche des Kabels oder der Leitung und damit sehr leicht Oeffnungen der Abschirmung, wenn es nicht sogar zu einem Kurzschluß zwischen Innenleiter und Abschirmung kommt. Ist auch bis hierher alles in Ordnung, so wird vor Wiederherstellung der Verbindungen im Blitzschutz

3. die Erde am Blitzschutz abgeklemmt. Normalerweise soll diese Leitung über einen Grobschutz an der Abschirmung des Kabels (Metallmantel) liegen.

Bringt die Entfernung der Erdleitung eine wesentliche Störverminderung, dann ist das ein Zeichen dafür, daß der Grobschutz durch irgendeinen Leiter oder Halbleiter überbrückt ist. (Abhilfe: Reinigen und auf einen Uebergangswiderstand von 100 000 Ω bis 1 MΩ prüfen!)

4. kommt das Abklemmen der Niederführung an der Antenne in Betracht, darf das nicht so gemacht werden, daß zum Beispiel die freihängende Niederführung ganz von der Antenne abgenommen und irgendwo auf das Dach oder am Erdboden entlang gelegt

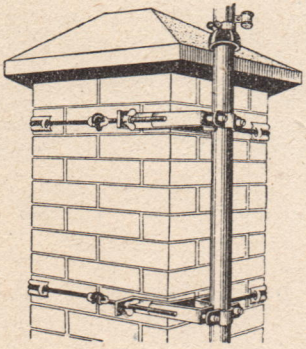


Abb. 18.
Eine gute Mastbefestigung.



Abb. 19. *Abb. 20.* *Abb. 21.*

Seilknoten-Anwendung:

Abb. 19. Durchstecken einer Schlinge.

Abb. 20. Das umgebogene Seilende um die Spannschraube führen und durch die Schlinge stecken.

Abb. 21. Seil festziehen.

wird, sondern muß unbedingt folgendermaßen geschehen: Wir lösen den Endverschluß der Niederführung an der eigentlichen Antenne und hängen ihn mit einem Stück Bindfaden von einigen Zentimetern Länge an der Stelle der Antenne, wo er früher mit ihr zusammenhing, wieder auf. Jetzt darf bei jeder Einstellung des Empfängers weder eine Störung noch eine Senderdarbietung zu hören sein. Hören wir doch etwas, dann liegt der Fehler in dem Stück zwischen dem obersten Endverschluß und dem Blitzschutz. Am häufigsten trägt die unsachgemäße Einführung in den Blitzschutz die Schuld, oftmals auch die schon erwähnte Berührung des Abschirmkabels mit irgendeinem Metallteil des Hauses. Daraufhin ist also die Anlage zu untersuchen. Der obere

Endverschluß wird manchmal mangelhaft montiert. Man darf nicht übersehen, daß dieser Endverschluß vor allem bei freihängenden Kabeln das gesamte Gewicht halten muß.

Ist unsere Fehlersuche bis hierher überall ergebnislos verlaufen, dann haben wir tatsächlich die Gewähr, daß die Störungen nur über die Antenne selbst eindringen. Wir prüfen daher

5. ob die Antenne überall ausreichenden Abstand von in der Nähe befindlichen Metallteilen hat (mindestens 3 m) und ob etwa metallische Abspannungen über die Kapazität der Isolierketten Störungen auf die Antenne übertragen können. Am ratsamsten ist es, metallische Abspanndrähte durch geteerte oder gefirnißte Hanfseile zu ersetzen.

6. Nun kann folgender Fall eintreten: es sind weder Störungen noch Empfang wahrzunehmen. Dann entfernen wir den oberen Endverschluß an der Antenne und am Empfänger den Antennen- und Erdstecker. Wenn wir nun die letzteren beiden mit den Polen eines Akkumulators oder einer Taschenlampenbatterie verbinden, dann muß diese Spannung oben am Endverschluß, und zwar zwischen Abschirmung und Innenleiter mit einem Voltmeter nachweisbar sein. Ist das nicht der Fall, so liegt entweder ein Kurzschluß in der Kabelniederführung vor, oder es ist durch unsachgemäße Montage die Innenseele des Kabels irgendwo gerissen. Wir gehen nun weiter die unter 1 bis 4 erwähnten Stellen durch und prüfen überall, ob die Spannung der betreffenden Batterie vorhanden ist. Auf diese Weise können wir die Fehlerquelle eingrenzen.

7. Zum Schluß sei noch auf eine Erscheinung hingewiesen, die vor allem bei Benutzung von geschirmten Antennenkabeln auftreten kann, deren Isolierung aus Papier besteht. Mit einer solchen Anlage ist der Empfang in den ersten Tagen zufriedenstellend, läßt aber bald mehr und mehr nach; schließlich ist nur noch sehr wenig zu hören. Der Grund hierfür liegt darin, daß das Kabel nicht genügend abgedichtet worden ist. Papier ist ja bekanntlich in hohem Maße hygroskopisch. Wenn also an irgendeiner Stelle die Möglichkeit besteht, daß

Feuchtigkeit in das Innere des Kabels eindringt, dann saugt sich schließlich das ganze Kabel voll und wird dadurch natürlich unbrauchbar. Das betreffende Kabel würde jahrelang gut arbeiten, wenn die von den Firmen empfohlene Vergußmasse bei den Endverschlüssen oder dort, wo das Kabelinnere zutage tritt, zur Abdichtung benutzt worden wäre. Feuchtigkeit im Innern ist der größte Feind der abgeschirmten Kabel.

Die Gemeinschaftsantenne.

Sind sich mehrere Rundfunkteilnehmer in einem Miethaus einig geworden, eine gemeinsame Antenne zu errichten, dann verringern sich die anteiligen Kosten gegenüber Einzelantennen erheblich, wobei gleichzeitig die Wirkung der „Gemeinschaftsantenne" gegenüber der Einzelantenne besser wird, als wenn sich jeder Teilnehmer eine eigene Antenne aufs Dach setzen würde, da ja aus baulichen Gründen eine gegenseitige Beeinflussung der zahlreichen Einzelantennen gar nicht zu vermeiden wäre. Handelt es sich um eine Gemeinschaftsantenne für höchstens fünf Teilnehmer, so kann man bei genügender Größe und Höhe der Außenantenne auf einen Antennenverstärker verzichten und verlegt die „Radioleitung" einfach als abgeschirmtes Kabel nach Abb. 15. Ist es aber nicht möglich, eine genügend große Außenantenne anzu-

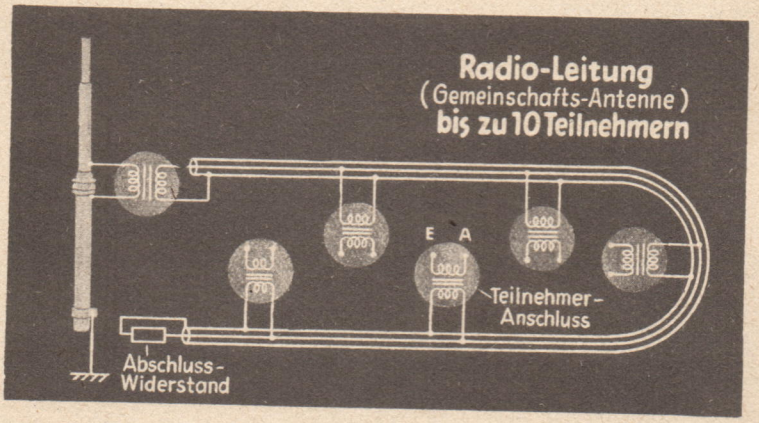


Abb. 22. Gemeinschaftsantenne mit Antennenverstärker.

bringen, so daß die dem einzelnen Teilnehmer zugeführte Antennenspannung zu klein würde, dann benutzt man die Radioleitung mit aperiodischem Antennenverstärker, wie sie Abb. 22 schematisch und Abb. 23 in der praktischen Ausführungsform für ein Miethaus darstellt. Da man „Radioleitungen" unter Putz verlegen kann, ist es zweckmäßig, bei Neubauten auf die Errichtung einer Gemeinschaftsantenne entsprechend Rücksicht zu nehmen.

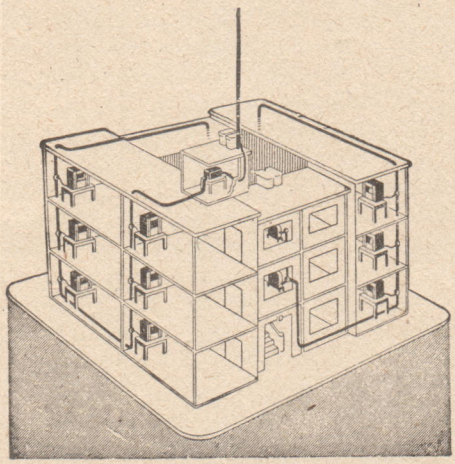


Abb. 23. Anlage einer Gemeinschaftsantenne.

Für den Bastler ist es nicht lohnend, sich mit solchen Fragen zu beschäftigen, da die Verlegung von „Radioleitungen" erhebliche installationstechnische Kenntnisse voraussetzt, und die Errichtung der Antenne selbst nach den Antennenvorschriften des Vereins deutscher Elektrotechniker nur von Fachleuten geschehen darf — ganz abgesehen davon, daß das Arbeiten auf dem Dach auch nicht jedermanns Sache ist und Gefahr für Gesundheit oder gar Leben mit sich bringen kann.

Die Erdleitung.

Die Erdleitung führt dieselben hochfrequenten Ströme wie die Antenne: also sollte man sie auch ebenso sorgfältig verlegen. Die Frage: Muß die Erdleitung isoliert sein? ist ge-

wöhnlich mit „ja“ zu beantworten. Falls die Erdleitung kurz ist (3 bis 5 m), genügt das Verlegen von isoliertem Draht unmittelbar an der Wand. Ist die Entfernung jedoch länger, so empfiehlt sich die Verwendung von Isolatoren, damit sie immer ein paar Zentimeter von der Wand entfernt bleibt. Erdungsstellen können Anschlüsse an der Wasserleitung, Blitzableiter, Regenrinne und anderen größeren Metallgebilden sein. Die Wasserleitung ist nicht immer die beste Apparaterde, besonders dann nicht, wenn der Anschluß nicht sauber gemacht und gut verlötet ist. Häufig wird ein im Grundwasser versenkter Zinkeimer mit Koks bessere Dienste leisten als die Wasserleitung. Auch die Blitzableitererde wird in vielen Fällen besser wirken als die Wasserleitung. Der Erdungsdraht, der vom Apparat zur Erde führt, soll so kurz wie möglich sein. Bei Hochantennen muß darauf geachtet werden, daß Ueberspannungen auf kürzestem Wege zur Erde abgeführt werden. Deshalb erfordert die Hochantenne eine ganz besonders gut angelegte Erdung. Es kann zum Beispiel die Gasleitung nicht als Blitzschutzerde dienen. Erdanschlüsse an der Wasserleitung geschehen mittels „Rohrschellen“. Das Bleirohr muß sehr sauber gekratzt werden. Anschlüsse an Regenrinnen u. ä. werden zweckmäßig geschraubt und gelötet, da sie den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Zur Erdung einer Zimmer- oder Ersatzantenne kann man probeweise jedes beliebige Metallgebilde anschließen. Auch die Klingelleitung oder notfalls Lichtleitung läßt sich bei Vorschaltung eines Blockkondensators von 1000 cm als Erde benutzen. Steht keine Außenerde, zum Beispiel Blitzableiter, zur Verfügung, so kann man sich billig eine brauchbare Erde durch Eintreiben eines 3 bis 5 m langen Metallstabes oder Gasrohres in den Erdboden herrichten.

Einige Merkworte für die Anlegung der Erde:

1. Die „Erde“ ist ebenso wichtig wie die Antenne.
2. Mache die Erdleitung so kurz wie möglich.
3. Löte alle Verbindungen, die der Witterung ausgesetzt sind.
4. Sorge für blanke Kontakte an den Anschlußstellen.
5. Verlege die Erdleitung ohne überflüssige Ecken.
6. Der Querschnitt der Erdleitung soll mindestens dem der Antennenleitung entsprechen.

7. Verwende möglichst isolierten Draht oder Isolatoren aus Porzellan, Glas, keramischem Material oder Kunststoff, wenn blanke Litze verlegt wird.

Für die richtige Installation von Antennen mit abgeschirmter Zuführung gilt bezüglich der Erde grundsätzlich:

1. Der Außenmantel des Schirmkabels dient immer als Apparaterde — eine weitere Erdung ist unzweckmäßig.

2. An der Einführungsstelle ins Haus wird ein besonderer, für abgeschirmte Kabel gebauter Antennenerdschalter mit Blitzschutz eingebaut, von dem aus ein Band aus 3 mm starkem und 30 mm breitem Aluminium (oder Eisenband feuerverzinkt) direkt an der Außenwand des Hauses herunter ins Grundwasser als Blitzschutzerde führt. In manchen Fällen wird man einfach ein 3 bis 5 m langes Gasrohr in die Erde treiben, an welches das Erdungsband korrosionsfest angeschlossen wird.

*

KAPITEL IV.

Die Röhre.

Zur Verdeutschung der meist dem Griechischen entstammenden Röhrenbezeichnungen verwendet man folgende Namen:

Diode	= Zweipol-Röhre	Hexode	= Sechspol-Röhre
Triode	= Dreipol-Röhre	Oktode	= Achtpol-Röhre
Tetrode	= Vierpol-Röhre	Binode	= Verbund-Röhre
Pentode	= Fünfpol-Röhre		

Die marktmäßigen Typen-Bezeichnungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 22.

Röhren-Vergleichstabelle (ältere und neuere Typen)

Verwendungszweck	Röhrenart	Heizart	Ältere Typen	Zeitgemäße Röhren	
				A-C-K u. V-Reihe	„Harmonische Serie"
Hoch- oder Zwischenfrequenzverstärkung	Eingitterröhren	Wechselstrom	904, 1004, 1104	nicht mehr üblich	—
		Gleichstrom	074 ns, 1818		
		Batterie	074 n		
	Mehrgitterröhren	Wechselstrom	Regelr. 1214, 1234, 1274, 1294	AF 3, AH 1	EF 11, EF 13, EBF 11
			— 1204, 1264, 1284	AF 7, VF 7	EF 12
		Gleichstrom	Regelr. 1819, 1834, 1894	CF 3, CH 1	EF 11, EF 13, EBF 11
			— 044 s, 094 s, 1818, 1820, 1884	CF 7, VF 7	EF 12
		Batterie	Regelr. KF 7	KF 3	—
			— 044, 094, KF 8	KF 4	—
Mischstufe im Überlagerungsempfänger		Wechselstrom	704 d, 1204, 1224, 1264, 1284, AK 1	AH 1 + AC 2, ACH 1, AK 2	ECH 11
		Gleichstrom	1817 d, 1818, 1820, 1824, 1884, BCH 1	CH 1 + CC 2, CK 1, CCH 1	
		Batterie	074 d, 094	KK 2	—
Hochfrequenzgleichrichtung mit NF-Verstärkung bzw. einfache Diodengleichrichtung	Eingitter- u. Verbundröhren, Dioden	Wechselstrom	804, 904, 914, 924, 1004, AB 1	AC 2, ABC 1, AB 2 (VC 1)	EB 11, EBC 11, EBF 11
		Gleichstrom	034 s, 084 s, 1814, 1821, 1826, BB 1, CB 1	CC 2, ABC 1, CB 2 (VCL 11)	EF 12 (als Triode)
		Batterie	034, 074, 084, KB 1	KC 1, KB 2, KBC 1	—
	Mehrgitter- u. Verbundröhren	Wechselstrom	1204, 1254, 1264, 1284	AF 7 (VF 7)	EF 12, EBF 11
		Gleichstrom	094 s, 1818, 1854, 1884	CF 7 (VF 7)	
		Batterie	094, KF 8	KF 4	—
Niederfrequenzverstärkung	Eingitterröhren	Wechselstrom	804, 904, 914, 1004, 1104	AC 2 (VC 1)	EF 12 (als Triode)
		Gleichstrom	034 s, 074 s, 084 s, 1814, 1821, 1826	CC 2 (VC 1)	
		Batterie	034, 074, 084	KC 1, KBC 1	—
	Mehrgitterröhren	Wechselstrom	1284	AF 7 (VF 7)	EF 12, EFM 11
		Gleichstrom	1884	CF 7 (VF 7)	
		Batterie	KF 8	KF 4	—
Abstimmanzeigeröhren mit NF-Verstärkung	Eingitterr.	Wechselstrom	—	AM 2	—
		Gleichstrom	—	C/EM 2	—
	Mehrgitterr.	Wechselstrom	—	—	EFM 11
		Gleichstrom	—	—	
Endstufe	Eingitterröhren	Wechselstrom	114, 134, 304, 604, 614	AD 1	—
		Gleichstrom	114 s, 134 s, 1822	—	—
		Batterie	114, 134	KC 3 + KDD 1	EDD 11,
	Mehrgitterröhren	Wechselstrom	164, 174 d, 374, 664, 964, 1374 d, AL 1, AL 2	AL 4, AL 5, (164) (VL 1, VL 4)	EL 11, EL 12
		Gleichstrom	164 s, 174 ds, 1823 d, BL 2, CL 1, CL 2	CL 4 (VCL 11)	CL 4
		Batterie	164, 174, d	KL 1, KL 2	—
Netzgleichrichtung bei Wechselstromanschluß	Einweggleichrichtung		354, 564, 1404	AZ 1, (354), CY 1, CY 2, VY 1, VY 2	AZ 11
	Zweiweggleichrichtung		504, 1054, 1064, 1503, 2004, 4004	AZ 1	AZ 11, AZ 12, EZ 11, EZ 12

Tabelle 23:
Die Bedeutung des ersten Buchstabens der Röhrenbezeichnung.

Kennbuchstabe	Heizart	Anwendung	Bemerkungen
A . .	4 Volt Wechselstrom	Wechselstromnetzempfänger	für Parallelheizung
B . .	180 mA Gleichstrom	Gleichstromnetzempfänger	durch die Röhren der C-Serie überholt
C . .	200 mA Gleich- oder Wechselstrom	Allstromnetzempfänger (Gleich- oder Wechselstromnetz)	für Serienheizung (früher auch als Autoröhren für Parallelheizung)
D . .	Batterieröhren 1,2 Volt	Batterieempfänger	**„Milliwatt-Serie"** mit sparsamster Batteriebeanspruchung an Stelle der K-Röhren (Heizleistung 30—120 mW)
E . . (+2Ziff.)	6,3 Volt Gleich- oder Wechselstrom, Batterie	Gleich-, Wechselstromnetzempfänger, Autoempfänger (6- und 12-V-Batterie)	**„Harmonische Serie"** (mit Stahlröhren und 8 pol. Stiftsockel für Parallel-, z. T. auch Serienheizung) E . . (+ 1 Ziff.) sind alte Autoröhren, heute überholt
K . .	2 Volt Batterie	Batterieempfänger	für Parallelheizung durch D-Röhren überholt
U . .	100 mA Gleich- oder Wechselstrom	Allstromnetzempfänger insbesondere Sparempfänger	**„Sparstromröhren"** der „Harmonischen Serie" (nur für Serienheizung)
V . .	50 mA Gleich- oder Wechselstrom	Allstromnetzempfänger insbesondere Sparempfänger	**„Sparstromröhren"** (für Serien- und Parallelheizung) insbes. für Einkreiser (Volksempfänger)

Tab. 24: Die Bedeutung des zweiten bzw. dritten Buchstabens.

Kennbuchstabe	Röhreneigenschaft	Anwendung zur	Gebräuchlichste Typen
. A .	**Einfachdiode** Zweipolröhre	HF-Gleichrichtung Regelspannungserzeugung	DAF 11
. B .	**Duodiode** Doppel-Zweipolröhre (2 Gleichrichtersysteme)	HF-Gleichrichtung, Regelspannungserzeugung	AB2 KB 2
. C .	**Triode** Dreipolröhre (Eingitter-Endröhre)	NF-Verstärkung, Empfangsgleichrichtung mit NF-Verstärkung, Schwingungserzeugung	ABC 1 CBC 1 EBC 11 KBC 1 ECL 11 UCL11 AC2 CC2 DC11 KC 1 KC3 VC 1
. D .	**Endtriode** Dreipol-Endröhre (Eingitter-Endröhre)	Endverstärkung (Lautsprecherröhre)	AD 1 DDD 1 KDD 1 EDD 11
. F .	**HF-Pentode** Fünfpol-Schirmröhre **Regelpentode** Fünfpol-Regelröhre (Dreigitterröhre)	HF-, NF-Verstärkung Empfangsgleichrichtung mit NF-Verstärkung regelbaren HF-Verstärkung (mit Diodengleichrichtung)	AF7 CF7 KF4 EF 12 VF 7 AF3 CF3 DAF 11 DF11 KF3 EF11 EF 13 (EBF 11) UBF 11
. H .	**Regelhexode** Sechspol-Regelröhre **Mischhexode** Sechspol-Mischröhre (Viergitterröhre)	regelbaren HF-Verstärkung regelbaren Mischverstärkung mit Schwingungserzeugung	AH 1 CH 1 ACH 1 DCH 11 ECH 11 UCH 11
. K .	**Oktode** Achtpol-Mischröhre (Sechsgitterröhre)	regelbaren Mischverstärkung mit Schwingungserzeugung	AK 2 CK 1 KK 2
. L .	**Endpentode** Fünfpol-Endröhre (Dreigitter-Endröhre)	Endverstärkung (Lautsprecherröhre)	AL4 AL5 CL4 DL11 EL11 EL12 KL1 KL2 VL1 VL 4 V CL 11
. M .	**Abstimmanzeigeröhre** (Anzeigesystem u. Triode bzw. Pentode)	Abstimmanzeige und NF-Verstärkung	AM 2 C/EM 2 EFM 11 EM 11 EM 11 UM 11
. S .	**Synchronablenkröhre**	Zeilenablenkung in Fernsehschaltungen	ES 111
. Y .	**Einweggleichrichter** (1 Gleichrichtersystem)	Gleichrichtung des Netzwechselstromes (Spezialröhre für Allstromempfänger)	CY 1 CY 2 VY 1 VY 2 UY 11
. Z .	**Zweiweggleichrichter** (2 Gleichrichtersysteme)	Gleichrichtung des Netzwechselstromes	AZ 1 AZ 11 AZ 12 EZ 11 EZ 12

NF . . . Niederfrequenz HF . . . Hochfrequenz (auch Zwischenfrequenz)

Verzeichnis der neuen U-Röhren.

Type				100-mA-Röhren für Gleichstrom-Wechselstrom												
				UBF 11 x		UCH 11 x			UCL 11		UF 11		UFM 11		UL 12	UM 11
Verwendungszweck				D+H°		M°+O			AW+ETt		H° | Z°		W°+AR		EP	AR
Sockelschaltung			Nr.	50		51			59		53		55		56	61
Heizung	Heizart			≋		≋			≋		≋		≋		≋	≋
	Heizspannung	U_f	Volt	20		20			60		15		15		60	15
	Heizstrom	J_f	Amp.	0,1		0,1			0,1		0,1		0,1		0,1	0,1
Betriebswerte	Verwendung			H°		M°		O	Triode	ETt						
	Betriebsspannung (Anodenspannung)	U_b (U_a)	Volt	200		200		200	200	200	200		$+U_L$ 200		200	200
	Gitterspannungen	U_{g5}	Volt													Schattenwinkel: $\beta_1 = 75° \ldots 5°$, $U_{g1} = 0 \ldots -3$ Volt; $\beta_2 = 75° \ldots 5°$, $U_{g1} = 0 \ldots -20$ Volt
		U_{g4}	Volt			80	190									
		U_{g3}	Volt			$-8 = J_{g3} \times 50$ kΩ										
		U_{g2}	Volt	80	200	80	190			200	80	200	14	110	125	
		U_{g1}	Volt	−2	−42	−2	−24		−2	−8,5 (10)	−2,0	−49	0	−11	−8	
	Anodenstrom	J_a	mA	5		2,5		2,8 (1)	2	45	6		0,95		75	
	Schirmgitterstrom	$J_{g2\,(+4)}$	mA	1,5		3				6	2,2	0,0055	0,37		10	
	Schirmgitterdurchgriff	D_2	%							7						
	Steilheit (Mischsteilheit)	S (S_c)	mA/V	1,8	0,018	0,75	0,0019	2,8 (2)	2	9					12	
	Durchgriff	D	%					6	1,5							
	Innerer Widerstand	R_i ($R_{i\,dyn.}$)	kΩ	> 1500		1000				45	1500		200		12	
	Kathodenwiderstand	R_k	kΩ	0,3		0,25										
	Gitterwechselspannung	U_{g1} ~	Volt eff.							5					0,11	
	Außenwiderstand	R_a ($\mathfrak{R}_a$)	kΩ					30		4,5			150		2	
	Schirmgittervorwiderstand	$R_{g2\,(+4)}$	kΩ	80							70		500			
	Spannungsverstärkung	V_u											95	12		
	Sprechleistung	$\mathfrak{N}$	Watt							4,0					5,6	
Grenzwerte	Anodenbelastung	N_a max.	Watt	1,5		1,5		1	0,6	9	2		0,4		15	Weitere Daten auf Anforderung
	Betriebsspannung	U_b max.	Volt	250		250		150	250	250	300		300		250	
	Schirmgitterbelastung	$N_{g2\,(+4)}$ max.	Watt	0,3		0,5				3	0,3		0,2		1	
	Schirmgitterspannung	$U_{g2+(U_{g4})}$ max.	Volt	125 (12)		125 (12)				250	100		300		125	
	Gitterableitwiderstand	$R_{g1\,(k)}$ max.	MΩ	3		3			1,7 (21)	0,7 (21)	3		3		0,7	
Kapazität	Gitteranodenkapazität	$C_{g/a}$	pF	< 0,002		< 0,001		1,8			< 0,002					

Verzeichnis der neuen D-Röhren.

Type				1,2-Volt-Batterieröhren						
				DAF 11	DC 11	DCH 11	DDD 11	DF 11		DL 11
Verwendungszweck				D+W	Tr	M+O	GE	H◦		EP
Sockelschaltung			Nr.	64	65	66	67	68		68
Heizung	Heizart			B	B	B	B	B		B
	Heizspannung	U_f	Volt	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2		1,2
	Heizstrom	J_f	Amp.	0,05	0,025	0,075	0,01	0,025		0,05
Betriebswerte	Verwendung			W◦		M O		H◦		
	Betriebsspannung (Anodenspannung)	U_b (U_a)	Volt	120	120	120 120	120	120		120
	Gitterspannungen	U_{g5}	Volt							
		U_{g4}	Volt			60 | 120				
		U_{g3}	Volt			$J_{g3} \times 50\,k\Omega$				
		U_{g2}	Volt	20 | 85		60 | 120		60		120
		U_{g1}	Volt	0 | −5	−4,5	0 | −10	−4,5	0	−8	−6
	Anodenstrom	J_a	mA	0,29 |	2	1 |	2×1,7	0,9		4,5
	Schirmgitterstrom	$-J_{g2\,(+4)}$	mA	0,5 |		1,5 | 1,2		0,15		0,9
	Schirmgitterdurchgriff	D_2	%							
	Steilheit (Mischsteilheit)	S (S_c)	mA/V		0,9	0,3 | 0,003	1	0,7	0,007	1,1
	Durchgriff	D	%		7		4,5			
	Innerer Widerstand	R_i (R_i dyn.)	kΩ		15,5	>1000 |		1000	10000	500
	Kathodenwiderstand	R_k	kΩ							
	Gitterwechselspannung	$U_{g1\sim}$	Volt eff.				3,5			4
	Außenwiderstand	R_a ($\mathfrak{A}_a$)	kΩ	300		40	14			22
	Schirmgittervorwiderstand	$R_{g2\,(+4)}$	kΩ	2000		40		400		
	Spannungsverstärkung	V_u		110 | 40						
	Sprechleistung	$\mathfrak{N}$	Watt				1,4			0,3
Grenzwerte	Anodenbelastung	N_a max.	Watt	0,6	0,4	0,5 | 0,3		0,5		1
	Betriebsspannung	U_b max.	Volt	150	150	150	150	150		150
	Schirmgitterbelastung	$N_{g2\,(+4)}$ max.	Watt	0,2		0,3		0,1		0,2
	Schirmgitterspannung	$U_{g2+(U_{g4})}$ max.	Volt	150		150		150		150
	Gitterableitwiderstand	$R_{g1\,(k)}$ max.	MΩ	3	3	R_{g1} 3 | R_{g3} 0,05		5		2
Kapazität	Gitteranodenkapazität	$C_{g/a}$	pF	< 0,02		< 0,0015		0,004		

Kleines Röhren-Lexikon.

Abstimmanzeigeröhren.

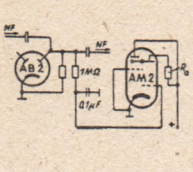
Kennbuchstabe: M Abstimmanzeigeteil mit Verstärkersystem zusammengebaut.

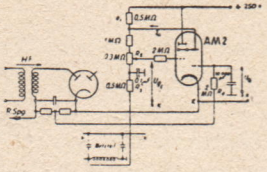
Verwendungsmöglichkeiten: Sichtbare Anzeige der Senderabstimmung und getrennte NF-Verstärkung.

Grundsätzliches: Zur Vermeidung von Verzerrungen ist eine einwandfreie Abstimmung des HF-Teiles auf die Trägerwelle des empfangenen Senders äußerst wichtig. Durch unscharfe Einstellung können starke lineare Verzerrungen und Phasenverzerrungen entstehen. Um die Abstimmung zu erleichtern, benutzt man sog. Abstimmanzeiger. Diese sind zum Beispiel als Glimmröhren ausgebildet und zeigen die Resonanzspannung des Schwingkreises bei richtiger Abstimmung an. Viel verwendet wurden auch sog. Schattenzeiger, die grundsätzlich einen kleinen Strommesser darstellen, der in die Anodenzuleitung einer Regelröhre geschaltet wird und bei richtiger Abstimmung kleinsten Ausschlag zeigt. der durch ein Schattenzeigersystem sichtbar gemacht wird.

Die Abstimmanzeigeröhren stellen eine besonders glückliche Lösung der Sichtbarmachung der Abstimmung dar. Sie beruhen auf einem ähnlichen Prinzip wie die für Fernsehzwecke verwendete Braunsche Röhre. Die von der Kathode austretenden Elektronen treffen auf die Innenflächen eines konisch gestalteten Leuchtschirms. Dieser ist mit einer chemischen Masse bestrichen, die beim Auftreffen von Elektronen genügender Geschwindigkeit (mindestens 150 V) eine Fluoreszenzerscheinung (grünes Leuchten) zeigt. Durch entsprechend angeordnete Steuerorgane ist es möglich, den zum Leuchtschirm gehenden Elektronenstrom zu beeinflussen und mehr oder weniger stark zu bündeln. Diese Beeinflussung erfolgt mit einer Steuerspannung, die von der Größe der dem Empfangsgleichrichter zugeführten Hochfrequenzspannung, d. h. der Trägerwelle des empfangenen Senders abhängig ist. Auf diese Weise ergibt sich der größte Leuchtwinkel dann, wenn der Empfänger genau auf den gewünschten Sender abgestimmt ist. Um die Möglichkeit zu bieten, diese Abstimmröhre besser auszunutzen, hat man den Abstimmteil mit einem im gleichen Kolben untergebrachten Verstärkersystem vereinigt, das zur NF-Verstärkung des Tonbandes benutzt werden kann. Bei AM 2, C/EM 2 ist ein Triodensystem eingebaut, das wahl-

weise zur Steuerung des Leuchtwinkels oder zur NF-Verstärkung benutzt werden kann. Bei der EFM 11 ist der Anzeigeteil mit einem Pentodenteil fest gekoppelt, der von vornherein für regelbare NF-Verstärkung vorgesehen ist.





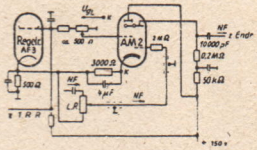


Abb. 24. *Abb. 25.* *Abb. 26.*
Schaltbeispiele für die Abstimm-Anzeigeröhre AM 2 und C/EM 2.

Der Leuchtwinkel ist also sowohl von der Spannung des Anzeigegitters als auch von der Höhe der positiven Spannung der Steuerstege abhängig. Durch eine entsprechende negative Vorspannung des Anzeigegitters kann völlige Dunkelheit erzielt werden. Die Winkelsteuerung durch die Spannung der Anodenstege erfolgt indirekt durch Verändern der Spannung des Triodensteuergitters U_{gl}, die durch Einwirkung auf den Anodenstrom den Spannungsabfall im Anoden-Außenwiderstand und dadurch die Spannung der mit der Anode verbundenen Steuerstege verändert. Auf diese Weise ist sowohl Einfachsteuerung durch das Anzeigegitter als auch Doppelsteuerung durch Anzeigegitter und Steuerstege möglich.

Anodenspannung U_a (Volt).

Bei jeder Röhre ist ein Höchstwert der Anodengleichspannung U_a max. für den Betriebszustand angegeben, der im Hinblick auf die bei der Verstärkung oder im Einschaltzustand auftretenden Spitzenspannungen festgelegt ist und aus Isolationsrücksichten nicht überschritten werden darf. Er stellt im allgemeinen den zulässigen Wert für die direkt an der Anode gegenüber der Kathode wirksame Gleichspannung dar (Abb. 27 und Abb. 28).

Bei rein Ohmschen Außenwiderständen kann die Anodenwechselspannung nicht höher werden als die Spannung der Anodenstromquelle. Bei induktiven Außenwiderständen kann die Spannungsspitze dagegen mehr als den doppelten Wert erreichen. Die notwendige Spannung der Anodenstromquelle ergibt sich aus der Summe von wirksamer Anodenspannung,

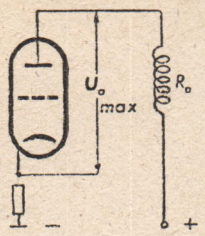


Abb. 27.
Die Anodenspannung bei einer Triode.

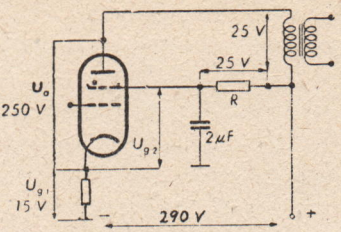


Abb. 28.
Die wirksame Anodenspannung.

Spannungsabfall im Außenwiderstand und notwendiger Gittervorspannung, sofern diese automatisch durch einen Kathodenwiderstand erzeugt wird.

$$E_{a\sim} = \frac{D}{E_{g\sim}} \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i}$$

Anodenstrom.

a) Gleichstrom.

$$I_{a\,=} = S\,(E_{g\,=} + D \cdot E_{a\,=})$$

Der Anodengleichstrom ist abhängig von der Anodenspannung und der Gittervorspannung. Allgemein gültige Angaben ohne Kenntnis dieser beiden Größen lassen sich nicht machen. Bei Schirmgitterröhren wird der Anodengleichstrom nicht so sehr durch die Anodenspannung als durch die Schirmgitterspannung bestimmt.

Zur Charakterisierung der Größe einer Röhre wird häufig der bei der Gitterspannung Null fließende Anodengleichstrom benutzt.

b) Wechselstrom.

$$I_a = \frac{E_{g\sim}}{D} \cdot \frac{1}{R_a + R_i}$$

Der Anodenwechselstrom ist der im Anodenkreise durch die Röhre und über den Außenwiderstand fließende Wechselstrom. Er überlagert sich dem Anodengleichstrom. Sein

Scheitel darf, wenn keine Verzerrungen auftreten, nicht größer als der Anodengleichstrom werden. Eine Ausnahme hiervon machen Gegentaktverstärker in „A"- und „B"-Schaltung.

Außenwiderstand R_a (Ω).

Der tatsächliche Außenwiderstand ist der zwischen Anode und Kathode wirksame Wechselstromwiderstand. Er ändert sich wegen Vorhandensein von Parallelkapazitäten bzw. durch den induktiven Widerstand des Verbrauchers mit der Frequenz der zu verstärkenden Schwingung.

Für die HF-Stufe berechnet sich der wirksame Wechselstromwiderstand eines abgestimmten Schwingkreises in Ohm nach der Formel $Rw = \frac{L}{CR}$, wobei L die Selbstinduktion (Henry), C die Kapazität (Farad) und R den sich mit der Frequenz ändernden Dämpfungswiderstand des Schwingkreises darstellt.

Für die NF-Verstärkungsberechnung begnügt man sich damit, den Nutzwiderstand des Verbrauchers für eine bestimmte Frequenz, meist 800 Hz, anzunehmen und mit diesem Wert zu rechnen. Der induktive Widerstand für 800 Hz läßt sich bei Drossel- oder Transformator-Kopplung annähernd nach der Formel R (Ohm) = 5000 · L (L = Selbstinduktion der Wicklung in Henry) berechnen. Ebenso wie bei der Widerstandskopplung kann dabei der Einfluß des Gittereingangswiderstandes der folgenden Röhre in Rechnung gestellt werden.

Die Wahl des Außenwiderstandes wird sowohl durch Rücksicht auf größtmöglichste Verstärkung als auch auf geringe Verzerrungen beeinflußt.

Arbeitspunkt.

Der Arbeitspunkt einer Röhre ist durch die Anoden- bzw. Hilfsgitter-Gleichspannung, Gittervorspannung und Anodengleichstrom gekennzeichnet. Seine richtige Wahl ist für einwandfreies und günstiges Arbeiten der Röhre ausschlaggebend. Für seine Lage im Kennlinienfeld ist die tatsächlich zwischen Anode und Kathode wirkende Gleichspannung zugrunde zu legen. Die Einstellung des Arbeitspunktes erfolgt bei festgelegter Anoden- bzw. Hilfsgitterspannung entweder durch eine feste Gittervorspannung oder durch einen Kathodenwiderstand (automatische Gittervorspannung).

Audiongleichrichtung.

Eine Audionschaltung ist schaltungsmäßig charakterisiert durch Gitterkondensatoren und Gitterwiderstand. Sie läßt sich auf eine normale Gleichrichterschaltung zurückführen, wenn man daran denkt, daß die Strecke Gitter—Kathode einen Einweggleichrichter darstellt.

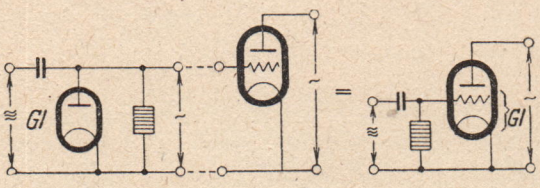


Abb. 29. Audiongleichrichtung.

Außer der vermittels dieser Strecke erfolgenden Gleichrichtung wird die dabei entstehende Niederfrequenz durch die Audionröhre selbst verstärkt.

Audionröhre.

Für die Audion-Gleichrichtung sind mehr oder weniger alle Röhren geeignet. Da die Empfindlichkeit einer Audionschaltung im wesentlichen von den Verstärkereigenschaften abhängt, verwendet man in Anbetracht der kleinen in Frage

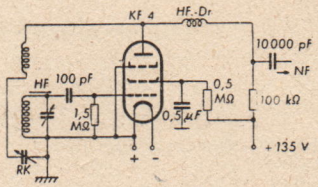


Abb. 30. Schaltbild für KF-4-Gittergleichrichtung mit Rückkopplung und NF-Widerstandsverstärkung.

kommenden Amplituden Röhren kleinen Durchgriffs (ca. 6%). In Widerstandsverstärkerschaltungen werden die üblichen Widerstandsverstärkerröhren (D = 3%) verwendet, wobei der Anodenwiderstand zur Erzielung besserer Rückkopplung kleiner als sonst üblich (ca. 0,1 bis 0,2 MΩ) gewählt wird.

Aussteuerung, Aussteuerungsbereich.

Zur Erzielung einer unverzerrten Verstärkung darf die Gitterwechselspannung einen bestimmten Betrag nicht

überschreiten (a). Sie darf nicht in das positive Gitterspannungsgebiet hineinreichen, da der dann einsetzende Gitterstrom Verzerrungen zur Folge hat. In der negativen Richtung ist die Gitterwechselspannung dadurch begrenzt, daß sie nur das praktisch geradlinige Gebiet der Arbeitskennlinie bestreichen darf.

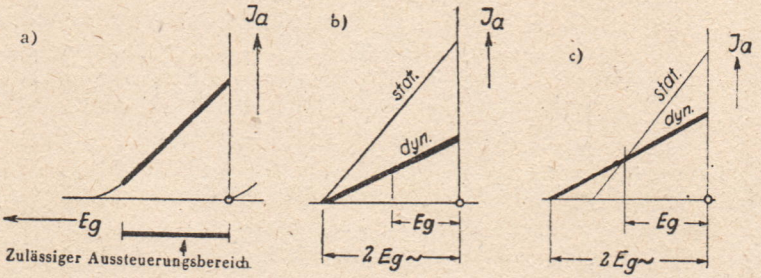


Abb. 31. Aussteuerungsbereiche in schematischer Darstellung.

Bestreicht die Gitterwechselspannung den gesamten zulässigen Bereich, so ist die Röhre „ausgesteuert". Liegt ein Ohmscher Widerstand (b) vor, so wird der Aussteuerungsbereich

$$2\,E_{g\sim} = D\,E_B$$

(E_B = Spannung der Anodenstromquelle)

Liegt ein Außenwiderstand mit vernachlässigbar kleinem Gleichstromwiderstand vor, so entstehen an der Anode Spannungen, die größer sind als die angelegte Anodenspannung. Damit wird auch bei richtiger Wahl der Gittervorspannung der Aussteuerungsbereich (c) größer. Er schwankt zwischen

$$2\,E_{g\sim} = D\,E_a \quad \text{für } R_a = 0$$
$$2\,E_{g\sim} = 2\,D\,E_a \quad \text{für } R_a = \infty$$

Die Zwischenwerte bestimmen sich zu

$$2\,E_{g\sim} = D\,E_a\,\frac{R_a + R_i}{R_a + 2\,R_i}$$

Bei Pentoden (s. d.) ist der Aussteuerungsbereich fast unabhängig vom Außenwiderstand und abhängig von der

Schutzgitterspannung.

$$2\ E_{g\sim} = D_2 E_s$$

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich die in jedem Falle nötige Gittervorspannung, die gleich dem Scheitel der zulässigen Gitterwechselspannung werden muß.

Zur Erzielung der maximalen Sprechleistung ist eine bestimmte Gitterwechselspannung für die Endröhre notwendig. Sie wird als Effektivwert für eine zu verstärkende Schwingung von 800 Hz angegeben. Die Spannungsschwankungen am Gitter, von Spitze zu Spitze gerechnet, erstreckt sich dabei auf das $2\sqrt{2}$fache dieses Effektivwertes. Für den Vergleich zweier Endröhren in bezug auf Verstärkung rechnet man besser mit der Empfindlichkeit. Sie ist durch die zur Erzielung einer Nutzleistung im Anodenkreis von 50 mW notwendige eff. Gitterwechselspannung gekennzeichnet. Je kleiner die notwendige Gitterwechselspannung der Endröhre, um so geringer ist die notwendige Vorverstärkung für eine bestimmte Geräteempfindlichkeit. Zwischen Gitterwechselspannung und erzielbarer Sprechleistung besteht ein quadratischer Zusammenhang.

Beispiel: Die Endpentode CL 4 benötigt für volle Aussteuerung (N = 4,0 Watt) eine Gitterwechselspannung von 5,50 V eff. Für 1 Watt Nutzleistung wäre der $\sqrt{4}$. Teil, also 2,75 V eff., notwendig.

Binode.

Bezeichnung für die Kombination eines gesteuerten Röhrensystems mit einer Diode in einem gemeinsamen Kolben.

Dioden, Duodioden und Tripeldioden (Hochfrequenzgleichrichter).

Kennbuchstabe: B Duodiode / Doppelzweipolröhre.

Verwendungsmöglichkeiten: Gleichrichtung von Hochfrequenz- bzw. Zwischenfrequenzschwingungen.

a) zur Gewinnung der NF-Sprechschwingungen (Empfangsgleichrichtung);
b) zur Gewinnung der zur selbsttätigen Schwund- bzw. Lautstärkeregelung notwendigen Regelspannung (Regelspannungserzeugung);

c) zur Gewinnung der Nachstimmspannung für selbsttätige Scharfabstimmung;
d) zur Erzeugung einer Verzögerungsspannung für die Regeldiode (Tripel-Dioden — EAB 1).

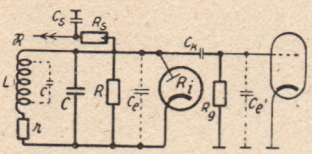


Abb. 32. Dioden-Gleichrichtung.

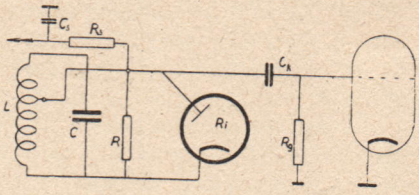


Abb. 33. Anzapfung der Spule des Abstimmungskreises zur Verminderung der Paralleldämpfung bei Diodengleichrichtung.

In der „Harmonischen Reihe" steht in der EB 11 eine Diode besonderer Ausführung zur Verfügung, bei der beide Systeme getrennte Kathoden besitzen. Dadurch besteht die Möglichkeit, die eine Kathode direkt an den Spannungsnull-

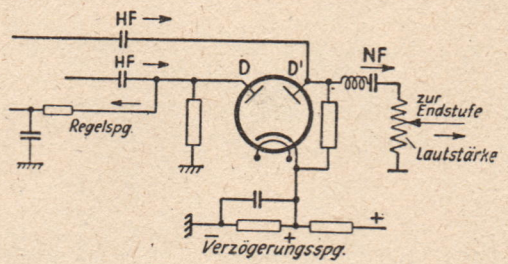


Abb. 34. Prinzipschaltung einer Duodiode. Empfangsgleichrichtung mit Lautstärkeregelung. Verzögerte Regelspannungserzeugung und Siebglied.

punkt zu legen, während die andere Kathode eine beliebige Vorspannung erhalten kann. Schließlich sei noch auf die Verbundröhren hingewiesen, die Dioden enthalten. Dabei ist die Duodiode entweder mit einer Triode (z. B. ABC 1 bzw. EBC 11) oder mit einer Pentode (z. B. EBF 11) in einem gemeinsamen Kolben untergebracht. Letztere stellt eine besonders sinnfällige Zusammenfassung zweier Systeme dar, da sie eine einfache Leitungsführung für die Verbindung mit dem ZF-Bandfilter ermöglicht.

Direkte Heizung.

Direkt geheizte Kathode.

Direkte Heizung liegt vor, wenn der vom Heizstrom durchflossene Faden selbst als Kathode dient, d. h. emittiert. Dies ist der Fall bei fast allen Batterieröhren. Für den Wechselstrombetrieb werden direkt geheizte normale Röhren heute nicht mehr verwendet.

Doppelgitterröhre.

Die Doppelgitterröhre enthält außer dem Steuergitter ein Hilfsgitter, das eine konstante positive Vorspannung erhält. Liegt dieses Hilfsgitter zwischen dem Steuergitter und der

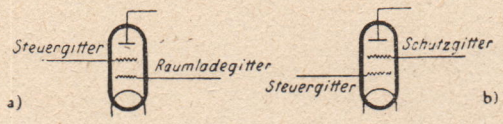


Abb. 35. Doppelgitterröhre in verschiedener Schaltung.

Kathode (a), so spricht man von einer Raumladegitterröhre, liegt das Hilfsgitter zwischen Steuergitter und Anode (b) von einer Schutznetz- oder Schutzgitterröhre.

Elektronenstrom.

Der Transport elektrischer Ladungen durch die Röhre erfolgt durch die von der Kathode zur Anode übergehenden Elektronen. Sie bewegen sich also in der Richtung vom negativen zum positiven Pol. Dies gilt auch für den Strom im Leiter (äußerer Stromkreis). Da die Begriffe „positiv" und „negativ" vor Erkenntnis der Elektronennatur des Stromes willkürlich festgesetzt wurden, bezeichnet man die der Bewegung der Elektronen entgegengesetzte Richtung als die des positiven Stromes.

Endröhren.

Kennbuchstaben: D Endtriode / Dreipolendröhre, L Endpentode / Fünfpolendröhre.

Grundsätzliches: Im Gegensatz zu den Röhren der Vorstufen, die möglichst leistungslos, d. h. nur spannungsverstärkend, arbeiten, hat die Endröhre in erster Linie die Aufgabe, die durch die Vorstufen genügend verstärkte Sprech-

wechselspannung in Wechselstromsprechleistung umzuformen. Die notwendige elektrische Gleichstromleistung wird dabei entweder von der Anodenbatterie (sog. Batterieempfänger) oder vom Netz bzw. vom Netzgleichrichterteil (sog. All- oder Wechselstrom-Netzempfänger) geliefert. In der Endstufe kommt durch die Steuerwirkung des Gitters gleichzeitig auch eine mehr oder weniger große Spannungsverstärkung zustande, die insbesondere davon abhängt, ob eine Eingitter- oder eine Mehrgitterröhre verwendet wird. Je nach der

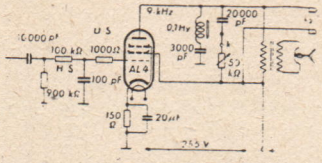


Abb. 36. Endröhre mit 9-kHz-Sperre und Tonblende.

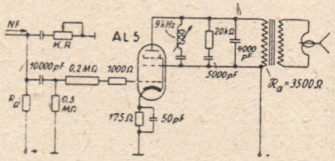


Abb. 36 a. Endröhre AL 5 in der normalen Schaltung mit 9-kHz-Sperre, Klangblende und Höhenausgleich.

Größe dieser Spannungsverstärkung muß die niederfrequente Vorverstärkung des Empfängers entsprechend bemessen werden, um eine ausreichende Aussteuerung der Endröhre sicherzustellen, wobei auf eine etwaige Uebersteuerung des HF-Gleichrichters Rücksicht zu nehmen ist. Besonderes Augenmerk verdient die Wahl der Betriebsspannungen, insbesondere der Gittervorspannung, und des Anpassungswiderstandes, damit die Endröhre richtig arbeitet und voll ausgenutzt werden kann.

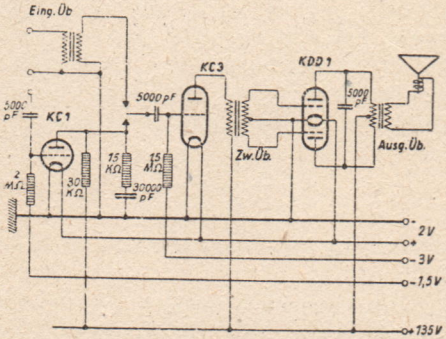


Abb. 37. Normale Batterie-Endröhrenschaltung mit KDD 1.

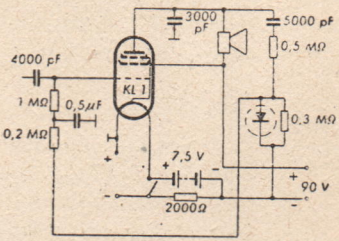


Abb. 38. Batterie-Endröhrenschaltung mit Sparschaltung.

In erster Linie wird heute die Endpentode (Dreigitterröhre) verwendet, während man die Endtriode (Eingitterröhre) fast nur in Spitzengeräten benutzt, von denen höchste Qualität der Wiedergabe gefordert wird. Im übrigen ist es jedoch möglich, die Endpentode durch Anwendung der sog. Gegenkopplung wiedergabemäßig weitgehend zu verbessern und an die Eigenschaften einer Triode anzugleichen.

Emission.

Legt man an eine Zweielektrodenröhre eine Spannung an, so wird die am negativen Pol liegende Elektrode als Kathode bezeichnet. Erhitzt man die Kathode (direkt oder indirekt), so sprüht sie Elektronen. Dieser Emissionsvorgang ist abhängig von der Temperatur und dem emittierenden Material. Unter Emission versteht man im allgemeinen die gesamte Elektronenmenge, die die Kathode abzugeben imstande ist.

Gitter.

Um die Kathode sind in den Verstärkerröhren ein oder mehrere als Spirale gewickelte Gitter angeordnet, die im allgemeinen aus Molybdändraht hergestellt sind. Neuerdings bevorzugt man die ovalförmige Ausführung der Gitter, die einfacher und genauer herzustellen ist.

Das sog. Steuergitter steuert den Elektronenstrom, der von der Kathode zur Anode fließt, und ermöglicht dadurch die Verstärkerwirkung der Röhre. Bei den Mehrgitterröhren üben die Schirm- oder Schutzgitter durch ihre positive gleichbleibende Spannung auf die Elektronen eine Beschleunigung aus. Dabei fliegen jedoch die meisten Elektronen zwischen den Gitterdrähten auf die dahinter angeordnete Anode zu. Ein solches Schutz- oder Schirmgitter soll außerdem die schädlichen Beeinflussungen einzelner Elektroden untereinander bzw. die verstärkungsschwächenden Rückwirkungen der Anodenspannungsschwankungen auf das Steuergitter unterbinden. Bei HF-Pentoden spricht man von einem Schirmgitter, weil hier die kapazitive Abschirmung zwischen Anode und Steuergitter besonders wichtig ist. Bei Endpentoden hat sich dagegen die Bezeichnung Schutzgitter eingebürgert, weil dieses in erster Linie das Steuergitter von den Anodenrückwirkungen schützt. Schließlich fällt dem sogenannten Bremsgitter die Aufgabe zu, die schädlichen Auswirkungen der sogenannten Sekundärelektronen zu verhindern.

Gittervorspannung U_{g1} bzw. U_{g3} U_{g1}.

Die Gittervorspannung ist mit Rücksicht auf größtmöglichste Verstärkung, entsprechenden Aussteuerbereich ($\sqrt{2}$ · zulässige eff. Gitterwechselspannung + Gitterstromeinsatzspannung) und im Hinblick auf die zulässige Anodenbelastung gewählt. Dabei ist zu beachten, daß der Gitterstrom bei den indirekt geheizten Röhren bei —1,3 Volt, bei den K-Röhren dagegen in der Gegend von Null Volt einsetzt. Als Gitterstromeinsatzpunkt wird praktisch die negative Gitterspannung bezeichnet, bei der ein Gitterstrom von 0,003 mA fließt. Einzelne Elektronen treten nämlich mit derart großer Geschwindigkeit aus der Kathode aus, daß sie bis zur negativen Gitterspannung von 50 Volt an das Gitter gelangen können, so daß auch bei hohen, negativen Gitterspannungen ein unmeßbar kleiner Gitterstrom fließt. Nach Möglichkeit soll die Gittervorspannung automatisch durch einen Kathodenwiderstand gewonnen werden, weil damit eine gewisse Sicherheit gegen Ueberlastung der Röhre gegeben ist.

Automatische Gittervorspannung.

Wird die Gittervorspannung einer Batterie entnommen oder (bei Netzanschluß) von einem Potentiometer abgegriffen,

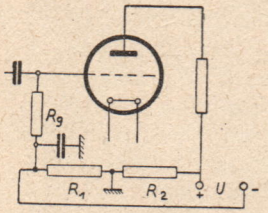


Abb. 39.

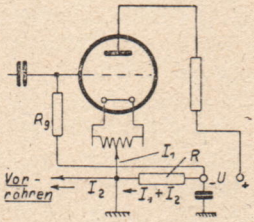


Abb. 40.

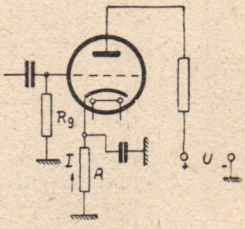


Abb. 41.

Drei verschiedene Möglichkeiten der automatischen Gittervorspannung.

so ist sie unabhängig vom Verhalten der Röhre selbst. Erzeugt man dagegen die Gittervorspannung als Spannungsabfall an einem in der Kathodenzuleitung liegenden Widerstand (der für den Anodenwechselstrom natürlich durch einen Kondensator zu überbrücken ist), so ist die Gittervorspannung abhängig vom Anodenstrom der betreffenden Röhre. Steigt dieser, so steigt auch die negative Vorspannung, wirkt also der Anodenstromsteigerung entgegen und umgekehrt.

Heizung.

Auf Grund der Ausbildung der Kathode unterscheidet man grundsätzlich zwei Röhrentypen:

a) Direkt geheizte Röhren.
b) Indirekt geheizte Röhren.

Bei direkt geheizten Röhren ist die wirksame Schicht auf den Heizfaden aufgebracht.

Bei der indirekt geheizten Röhre ist die wirksame Schicht, etwa 30/1000 bis 60/1000 mm stark, auf ein Nickelröhrchen aufgebracht, das im Innern isoliert den Heizfaden enthält. Die Kathodenoberfläche wird also in diesem Falle durch Wärmeleitung indirekt geheizt. In neuerer Zeit hat man eine weitere Verbesserung der indirekt geheizten Kathode dadurch erzielt, daß man den bifilargewickelten Heizfaden mit einer Isoliermasse bespritzt und direkt in das Nickelröhrchen steckt. Durch Fortfall des früher üblichen Isolierröhrchens zwischen Faden und Nickelröhrchen ist die Wärmeträgheit dieser Kathode, die man als Schnellheizkathode bezeichnet, bedeutend geringer.

Hexode.

Unter Hexode versteht man eine Röhre mit sechs Elektroden (Heizfaden und Kathode werden immer als eine Elektrode gezählt). Es gibt die Fadinghexode und Mischhexode. Diese Röhren benützen sogenannte Stromverteilungssteuerung auf dem zweiten Steuergitter. Aendert sich der gesamte Anodenstrom durch Aenderung der Spannung des 1. Steuergitters, so bestimmt die Spannung des zweiten Steuergitters, wie sich diese Stromänderung auf die vor und hinter dem zweiten Steuergitter liegenden Elektroden positiver Spannung verteilt. Das bedeutet aber nichts anderes, als daß die Steilheit durch die Einstellung der Spannung des zweiten Steuergitters geändert wird. Bei der Fadinghexode wird hierdurch ein großer Wechselbereich für die Verstärkung bei geringem Aufwand an Regelspannung erzielt. Bei der Mischhexode, die für die Mischrohrstufe von Ueberlagerungsempfängern bestimmt ist, ergeben sich klare Schaltungsanordnungen durch Zuordnung getrennter Elektroden zu den verschiedenen Frequenzen und hohe Strahlungsfreiheit.

Hochfrequenzverstärkung.

Sie wird heute grundsätzlich mit Pentoden ausgeführt. Kennbuchstabe: F Hochfrequenz-Pentode / Fünfpol-Schirmröhre.

Grundsätzliches: Die hervorstechendsten Eigenschaften der Pentode sind der hohe Innenwiderstand und die kleine Kapazität Gitter/Anode. Dadurch sind die Möglichkeiten für eine vorzügliche und trennscharfe Hochfrequenzverstärkung gegeben. Eine Neutralisierung zur Verhinderung der Selbsterregung ist nicht notwendig. Die ideale Verstärkungsziffer (μ) läßt sich allerdings praktisch nicht erreichen, weil der erzielbare Außenwiderstand wesentlich unter dem Wert des Innenwiderstandes liegt. Je nach Kreisgüte ist mit 150- bis 300facher HF-Verstärkung zu rechnen.

Hochfrequenz-Regelröhren.

Kennbuchstaben: F Regelpentode / Fünfpolregelröhre, H Regelhexode / Sechspolregelröhre.

Verwendungsmöglichkeiten: Hochfrequenz- oder Zwischenfrequenz- bzw. Niederfrequenzverstärkung mit gleichzeitiger Möglichkeit, die Verstärkung durch Aendern der Steuergittervorspannung entweder selbsttätig oder von Hand aus zu regeln.

Grundsätzliches: Die grundsätzliche Wirkungsweise beruht darauf, daß die durch die Diode gleichgerichtete HF-Eingangswechselspannung über ein Siebglied als negative Vorspannung einer oder mehreren Röhren des HF-Teiles zugeführt wird, die eine zur Verstärkungsänderung geeignete, gekrümmte Kennlinie besitzen. Je größer die an der Diode vorhandene Eingangsspannung, um so größer wird dann die den Röhren gelieferte Regelspannung, und die Röhrenverstärkung wird entsprechend herabgesetzt.

Für die HF-Eingangsstufe ist als besondere Spezialröhre die rauscharme Regelpentode EF 13 vorgesehen.

Bei den älteren Regelröhren (Hexoden und Pentoden bzw. Tetroden) ist es notwendig, die Schirmgitterspannung, sofern sie nicht einer Batterie entnommen wird, über einen entsprechend bemessenen Spannungsteiler zuzuführen, um zu verhindern, daß sie im Verlauf der Regelung unzulässig hoch ansteigt und einen festgelegten Höchstwert überschreitet. Bei den Röhren der „Harmonischen Reihe" ist es möglich, die Aussteuerverhältnisse im geregelten Zustand bzw. den Regel-

spannungsbedarf durch mehr oder weniger starkes Gleiten der Schirmgitterspannung in gewissen Grenzen nach Wunsch festzulegen. Dies erreicht man entweder durch einen Spannungsteiler mit hohem Querwiderstand oder im Grenzfall durch die voll gleitende Schirmgitterspannung, bei der nur ein Vorwiderstand vorhanden ist.

Innenwiderstand R_i.

Der Listen-Wert gilt nur für den der vorgeschriebenen Gittervorspannung entsprechenden Arbeitspunkt. Es ist zu beachten, daß sich der Innenwiderstand bei Verlegung des Arbeitspunktes ändert, wie dies zum Beispiel durch Aendern der Gittervorspannung, Herabsetzung der Anodenspannung, durch Einfügen eines Außenwiderstandes oder bei Regelröhren der Fall ist. Aus dem IaUa-Kennlinienfeld kann der Innenwiderstand aus der Neigung der Berührungsgeraden an die Kennlinie für jeden beliebigen Punkt annähernd bestimmt werden. Für die Verstärkungsberechnung müßte man stets den tatsächlich wirksamen Innenwiderstand in Rechnung setzen.

Kathodenwiderstand R_k.

Der Kathodenwiderstand stellt den Widerstand in der Kathodenzuleitung der Röhre dar, an dem automatisch die notwendige Gittervorspannung für das Steuergitter erzeugt wird. Er wird vom Kathodenstrom (Anodenstrom plus Hilfsgitterströme) durchflossen und kann unter Zugrundelegung des gesamten Kathodenstromes ermittelt werden.

Beispiel: Eine Endröhre AL 1 soll mit 250 Volt Anodenspannung und mit 36 mA Anodenstrom betrieben werden. Aus den Daten ergibt sich ein Schutzgitterstrom von 7 mA,

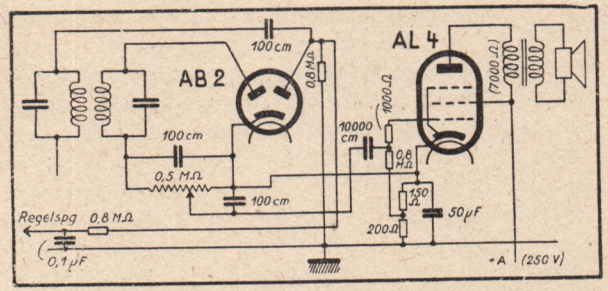


Abb. 42.
Lautstärkeregulierung im niederfrequenten Teil des Empfängers.

so daß der Kathodenstrom $Ik = Ia + Ig_2 = 36 + 7 = 43\,mA$ beträgt. Die gewünschte Gittervorspannung von 15 Volt erhält man daher mit einem Kathodenwiderstand von $\frac{15\ V}{0{,}043\ A} = 350\ \Omega$.

Kennlinien.

In den Röhrenkennlinien ist der Zusammenhang zwischen mehreren für die Röhre kennzeichnenden elektrischen Betriebswerten dargestellt. Während die für jede Röhre angegebenen technischen Daten immer nur für einen bestimmten Arbeitspunkt gelten, kann man aus den Kennlinien unter Berücksichtigung der jeweiligen Betriebsbedingungen die für den tatsächlich gewählten Arbeitspunkt geltenden Kenndaten entnehmen.

Klirrfaktor k (%).

Der Klirrfaktor einer Röhre gibt den Prozentsatz des unerwünschten Oberwellengemisches an, das in der Röhre bei Verstärkung einer Schwingung entstanden und in der an den Anodenkreis abgegebenen Wechselstromleistung enthalten ist. Er ändert sich mit den Betriebsdaten, dem Außenwiderstand und mit der Größe der abgegebenen Leistung. Er gibt jedoch kein Maß über die Art der entstehenden Verzerrungen (2. oder 3. Oberwelle) bzw. über die Stärke der bei Verstärkung mehrerer Schwingungen entstehenden unerwünschten Mischtöne.

Leistung.

Wechselstromleistung

ist das Produkt aus Anodenwechselspannung und Anodenwechselstrom. Sie nimmt also untenstehenden Wert an, wenn $E_g\sim$ den Scheitelwert der Gitterwechselspannung darstellt:

$$N\sim = \frac{1}{2}\left(\frac{E_g\sim}{D}\right)^2 \cdot \frac{R_a}{(R_a + R_i)^2}$$

Steuert man eine Eingitterröhre voll aus, d. h. führt man ihr die unter „Aussteuerung" abgeleitete Gitterwechselspannung zu, so wird die abgegebene Leistung

$$N\sim = \frac{1}{2}\ (E_{a=})^2 \cdot \frac{R_a}{(R_a + 2\,R_i)^2}$$

eine Formel, die für $R_a = 2\ R_i$ in die bekannte Form

$$N\sim = \frac{(E_{a=})^2}{16\ R_i}$$

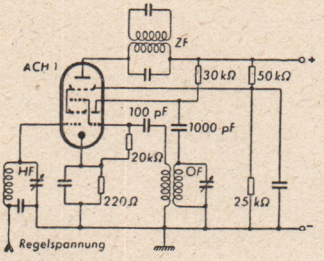
übergeht. Sie ergibt — infolge der vereinfachenden Annahmen — etwa 30 bis 40% zu große Werte.

Mischröhren.

Kennbuchstaben: H Hexode / Sechspolmischröhre — K Oktode / Achtpolmischröhre.

Es gibt zwei grundsätzliche Möglichkeiten:

1. die Mischung mit der Hexode, wobei die Hilfsschwingung (Oszillatorwelle) in einem besonderen Eingitter-Verstärkersystem erzeugt wird,
2. die Mischung mit der Oktode, die zugleich die Oszillatorschwingung erzeugt.



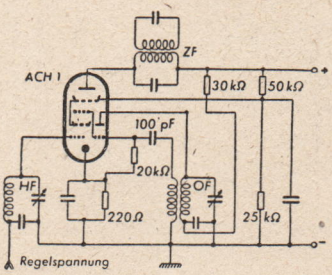
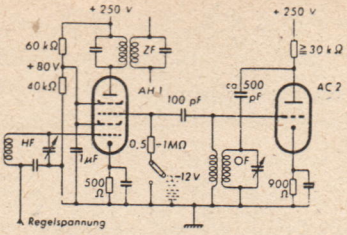


Abb. 43. *Abb. 44.*
Prinzipschaltbilder für die Mischhexode — Triode.

Beide Röhren bieten die Möglichkeit, gleichzeitig eine Verstärkungsregelung vorzunehmen. Als Mischhexode wird die gleiche Röhre verwendet, die als Regelhexode Anwendung findet. Eine besondere Ausführung stellt die Triode-Hexode dar, bei der der Hexodenteil und der Oszillatorteil über einer gemeinsamen Kathode aufgebaut sind. Bei der Oktode ist der Oszillatorteil, bestehend aus einem Steuergitter und zwei Stäbchen, die als Hilfsanode wirken, direkt um die Kathode an-



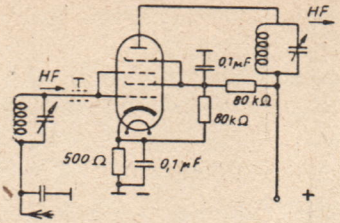
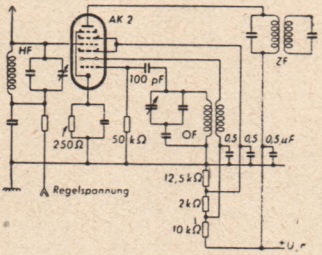


Abb. 45. *Abb. 46.*

Prinzipschaltbilder für die Hexode AH 1 (resp. CH 1). Links: AH 1 und AC 2 als Mischrohr und Oszillator. Rechts: AH 1 in Schaltung für HF-Regelstufen.

geordnet. Darüber ist ein Viergittersystem aufgebaut, von dem das erste als Schirmgitter zur Abschirmung zwischen Oszillator- und dem darüber aufgebauten Pentodenteil dient. Beide Systeme sind durch den gemeinsamen Elektronenstrom gekoppelt. Das zweite Steuergitter, dem die Hochfrequenz-Eingangsspannung zugeführt wird, ist als Regelgitter ausgebildet.



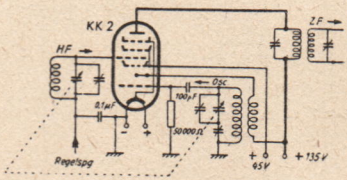


Abb. 47. *Abb. 48.*

Prinzipschaltung von Oktoden (AK 2 und KK 2).

In der „Harmonischen Serie“ steht nur eine einzige Mischröhrentype zur Verfügung, und zwar wurde die Hexode-Triode ECH 11 gewählt, da dieser Röhrentyp insbesondere im Kurzwellenbereich außerordentlich zuverlässig arbeitet.

Sowohl bei der Hexode wie auch bei der Oktode kommt die Mischung dadurch zustande, daß der Elektronenstrom mit den beiden Schwingungen durch zwei getrennte Steuergitter beeinflußt wird. Durch diese multiplikative Mischung ergibt sich

die ZF-Schwingung direkt an einem an der Anode liegenden abgestimmten ZF-Schwingkreis. Vor dem zweiten Steuergitter bildet sich eine scheinbare Kathode (Elektronenstauung). Dieses Gitter verteilt den Elektronenstrom zwischen dem davor liegenden Schirmgitter und Anode.

Rückkopplung.

Eine Rückkopplung besteht darin, daß ein Teil der Anodenwechselspannung auf das Gitter zurückgeführt wird in der Weise, daß diese neue Gitterwechselspannung die Wirkung der ursprünglichen unterstützt. Diese Anordnung, praktisch ausschließlich für die Hochfrequenz und hier wiederum für die Demodulatorstufe verwendet, verhält sich so, als ob die Dämpfungen der in Frage kommenden Schwingungskreise stark reduziert würden. Dadurch tritt eine erheblich größere Empfindlichkeit der Anordnung ein.

Eine zu weit getriebene Rückkopplung führt zur Selbsterregung der Anordnung.

Aus der Barkhausenschen Selbsterregungsbedingung

$$K = D + \frac{1}{S \cdot R_a}$$

geht hervor, daß zur Selbsterregung die Rückkopplung

$$(K = - \frac{E_g \sim}{E_a \sim})$$

größer sein muß als der Durchgriff und daß eine Röhre um so leichter schwingt, je kleiner ihr Durchgriff, je größer ihre Steilheit und je größer ihr Außenwiderstand für die rückgekoppelte Frequenz ist.

Sekundäremission, Sekundärelektronen.

Treffen Elektronen mit hinreichender Geschwindigkeit auf eine Elektrode (Anode, Schirmgitter, Gitter) auf, so lösen sie — geeignetes Material vorausgesetzt — neue sogenannte Sekundärelektronen aus. Diese verbleiben an der betreffenden Elektrode, wenn diese der Ort des höchsten positiven Potentials ist. Ist dieses nicht der Fall, so wandern sie zum nächstgelegenen Ort höheren Potentials ab und bringen so anormale Stromänderungen mit sich.

Gittersekundäremission macht sich zum Beispiel bei Kraftverstärkerröhren (insbesondere mit Thoriumfäden) bemerkbar, wenn nicht besondere Maßnahmen getroffen sind.

Anodensekundäremission ist der Grund für den eigenartigen Verlauf der Ia - Eg - Kennlinie von Schirmgitterröhren. Ist die Anodenspannung klein gegenüber der Schirmgitterspannung, so geht die bei steigender Anodenspannung stärker werdende Sekundäremission zum Schirmgitter über, der Anodenstrom fällt, bis schließlich die Anodenspannung in die Größenordnung der Schirmgitterspannung kommt.

Bei Schutzgitterendröhren ist diese Erscheinung durch Einbau eines Fanggitters verhindert.

Schirmgittersekundäremission läßt umgekehrt den Schirmgitterstrom klein werden, eventuell sogar seine Richtung umdrehen, wenn die Anodenspannung größer ist als die Schirmgitterspannung. Daher darf die Schirmgitterspannung nicht durch einen Vorschaltwiderstand in der Schirmgitterleitung hergestellt werden, da sonst Springerscheinungen, ähnlich dem „Durchstoßen", die Folge sein können. Vielmehr ist ein Potentiometer erforderlich, dessen Eigenstromverbrauch groß gegen den Schirmgitterstrom ist.

Steilheit S in mA/V.

Unter Steilheit versteht man das Verhältnis der Aenderung des Anodenstroms zu der Aenderung der Spannung des steuernden Gitters. Sie wird daher in mA/V angegeben. Hält man dabei die Anodenspannung konstant, so spricht man von der

statischen Steilheit,

$$S = \frac{\triangle I_a}{\triangle E_g} \; (E_{a\ const.})$$

die sich unmittelbar aus der Neigung der statischen Ia - Eg - Kennlinie ergibt. Beim Arbeiten mit einem Außenwiderstand bewirkt die sich gleichzeitig ändernde Anodenspannung, daß für gleiche Aenderungen der Schirmgitterspannung die Anodenstromänderung nunmehr kleiner ausfällt. Bezieht man wiederum die Aenderung des Anodenstroms auf die Aenderung der Gitterspannung, so erhält man die

dynamische Steilheit.

$$S_A = \frac{\triangle I_a}{\triangle E_g} = S \frac{1}{1 + \frac{R_a}{R_i}} = \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{R_a + R_i}$$

Ist der Innenwiderstand sehr groß gegen den Außenwiderstand (wie z. B. bei Pentoden), so unterscheidet sich statische und dynamische Steilheit nur unwesentlich.

Mischsteilheit Sc (mA/V).

Für Mischröhren, bei denen am Steuergitter und im Anodenkreis verschiedene Schwingungen (HF und ZF) vorhanden sind, hat man den Begriff „Mischsteilheit" eingeführt. Die Mischsteilheit wird gleichfalls in mA/V angegeben und bezeichnet das Verhältnis des ZF-Anodenwechselstromes zur HF-Gitterwechselspannung.

Steuerspannung.

Die Betrachtungen über die Wirkungsweise einer Röhre vereinfachen sich, wenn man als Steuerspannung die Summe aller auf die in der Kathodennähe befindlichen Elektronen einwirkenden Spannungen ansetzt. Für Eingitterröhren wird die Steuerspannung

$$E_{st} = E_g + D E_a$$

für Schutzgitterröhren:

$$E_{st} = E_g + D_2 (E_s + D_1 E_a).$$

Trioden (Eingitterröhren).

Kennbuchstaben: C Triode / Dreipolröhre, D Endtriode Dreipol-Endröhre.

Verwendungsmöglichkeiten: Verstärkung von Niederfrequenz- bzw. Hochfrequenzschwingungen, Gleichrichtung von Hochfrequenzschwingungen mit gleichzeitiger Niederfrequenzverstärkung. Schwingungserzeugung im Ueberlagerungsempfänger (Oszillatorstufe). Leistungsverstärkung in der Endstufe.

Grundsätzliches: Zur HF-Verstärkung wird die Triode heute fast nicht mehr verwendet, weil sie die Vorteile der Pentode in bezug auf Verstärkung und Rückwirkungsfreiheit der Anode auf das Steuergitter nicht erreicht. Für

Empfangsgleichrichtung findet sie in billigen und einfachen Empfängern Verwendung. Zur NF-Verstärkung in erster Linie dort, wo man mit der kleineren Triodenverstärkung auskommt. Letzteres ist besonders in Verbindung mit den neuen Endröhren der Fall. Als Treiberröhre für die Gegentakt-B-Endstufe besitzt die Triode besonders günstige Eigenschaften, da in diesem Fall eine Pentode wegen ihres hohen Innenwiderstandes nicht zu verwenden ist. In der Endstufe wird die Eingitterröhre neuerdings wieder gern verwendet.

Verstärkung.

Unter Verstärkung versteht man das Verhältnis von Ausgangswechselspannung zu Eingangswechselspannung. Wie aus dem unter „Anodenwechselspannung" Gesagten hervorgeht, beträgt die Verstärkung

$$V = \frac{E_a \sim}{E_g \sim} = \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_a}}$$

Sie wird also um so größer, je größer R_a gegenüber R_i wird. Beim Außenwiderstand $R_a = \infty$ wird $V = \frac{1}{D}$. Das ist die theoretisch größtmögliche Röhrenverstärkung. Die Größe $g = \frac{1}{D}$ trägt daher die Bezeichnung Röhrengüte.

Verstärkungsfaktor μ und Durchgriff D (%).

Der Verstärkungsfaktor stellt die im Idealfall zu erzielende Spannungsverstärkung dar, die dann erreichbar wäre, wenn der Außenwiderstand im Verhältnis zum Innenwiderstand der Röhre unendlich groß wäre. Je kleiner der Außenwiderstand im Verhältnis zum Innenwiderstand, um so geringer ist die tatsächlich erreichbare Verstärkung. Die ideale Verstärkungsziffer könnte man nur erreichen, wenn die Widerstandslinie vollkommen horizontal verlaufen würde, d. h. der Außenwiderstand unendlich groß wäre.

Bei der Eingitterröhre ist der Verstärkungsfaktor zugleich die Umkehr des statischen Durchgriffs der Anode: $\mu = \frac{1}{D} = \frac{100}{D\%}$. Für Pentoden gilt angenähert: $\mu = S \cdot R_i$.

Gleichrichterverstärkung.

Verwendet man eine Triode oder Pentode als Empfangsgleichrichter, so kommt neben der HF-Gleichrichtung eine NF-Verstärkung zustande. Man kann die Verstärkerwirkung einer solchen Röhre ähnlich wie die einer Mischstufe als Gleichrichterverstärkung definieren, wenn man die im Anodenkreis auftretende eff. NF-Spannung zur eff. HF-Gitterwechselspannung in Beziehung setzt. Diese Verstärkung ist wegen der nichtlinearen Gleichrichtung abhängig von der Aussteuerung der Gleichrichterröhre und vom Modulationsgrad des Senders.

Verstärkungsberechnung eines Empfängers.

Die Berechnung geht von der Endröhre aus.

Tabelle 22.

AL 4	NF-Verstärkung	AC 2	AB 2			ZF-Verstärkung ←	AF 3		ZF-Verstärkung ←	ACH 1	
U_{g_1} eff.		U_{NF1} Veff.	U_{NF} Veff.	U_{HF} Veff.	U_- V	$V = \frac{1}{2} \cdot S \cdot R_a'$	U_{g_1} V	u_{g_1} Veff.	$V = \frac{1}{2} \cdot S \cdot R_a'$	U_{g_1} V	u_{g_1} Veff.
3,6 V eff. für $\mathfrak{N} =$ 4,3 W	20 fach	0,18	0,55	2	0	$V = 0{,}5 \cdot 1{,}8 \cdot \frac{150}{} = 145$	— 3	14 mV	$V = 0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot \frac{250}{} = 95$	— 2	150 µV
			1,1	4	3	$V = 0{,}5 \cdot 0{,}8 \cdot \frac{150}{} = 60$	— 6	65 mV	$V = 0{,}5 \cdot 0{,}08 \cdot \frac{250}{} = 10$	— 5	6,5 mV
			2,2	8	8	$V = 0{,}5 \cdot 0{,}4 \cdot \frac{150}{} = 30$	—11	250 mV	$V = 0{,}5 \cdot 0{,}01 \cdot \frac{250}{} = 1{,}25$	—10	200 mV
Änderung:			1:4								1:1300

Ueberlagerungssteilheit.

Die Steilheit einer Röhre $\frac{\triangle I_a}{\triangle U_{g1}}$ gibt den Anodenwechselstrom an, der bei einer Gitterwechselspannung von 1 Volt fließt (wenn der Widerstand im Anodenkreis vernachlässigbar klein ist). Entsprechend kann die Steilheit einer Mischröhre definiert werden, nur muß man dabei beachten, daß im Anodenkreis und am Steuergitter verschiedene Frequenzen liegen. Die Ueberlagerungssteilheit ist also der Zwischenfrequenzstrom, der bei einer hochfrequenten Steuerspannung von 1 Volt fließt.

$$S_c = \frac{\triangle I_a \text{ (ZF)}}{\triangle U_{gt} \text{ (HF)}}$$

Vakuum.

Die modernen Rundfunkröhren sind bis auf wenige Ausnahmen Hochvakuumröhren. Der Gasdruck beträgt etwa 10^{-7} mm Quecksilbersäule. Zur Aufrechterhaltung dieses Vakuums dient der Innenspiegel. Im Betrieb können Gase aus der Kathode, bei starken Ueberlastungen auch aus der Anode und dem Gitter, frei werden, die durch den Spiegel gebunden werden.

Vakuumstrom.

Der Ionen-Gitterstrom wird auch mit Vakuumstrom bezeichnet. Er sollte die Größenordnung von 10^{-6} bis 10^{-7} Ampere nicht überschreiten.

Vakuumfaktor.

Technisch wird das Vakuum nicht in „mm Hg", sondern mit dem Vakuumfaktor $\frac{I_{g1}}{I_a}$ gemessen, der entsprechend bei 10^{-3} bis 10^{-4} liegt.

Verzerrungen.

a) Lineare Verzerrungen treten auf, wenn die einzelnen Frequenzen zwar formgetreu wiedergegeben sind, aber verschieden verstärkt werden, zum Beispiel hohe Frequenzen weniger als tiefe. Die lineare Verzerrung kommt nur durch frequenzabhängige Schaltmittel in die Apparatur (Kondensatoren, Drosseln, Transformatoren), die Verstärkung der Röhre selbst ist frequenzunabhängig.

b) Nichtlineare Verzerrungen treten dann in Erscheinung, wenn sich die Kurvenform des Wechselstromes durch die Verstärkung ändert. Ist zum Beispiel die Röhre übersteuert, d. h. sind die Gitterwechselspannungen so groß, daß sie in den gekrümmten Teil der Röhrenkennlinie oder in das Gitterstromgebiet reichen, dann wird die Sinusform der Gitterwechselspannung verzerrt, und es treten zur Grundwelle noch Oberwellen hinzu.

*

Schrifttum: Vgl. DRB. 55: Dr. F. Fehse und O. P. Herrnkind: „Die Röhre, ihre Arbeitsweise und Verwendung", III. Auflage. — L. Ratheiser: „Rundfunkröhren, Eigenschaften und Anwendung", IV. Auflage.

KAPITEL V.

Schaltungen.

Detektor-Empfänger.

An einen guten Detektor-Empfänger werden hohe Anforderungen gestellt. Es müssen beide Wellenbereiche empfangen werden können. Alle Verluste im Empfänger selbst, die durch schlechte Spulen, Drehkondensatoren usw. entstehen können, müssen sorgfältig vermieden werden.

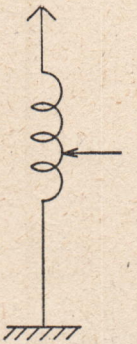


Abb. 49. Die Spule als Abstimmungsmittel.

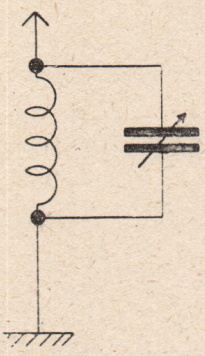


Abb. 50. Der Kondensator als Abstimmungsmittel.

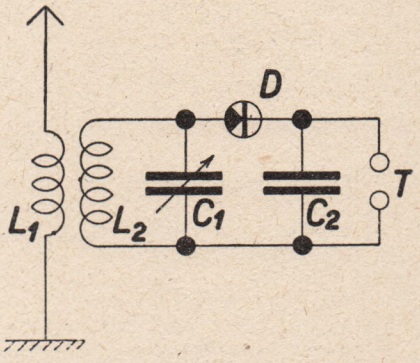


Abb. 51. Eine besonders trennscharfe Detektorschaltung.

Der Aufbau eines solchen Empfängers ist sehr einfach. Bevor wir darauf eingehen, sollen einige Worte über die Ankopplung von Antenne und Erde gesagt werden, die auf die verschiedenste Art und Weise vor sich gehen kann. Man kann die Anschlüsse von Antenne und Erde nach Abb. 50 vornehmen. Eine solche Schaltung wäre wohl hochempfindlich, aber nicht sehr selektiv, d. h. ein starker Sender erscheint nicht nur auf einem kleinen Teil der Skala unseres Einstellkondensators, sondern ist je nach den örtlichen Verhältnissen manchmal über die ganze Skala zu hören. Diesem wird abgeholfen durch eine andere Ankopplung der Antenne. Abbildung 52 a zeigt eine kapazitive Ankopplung, die wesentlich selektiver wirkt. In Abb. 52 b liegt die Antenne an einem besonderen Kreis, der ebenfalls abgestimmt ist und mit dem

nächsten Kreis mehr oder weniger eng gekoppelt werden kann. Der Abstimmkondensator ist hier der Spule parallel geschaltet. Dies ist für kleine Antennen und kleine Wellen günstiger, da in diesem Falle die Spule möglichst groß wird und der Kondensator verhältnismäßig klein sein kann. Abb. 52 c

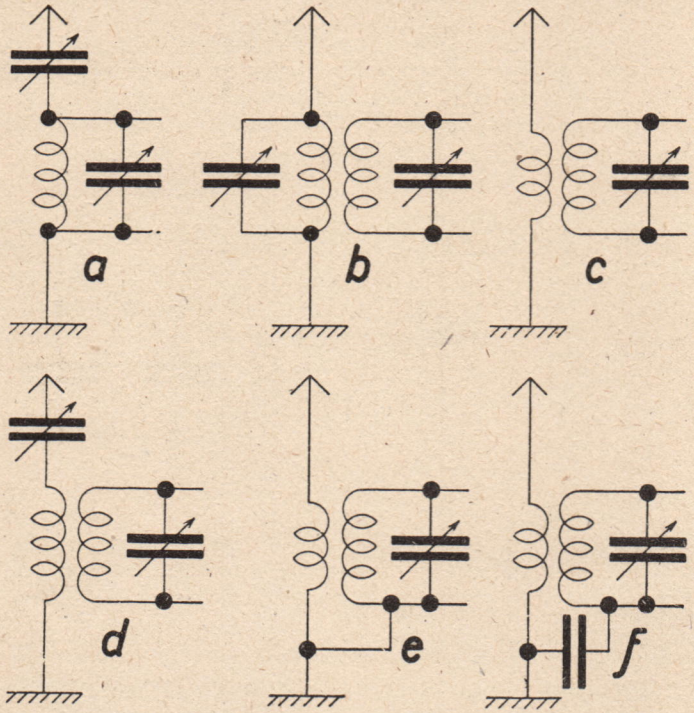


Abb. 52 a bis f. Antenne und Erde kann auf die verschiedenste Art an den Empfänger gekoppelt werden.

zeigt die dritte Form, die sogenannte aperiodische Antennenankopplung. Es ist die heute am meisten gebräuchliche Art, da sie die Selektivität sehr erhöht, ohne die Einstellung schwieriger zu gestalten. Die Antennenspule kann viel kleiner sein als die Gitterspule. Das Verhältnis der Windungen kann ungefähr 1 : 5 bis 1 : 7 betragen. Bei kürzeren Antennen (Zimmerantennen) wählt man dieses Verhältnis etwas größer, etwa 1 : 3 bis 1 : 4.

Bei langen Antennen schaltet man in die Zuleitung einen kleinen Blockkondensator von 100 bis 200 cm ein. Die Eigen-

schwingung der Antenne wird hierdurch verändert, die Antenne wird, wie man sagt, „verkürzt". An Stelle dieses kleinen Kondensators kann auch ein 500-cm-Drehkondensator treten, mit dem, ähnlich wie bei der Abb. 52 d, der Antennenkreis abgestimmt werden kann. Bei Kurzwellenempfängern ist diese Schaltung öfter zu finden; hier nimmt man als Verkürzungskondensator meist einen solchen von 10 bis 100 cm.

Viele Schaltungen arbeiten besser, wenn man die Erdseite der Antennenspule mit der Spule des Abstimmkreises verbindet (Abb. 52 e). Verwendet man jedoch zum Verstärker eine Netzanode, bei der kein besonderer Schutzkondensator eingebaut ist, so legt man zwischen die Verbindung von Erde und Schaltung einen Block von ca. 5000 cm (Abb. 52 f), der für 1500 Volt geprüft sein muß.

Wir bauen unseren Detektor-Empfänger am besten mit aperiodischer Antennenankopplung nach Abb. 52 c oder 52 e. Der aperiodischen Antenne mit der Antennenspule (Abbildung 52 c) schließt sich ein Schwingungskreis an, bestehend

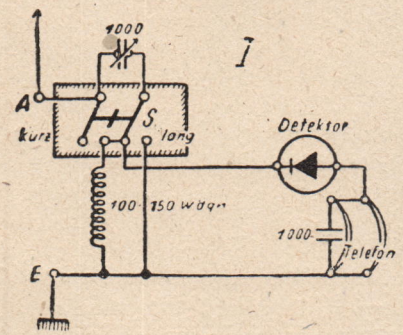


Abb. 53. Ein einfacher Detektorempfänger für 2 Wellenbereiche.

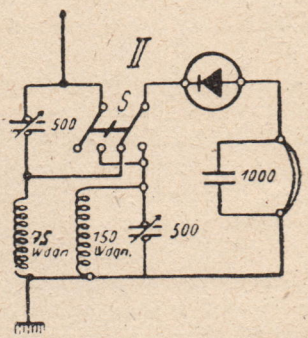


Abb. 54. Ein besserer Detektorempfänger mit 2 Drehkondensatoren.

aus einer Spule und einem Drehkondensator zur Abstimmung auf die zu empfangende Welle, der Detektor zur Gleichrichtung und der Kopfhörer. Den Kopfhörer überbrücken wir mit einem Blockkondensator, der die restlichen hochfrequenten Schwingungen vom Kopfhörer abhält.

Für die Herstellung der Spulen gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder wickeln wir uns einige gute Flachspulen oder

eine umschaltbare Zylinderspule. Beide Arten von Spulen können später auch für andere Zwecke verwendet werden. Flachspulen sind besonders für den Anfänger, aber auch für spätere Versuche sehr praktisch, denn sie können leicht als „Steckspulen" zum Auswechseln ausgebildet werden.

Beim Detektor-Empfänger heißt es grundsätzlich: Je länger und höher die Antenne ist, desto besser ist sie. Den einfachsten Detektor-Empfänger für zwei Wellenbereiche zeigt Abbildung 53. Wir brauchen hier weiter nichts als einen doppelpoligen Umschalter, einen guten 1000-cm-Drehkondensator, am besten mit Feineinstellung — und eine gewöhnliche Spule von 100 bis 150 Windungen. (100 Windungen genügen in den meisten Fällen.) Außerdem natürlich einen Detektor und einen anständigen Kopfhörer.

Röhren-Empfänger.

Alle Röhrenempfänger sind in zwei Hauptgruppen einzugliedern:

1. Geradeausempfänger,
2. Superhets.

In der Geradeausschaltung sind sämtliche Volksempfänger konstruiert — und zwar durchweg als Einkreiser mit 1, 2 oder 3 Röhren. Alle teureren Empfänger werden heute nur noch in Superschaltung hergestellt, wobei sich folgende Typen herausgeschält haben: *Zwergsuper, Kleinsuper, Standardsuper, Mittelsuper, Großsuper und Luxussuper.*

Die Zwergsuper erscheinen meist mit 4 Röhren (man zählt das Gleichrichterrohr immer mit) und sind nach ihrem Volumen charakterisiert als 5- bis 10-Liter-Super. Sie werden entweder mit U-Röhren oder E-Röhren bestückt, erscheinen also nur in Allstromausführung. Der Kleinsuper hat normalerweise 4 Röhren und 6 Kreise und wird meist als Allströmer ausgeführt. Der Standardsuper ist gleichfalls ein Sechskreiser, aber mit 5 Röhren, weil die EM 11 als magisches Auge zur Abstimmungsanzeige dient. Die Klasse der Mittelsuper wird wahrscheinlich verschwinden, weil man sie nicht mehr braucht. Die gegenwärtigen Typen haben 7 Kreise, 6 Röhren und meist 2 Kurzwellenbereiche. Der Großsuper wird ausschließlich als Siebenkreiser gebaut, aber mit sehr weitgehender Bandspreizung, so daß er 6 bis 9 Wellenbereiche aufweist. Hat das Gerät auch noch eine Gegentakt- oder Kraftendstufe mit der EL 12, so spricht man vom Luxussuper.

Eine besondere Stellung nehmen die neuen Kleinstkoffer mit D-Röhren ein, die mit 4 Röhren und 4 Kreisen ausgerüstet

sind — und bei dem Volumen von höchstens 10 Litern und einem Betriebsgewicht von 5 bis 7 kg alle Wünsche erfüllen, die man an ein vollendetes Koffergerät stellt.

Grundsätzliches über die Schaltungen.

Ob man sich als Bastler betätigt oder aus reiner Freude an der Technik seinen Rundfunkempfänger zu verstehen sucht . . . das schwierigste, aber auch interessanteste Kapitel der ganzen Rundfunktechnik sind die Schaltungen. Man hat oft davon gesprochen, daß die Schaltungstechnik beim Rundfunkempfänger eine ähnliche Vielfältigkeit zeigt wie das Schachspiel; aber bei genauerer Kenntnis der Sachlage findet man diesen Vergleich doch nicht ganz zutreffend, denn die scheinbar ungeheure Mannigfaltigkeit der Schaltungsmöglichkeit entpuppt sich als eine strenge Gesetzmäßigkeit, deren Grenzen niemals überschritten werden können. Daher gibt es auch gar keine Wunderschaltungen. Jede Neuerung auf diesem Gebiet ergibt sich als organische Weiterentwicklung des bereits Vorhandenen. Da aber beim einen Konstrukteur mehr die Trennschärfe, beim anderen mehr die Klanggüte im Vordergrund des Interesses steht, fallen auch bei gleichem Aufwand an Konstruktionsmitteln die Schaltungen doch recht verschieden aus. Viele Kreise mit schmalen Resonanzkurven ergeben hohe Trennschärfe, aber ein dunkles, unnatürliches Klangbild. Wenige Kreise mit breiten Abstimmkurven, unter Umständen sogar zu Bandfiltern vereinigt, ergeben eine sehr hohe Klanggüte, allerdings bei bescheidener Trennschärfe. Dazwischen liegt eine fast unendliche Zahl von Kompromißmöglichkeiten, denen wir bei allen Schaltungen auf der ganzen Welt begegnen. Das berühmte „Official Radio Service Manual für 1940 der Radio Carft Publications, Inc.“, 99 Hudson Street, New York, umfaßt auf 1200 Seiten weit über tausend Schaltungen — die Ausbeute der amerikanischen Rundfunk-Industrie eines einzigen Jahres! Trotzdem aber kann man die ganze Vielfältigkeit auf einige wenige Grundtypen zurückführen, die wir dem Leser in folgendem vorstellen wollen:

I. Der Zweikreiser.

Die Antennenspannung gelangt über einen Sperrkreis in den ersten Abstimmkreis und von diesem in die Hochfrequenzpentode zur Verstärkung. Ueber einen zweiten Abstimmkreis wird die Verbindung zur nächstfolgenden Röhre hergestellt, die normalerweise ebenfalls eine Hochfrequenzpen-

tode in Anoden-Gleichrichterschaltung ist. Die Tonfrequenz wird von hier aus meist direkt auf die Endröhre gegeben; besser aber ist es, wenn man dazwischen noch eine Tonfrequenzverstärkerstufe schaltet. Die Lautstärkeregulierung geschieht zweckmäßig im Antennenkreis in Form einer „Wellenschleuse", die es gestattet, die Antennenspannung in den Grenzen von mindestens 1 : 1000 frequenzunabhängig so zu dosieren, daß dabei auch die Kopplungsverhältnisse zum ersten Abstimmkreis möglichst wenig beeinflußt werden. Eine

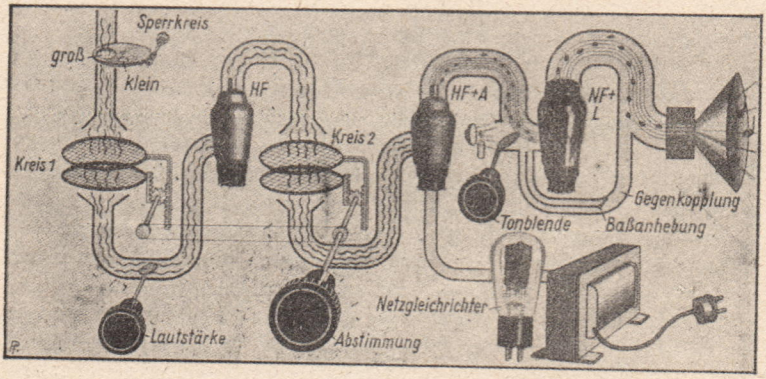


Abb. 55. Schematische Darstellung des Dreiröhren-Zweikreisers.

tonfrequente Lautstärkeregulierung ist gewöhnlich nicht vorgesehen und hätte auch nur Sinn, wenn mindestens noch eine Tonfrequenz-Vorverstärkerstufe vorhanden ist. Hat das Gerät aber Schwundausgleich — dabei sind immer vier Röhren vorhanden (oder eine entsprechende Reflexschaltung) —, dann kann man die Regulierung der Antennenspannung der Automatik überlassen und niederfrequent von Hand regulieren.

II. Das Super- oder Verwandlungs-Prinzip.

Die Selektivitätsprobleme werden um so schwieriger, je mehr im ganzen Empfangsbereich regelbare Kreise vorhanden sind. Da aber heute mittlere Trennschärfen von 1 : 1000 für einen guten Fernempfänger schon das Mindeste sind, was man verlangt, so ist es ganz unmöglich, auf wirtschaftliche Weise durch Hintereinanderschaltung von Kreisen die verlangte hohe Trennschärfe zu erreichen. Daher wurde das Superprinzip auch auf den Rundfunkempfänger übertragen, trotzdem es hierfür eigentlich recht wenig geeignet ist. (Es

war in der Tat sehr schwierig, den Super für Rundfunkempfangszwecke geeignet zu machen, was die vielen Versager von Kleinsuperhets früherer Jahre beweisen.) Anstatt Super sollte man einfach Verwandlungsempfänger sagen — denn die Verwandlung aller Empfangsfrequenzen in eine einzige, immer gleichbleibende Zwischenfrequenz ist das eigentliche Kennzeichen des Supers. Da man die Hauptverstärkung und Hauptsiebung beim Super auf einer Welle vornimmt, ist es leicht, einen Super für mehrere Wellenbereiche zu machen. Während es bei einem Zweikreiser einen bedeutenden Mehraufwand ausmacht, wenn man vom Zweiwellenbereich-Apparat auf drei Wellenbereiche übergeht, ist dies beim Super nicht schwierig. Darum ist gerade der Super das gegebene Empfängerprinzip für Mehrwellenbereich-Apparate.

Das Superprinzip ist in Abb. 56 schematisch dargestellt, und zwar für die in Deutschland übliche Form der Zwischenfrequenz von 465 kHz (die meist verwendeten Zwischenfrequenzen sind 465, 468, 473 und 485 kHz). Als Empfangsfrequenz sei 950 kHz gewählt, als Ortssender die Frequenz 841 kHz (Welle Berlin). Die bildliche Darstellung zeigt, daß zunächst zur Vermeidung von Pfeifstellen und Uebersteuerungen

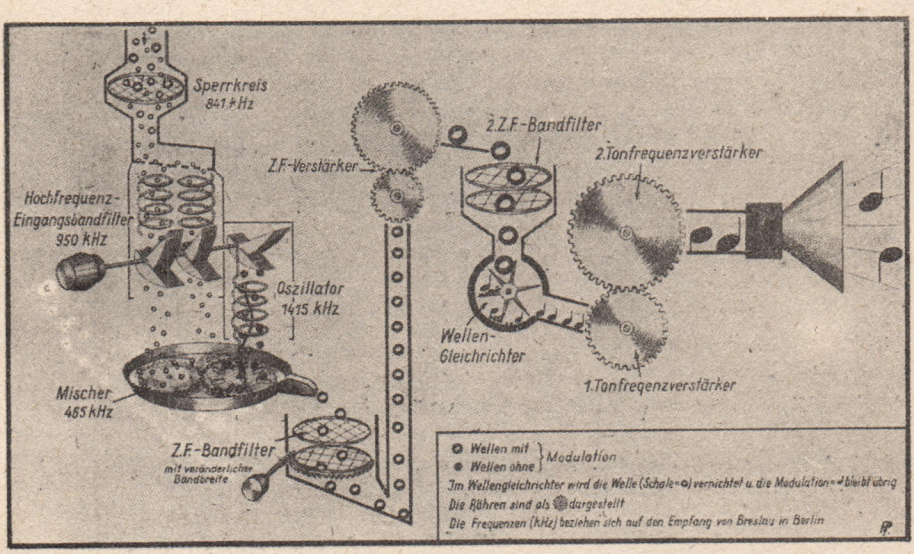


Abb. 56.
Schematische Darstellung des Verwandlungs-(Super-)Empfängers.

ein Sperrkreis für die Lokalsenderwelle vorgesehen ist. Dahinter folgt gewöhnlich (im Schema nicht dargestellt) die Zwischenfrequenzsperre (465 kHz). Nun passiert die Hochfrequenz von 950 kHz (Welle Breslau) das Hochfrequenzbandfilter. (Im Kurzwellenbereich ist die eine Hälfte desselben gewöhnlich überbrückt!) Die gesiebte Empfangsfrequenz gelangt darauf in den Mischer, der entweder eine Hexode oder eine Triode-Hexode oder eine Oktode ist. Die für den Oszillatorkreis verwendeten Elektroden des Mischers sind mit einem Schwingungskreis verbunden, der in unserem Falle auf die Summe von Empfangsfrequenz und Zwischenfrequenz, also 950 + 465 = 1415 kHz eingestellt ist. Natürlich ist der Drehkondensator des Oszillators, auch Hilfsgenerator genannt, mechanisch mit den beiden Abstimmdrehkondensatoren gekuppelt, so daß man beim Abstimmen alle drei gemeinsam dreht. Im Anodenkreis des Mischers befindet sich ein Bandfilter, das aus zwei auf die Zwischenfrequenz haarscharf abgestimmten Kreisen besteht. Dieses saugt die Zwischenfrequenz aus dem Mischer heraus. Da aber inzwischen durch den Mischvorgang die Modulation auf die neue Zwischenfrequenzwelle übertragen worden ist, so läuft diese natürlich nunmehr auch durch die folgenden Stufen des Empfängers. Das Bandfilter ist manchmal regelbar, so daß man die Bandbreite verändern kann. Dies geschieht beispielsweise dadurch, daß man die eine Bandfilterspule näher an die andere heranbringen kann, oder umgekehrt. Nun folgt die Hauptverstärkerröhre des Empfängers, die Zwischenfrequenzverstärkung. Dann kommt zur weiteren Siebung ein zweites Bandfilter, welches seine Spannung an den Wellengleichrichter abgibt. Dieser vernichtet die Trägerwelle, und die Musik bleibt übrig. Dann folgt eine Tonfrequenzverstärkerstufe und endlich die Lautsprecherröhre, die gleichzeitig die Funktion der zweiten Tonverstärkerstufe übernimmt.

Wie man nun die Idee des Verwandlungsempfängers praktisch in einem billigen Super ausführt, zeigt Abb. 57. Der Eingang ist, genau wie oben beschrieben, mit Sperrkreis und Zwischenfrequenzsperre ausgerüstet, aber statt eines Bandfiltereingangs haben wir diesmal nur einen einfachen Abstimmkreis — eine Ausführungsform, die sich in der Praxis ganz außerordentlich gut bewährt hat. Die Mischung geschieht entweder in einer Hexode, wobei die Hilfsschwingung in einem besonderen Eingitterverstärkersystem erzeugt wird, in einer Hexode-Triode (ECH 11) oder in einer Oktode, die zugleich

die Oszillatorschwingungen erzeugt (AK 2). Dann folgt das erste regelbare Bandfilter, der Zwischenfrequenzverstärker, das zweite Bandfilter, die Gleichrichtung und Tonfrequenzverstärkung. Das Bild zeigt darüber hinaus den Schwundausgleich, der auf Zwischenfrequenzverstärker und Mischer wirkt, und die Anordnung der Tonblende und des Lautstärkereglers.

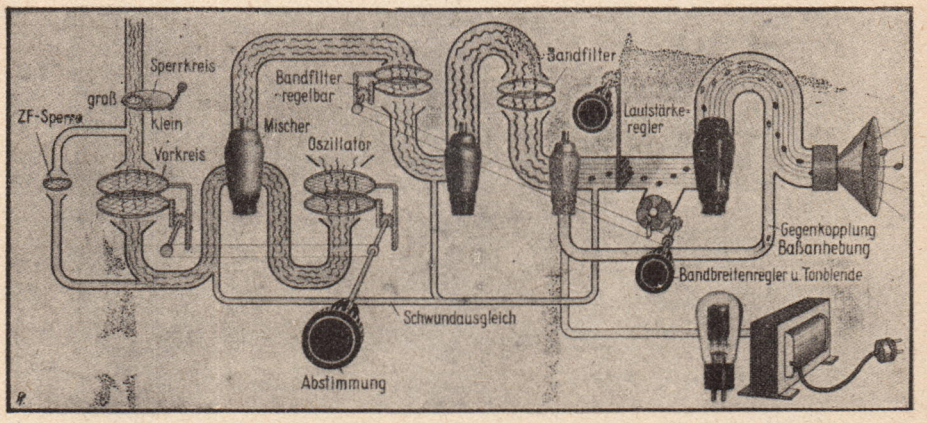


Abb. 57. Schematische Darstellung des einfachen Vierröhren-Supers.

Abb. 58 ergibt sich aus Abb. 57 durch die Hinzufügung des magischen Auges, dessen Verstärkersystem zur Tonfrequenzverstärkung ausgenutzt wird. Man erkennt die ver-

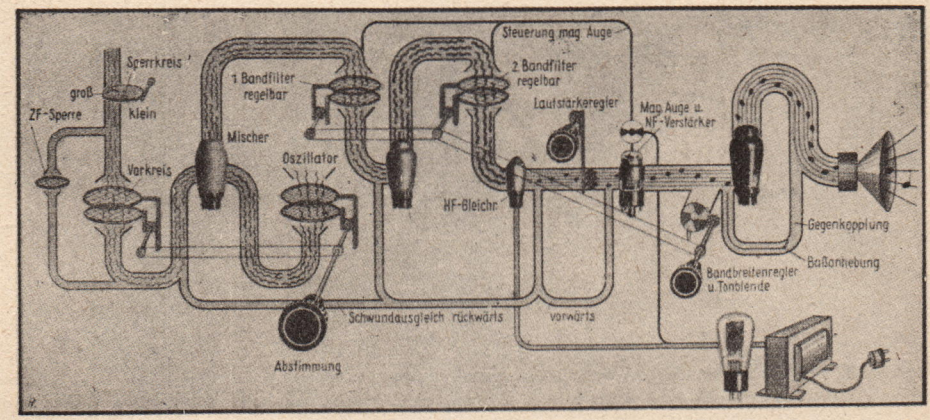


Abb. 58. Schematische Darstellung eines Fünfröhren-Sechskreis-Supers mit magischem Auge.

schiedenen Regelorgane. Besonders interessant ist die Vorwärts- und Rückwärtsregulierung bei der Automatik, die dadurch möglich ist, daß das magische Auge EFM 11 ein Pentodensystem mit Regelcharakteristik enthält.

Abb. 59 zeigt ein ähnliches System, jedoch mit dem magischen Auge aus der Glasröhrenreihe, wobei der Schwundaus-

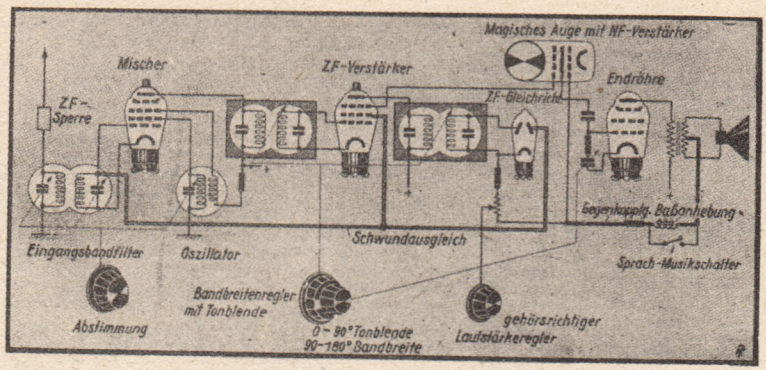


Abb. 59. Vierröhren-Siebenkreis-Super mit magischem Auge.

gleich nur nach rückwärts wirkt. Die Anfügung der Gegenkopplung mit Baßanhebung ist interessant. Bei Stellung des Sprachmusikschalters auf Sprache wird die Baßanhebung einfach ausgeschaltet.

Abb. 60 schließlich zeigt den modernen Stahlröhren-Großsuper mit Vorröhre.

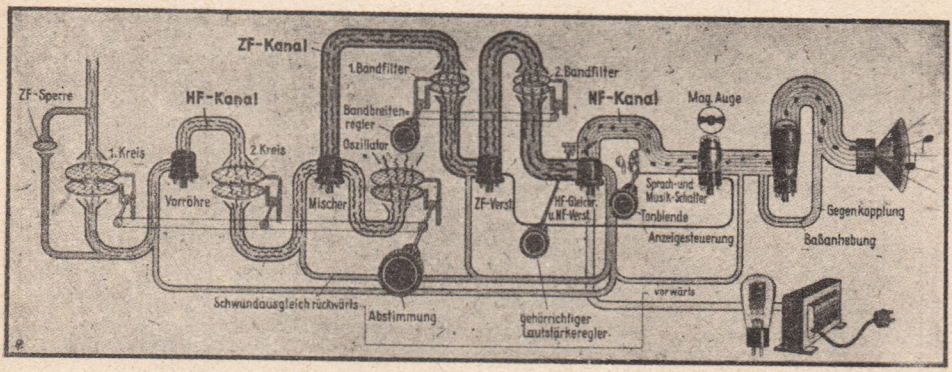


Abb. 60. Schematische Darstellung des Sechsröhren-Siebenkreis-Großsupers mit Vorröhre. Letztere ist für den Kurzwellenempfang besonders wichtig.

Die Geradeaus-Empfänger.

Schaltung 4: Der DKE 38 — Allstrom.

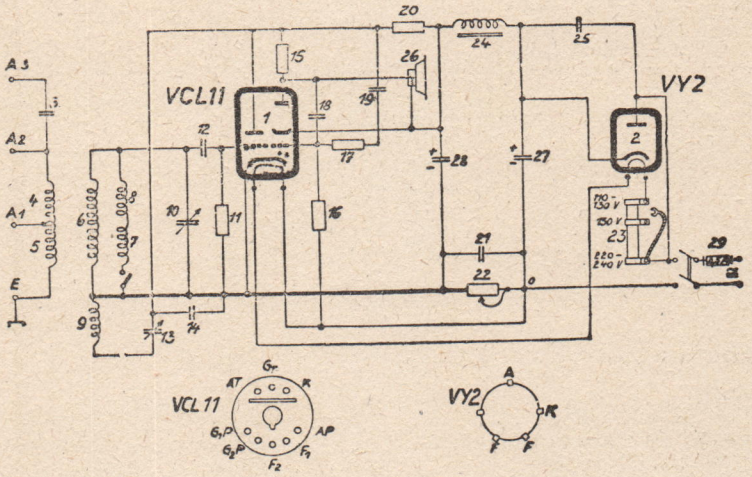


Abb. 61. Deutscher Kleinempfänger DKE 38.

Stückliste zum DKE 38:

Röhre VCL 11
Gleichrichterröhre VY 2
Antennenkondensator 300 pF
Antennenspulen (beweglich)
Kreisspule „lang“
Kreisspule „mittel“
Kreisspule „mittel“
Rückkopplungsspule
Abstimmkondensator mit Schalter „mittel/lang“
Widerstand 0,5 W 1 MΩ
Kondensator 100 pF
Rückkopplungskondensator 180 pF
Kondensator 200 pF
Sicherung 0,5 A

Widerstand 0,5 W 2 MΩ
Widerstand 0,5 W 1,5 MΩ
Widerstand 0,5 W 100 kΩ
Kondensator 30 pF
Kondensator 4000 pF
Widerstand 0,5 W 200 kΩ
Kondensator 0,9 µF
Entbrummer 600 Ω
Drahtwiderstand 6 W 1600+600 Ω
Eisendrossel
Kondensator 10 000 pF
Lautsprecher, komplett
Elektrolytkondensator 4 µF
Elektrolytkondensator 4 µF

Schaltung 5: Der VE Dyn — Wechselstrom.

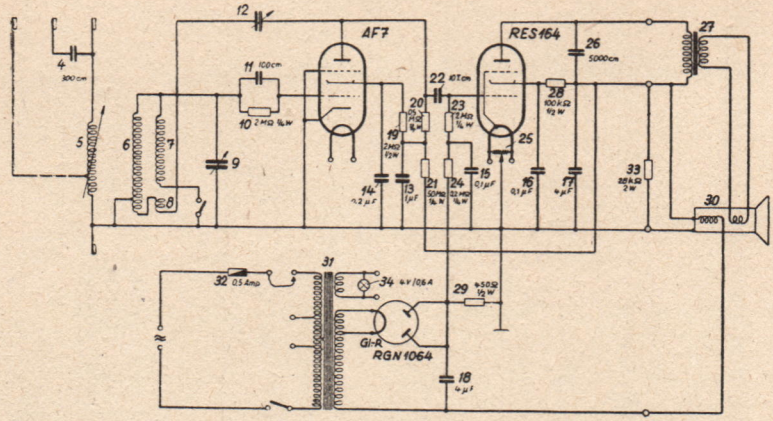


Abb. 62. Volksempfänger VE 301 W Dyn.

Stückliste zum Volksempfänger VE 301 W Dyn:

Röhren:
AF 7, RES 164, RGN 1064
Schalter, Drosseln und Spulen:
Netzschalter, kompl.
Wellenschalter, kompl.
Antennenspule
Kreisspule, lang
Kreisspule, mittel
Rückkopplungsspule
Netz-Transformator, Gr. 128a/35 W 80 423
Lautsprecher mit Feldspule, 5000 Ω
Ausgangsübertrager
Widerstände:
Widerstand 2 MΩ 0,25 W
Widerstand 2 MΩ 0,5 W
Widerstand 0,5 MΩ 0,25 W
Widerstand 50 kΩ 0,25 W
Widerstand 2 MΩ 0,25 W
Wickelkondensator 300 cm
Widerstand 0,2 MΩ 0,25 W
Widerstand 100 kΩ 0,5 W
Widerstand 450 Ω 0,5 W
Widerstand 28 000 Ω 2 W
Entbrummer 100 Ω
Kondensatoren:
Abstimmkondensator
Rückkopplungskondensator
Elektrolytkondensator 4 µF/250 V
Elektrolytkondensator 4 µF/450 V
Wickelkondensator 300 cm
Blockkondensator 1 µF/250 V
Blockkondensator 0,2 µF/175 V
Blockkondensator 0,1 µF/175 V
Blockkondensator 0,1 µF/175 V
Wickelkondensator 10 Tcm
Wickelkondensator 5 Tcm
Wickelkondensator 200 pF 1000 V

Sicherungen und Beleuchtungslämpchen:
Sicherung 0,5 Amp.
Lämpchen 4 Volt/0,6 Amp.

Mechanische Bauteile:
Gehäuse, einbaufertig
Bespannung
Rückwand
Skala
Topfsockel, 8 polig
Stiftsockel, 5 polig
Stiftsockel, 4 polig
Anschlußschnur, kompl.
Steckerleiste, kompl.
Einstellknopf

Schaltung 6: Einkreis-Dreiröhren-Empfänger (VE 301 Dyn GW).

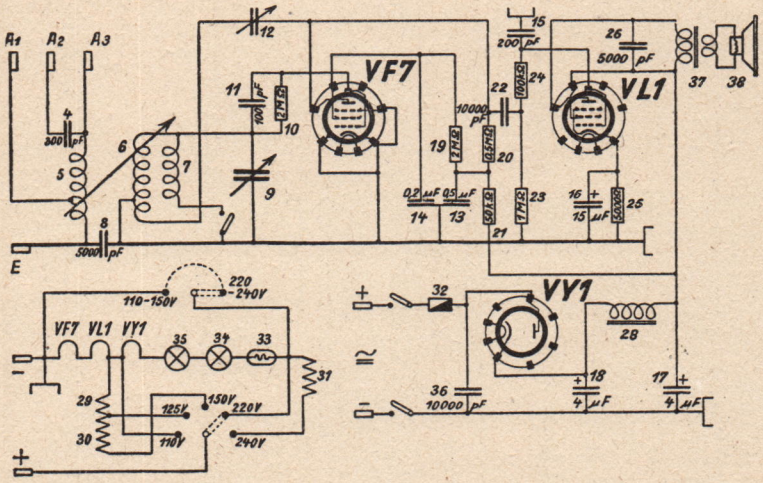


Abb. 63. Schaltbild des VE 301 Dyn GW.

Stückliste zum Einkreis-Dreiröhren-Empf. (VE 301 Dyn GW):

Röhre VF 7
Röhre VL 1
Röhre VY 1
Kondensator 300 pF
Antennenspule (bewegl. m. Achse)
Abstimm- und Rückkoppl.-Spulen
Kondensator „b" 5000 pF
Drehkondensator
Widerstand 0,25 W 2 MΩ
Kondensator 100 pF
Rückkopplungskondensator
Kondensator 0,5 pF
Kondensator 0,2 pF
Kondensator 200 pF
Elektrolytkondensator (20 V) 15 µF
Elektrolytkondensator 4 µF
Elektrolytkondensator 4 µF
Widerstand 0,5 W 2 MΩ
Widerstand 0,5 W 0,5 MΩ
Widerstand 0,5 W 50 kΩ
Kondensator 10 000 pF
Widerstand 0,5 W 1 MΩ
Widerstand 0,5 W 100 kΩ
Widerstand 1 W 5000 Ω
Kondensator 5000 pF
Drosselspule
Drahtwiderstand 400 Ω
Drahtwiderstand 250 Ω
Drahtwiderstand 150 Ω
Sicherung 0,5 A
Urdox-Widerstand U 3505
Skalenlämpchen 10 V/0,05 A
Skalenlämpchen 10 V/0,05 A
Kondensator 10 000 pF
Ausgangsübertrager
Lautsprecher ohne Ausgangsübertrager
Schwingspule mit Membran

Schaltung 7: Einkreis-Zweiröhren-Empfänger mit D-Röhren (Trockenbatterie-Empfänger).

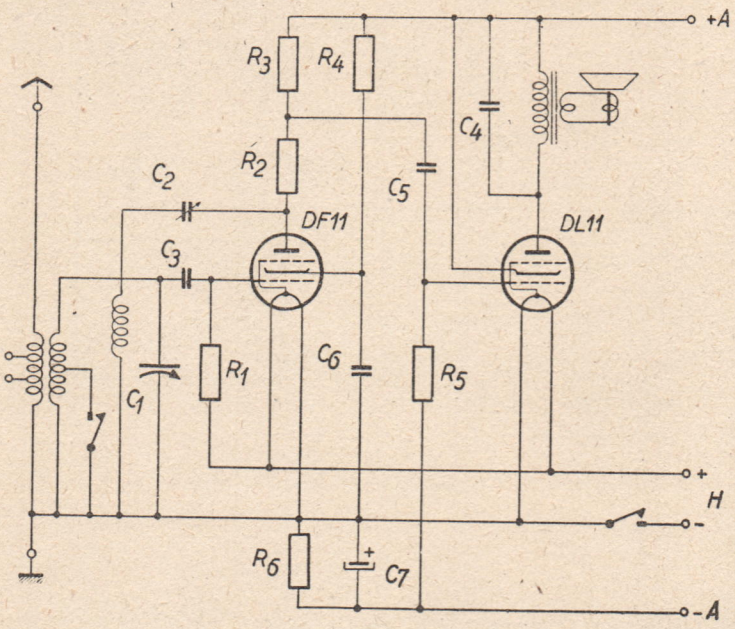


Abb. 64. Einkreiser mit D-Röhren.

Stückliste zum Einkreis-Zweiröhren-Empf. mit D-Röhren:

C 1 Drehkond. 500 pF (Ritscher)
C 2 Rückkopplungskondensator 200 pF (Ritscher)
C 3 100 pF (Hoges)
C 4 2000 pF (Hoges)
C 5 20 000 pF (Hoges)
C 6 0,1 µF (Electrica)
C 7 20 µF 10 V. (Electrica)
R 1 1 Megohm (Dralowid)
R 2 0,1 Megohm (Dralowid)
R 3 0,3 Megohm (Dralowid)
R 4 0,5 Megohm (Dralowid)
R 5 1 Megohm (Dralowid)
R 6 1000 Ohm (Dralowid)
1 VE-Spulensatz
1 einpol. Wellenschalter (Lanco)
1 Kipphebelschalter (Lanco)

Röhren:
DF 11, DL 11

Schaltung 8: Einkreiser-Zweibereich „Allnetz-Zwerg“ für Reise und Heim.

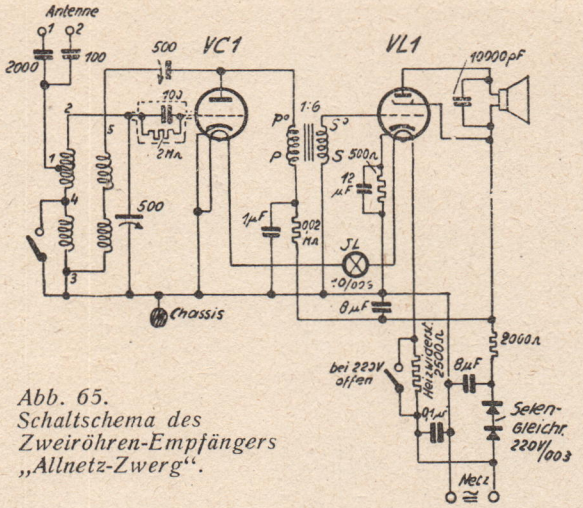


Abb. 65.
Schaltschema des Zweiröhren-Empfängers „Allnetz-Zwerg“.

Stückliste des Einkreiser-Zweibereich „Allnetz-Zwerg“:

1 Chassis, gebohrt, mit Netzsteckerleiste, Abdeckplatte, Spezialwinkel, Halter für Soffitenlämpchen und Halteschrauben für Rückwand (Häring)
1 NF-Trafo 1 : 6 („)
1 Spulensatz 200 bis 2000 m (AKE)
2 Elektrolyt-Kondensatoren 8 µF/250 Volt, polarisiert (Jahre)
1 Elektrolyt-Kondensator 1 µF/300 Volt, polarisiert („)
1 Elektrolyt-Kondensator 12 µF/25 Volt, polarisiert („)
Mikroblocks:
100, 3000, 10 000, 0,1 µF („)
Widerstände:
500, 2000, 2500 (Stäbchen), 20 000 Ω (Dralowid)
1 Selen-Element 220/0,03 (SAF)
1 Skala, beleuchtbar (Häring)
1 Drehkondensator Trolitul 500 cm
1 Drehausschalter (Lanco)
1 Kippausschalter („)
2 Röhrensockel, achtpolig („)
1 Gitterkappe mit Zuleitung und Gitterkombination 100 cm/2 MΩ
2 Drehknöpfe
1 Soffitenlämpchen 10 Volt/0,06
1 Netzlitze mit Kupplung und Stecker
1 Lautsprechersystem GPM 366 (Membra)
Kleinmaterial.
Röhren:
1 VC 1, 1 VL 1

Schaltung 9: Zweikreis-Zweibereich-Empfänger mit Stahlröhren für Wechselstrom.

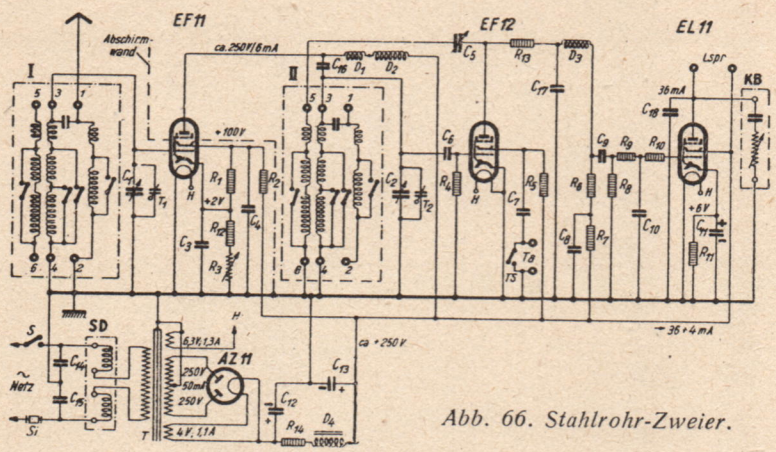


Abb. 66. Stahlrohr-Zweier.

Stückliste zum Stahlrohr-Zweier für Wechselstrom:

I/II 2 HF-Transformatoren AKE T 235
C 1, C 2, T 1, T 2 1 Drehkondensator 2 × 500 cm mit Trimmer
C 3, C 4 Blockkond. induktionsfrei 0,1 µF 250 V Arb.-Spg.
C 5 Drehkondensat. 275 pF (Hartpapier oder Trolitul)

Blockkondensatoren:

C 6 50 pF Calit
C 7 0,2 µF 250 V Arb.-Spg.
C 8 1 µF 400 V Arb.-Spg.
C 9 20 000 pF
C 10 100 bis 300 pF
C 12, C 13 Elektrolyt 2 × 16 µF 400 V Arb.-Spg.
C 14, C 15 0,1 µF 15 000 V induktionsfrei
C 16 50 bis 100 pF Calit
C 17 200 pF
C 18 1000 bis 5000 pF
C 11 Elektrolyt 8 V 100 µF
R 3 Potentiometer 20 kΩ linear mit Netzschalter S

Widerstände:

R 1, R 2 50 kΩ 1 Watt
R 4 2 MΩ 1/2 Watt
R 5 0,8 MΩ 1/2 Watt
R 6 0,2 MΩ 1/2 Watt
R 7 10 kΩ 1/2 Watt
R 8 0,9 MΩ 1/2 Watt
R 9 0,1 MΩ 1/2 Watt
R 10 1 kΩ 1/2 Watt
R 11 150 Ω 1/2 Watt
R 12 250 Ω 1/2 Watt
R 13 2 kΩ 1/2 Watt
R 14 Drahtwiderstand 2 kΩ, ca. 6 Watt
D 1 Kurzwellendrossel AKE D 16
D 2, D 3 Zwillingsdrossel AKE D 14
KB Klangblende AKE T 77
SD Störschutzdrossel AKE D 12
T Netztrafo AKE NT 6,3
D 4 Netzdrossel AKE ND 230

Röhren:

EF 11, EF 12, EL 11, AZ 11

Lautsprecher:

Lautsprecher auf 7 kΩ angepaßt

Schaltung 10: Zweikreiser-Zweibereich-Empfänger mit Glasröhren für Allstrom.

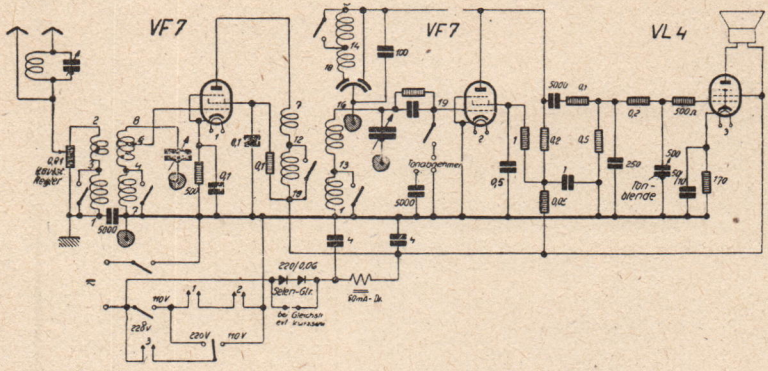


Abb. 67. Zweikreis-„Dreier" (Holzinger).

Stückliste zum Zweikreis-„Dreier":

1 Aluminium-Chassis, gebohrt
1 Rückleiste 230 × 60 × 1
1 Skala (Aheu)
1 Zweifach-Drehko K 732 (Ritscher)
1 Audionkreis A (Siemens)
1 Vorkreis VB (Siemens)
1 Wellenschalter W (Siemens)
1 Drossel 1055 (Ergo)
1 Selengleichrichter 220 V 0,06
1 Lautstärkeregler 10 000 Ω (Dral.)
1 Zweipol-Umschalter (Marquardt)
1 Diff.-Drehko 2 × 250 cm mit langer Achse, isoliert
1 Sperrkreis EL—ES 40 mit Tüllen
3 Röhrensockel, 8pol., 3 Loch Bak.
1 Elektrolyt-Block 60 µF 10 V (Hydra)
2 Elektrolyt-Blocks 4 µF 250 V, unpol. (Hydra)
1 Kleinbecherblock 0,5 µF (Hydra)
1 Kleinbecherblock 1 µF (Hydra)
7 Blocks 0,1 250 V, 0,1 250 V, 5000, 5000, 5000, 250, 100 cm
8 Widerstände 0,5 Watt 500, 0,05, 0,1, 0,1, 0,2, 0,2, 0,5, 100 MΩ (Dralowid)
2 Widerstände 1 Watt 170/500 Ω (Dralowid)

Kleinmaterial:
5 Knöpfe, 1 Verlängerungsachse m. Kupplung, 7 Buchsen f. Alum., 1 Netztülle, 1 Netzstecker, 1 m Netzlitze, 4 m Schaltdraht 1,2, 3 m Rüsch, 1 m Panzerrüsch 2 mm, 20 Zyl.-Kopfschrauben 8 × 3, 10 Lötösen, 1 Clip

Röhren: VL 4, VF 7, VF 7

Schaltung 11: Deutscher Zwergsuper Lorenz 10 A / Tefag 5 A.

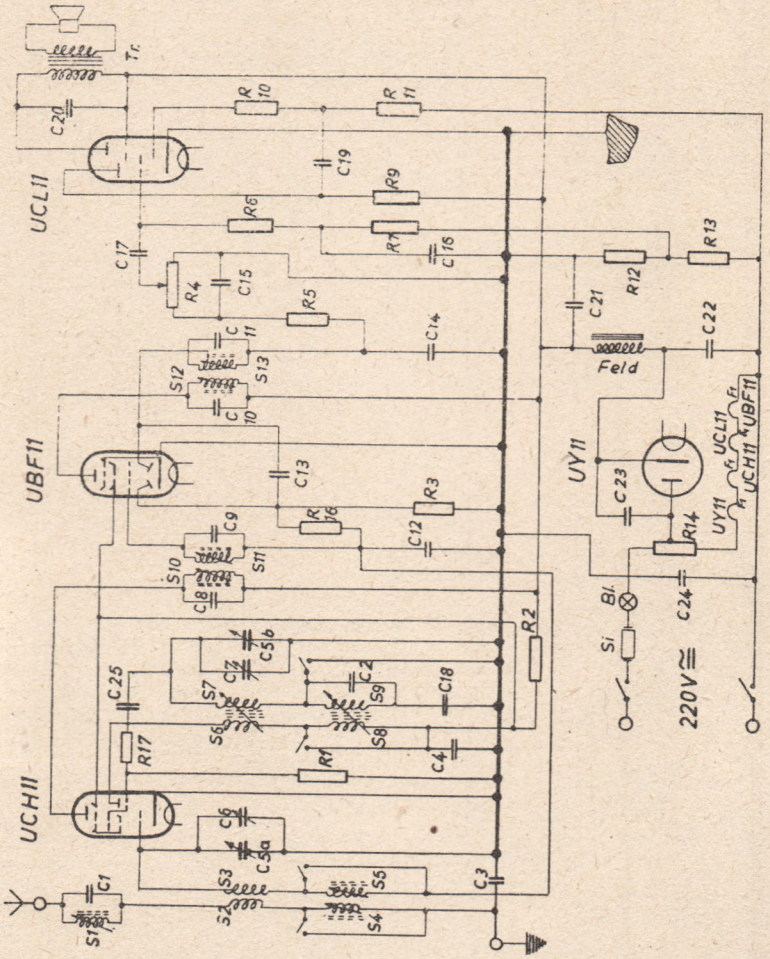


Abb. 68.
Schaltbild des Deutschen Zwergsuper Lorenz 10 A / Tefag 5 A mit den deutschen Stahlröhren der E-Serie.

Stückliste zum Deutschen Zwergsuper:

C 1 = 500 pF
C 2 = 10 pF
C 3 = 2500 pF
C 4 = 20 T pF
C 7 = 160 pF
C 8 bis C 11 = je ca. 100 pF
C 12 = 50 T pF
C 13 = 25 pF
C 14 = 100 pF
C 15 = 800 pF
C 16 = 0,1 µF
C 17 = 20 000 pF
C 18 = 500 pF
C 19 = 0,1 µF
C 20 = 500 pF
C 21 = 16 µF
C 22 = 32 µF
C 23 = 5000 pF
C 24 = 5000 pF
C 25 = 100 pF
R 1 = 50 kΩ
R 2 = 10 kΩ
R 3 = 1 MΩ
R 4 = 0,5 MΩ
R 5 = 100 kΩ
R 6 = 700 kΩ
R 11 = 500 kΩ
R 12 = 20 Ω
R 13 = 160 Ω
R 14 = 650 Ω
R 16 = 2 MΩ
R 17 = 200 Ω

Schaltung 12: Einbereich-Super für Wechselstrom mit Glasröhren.

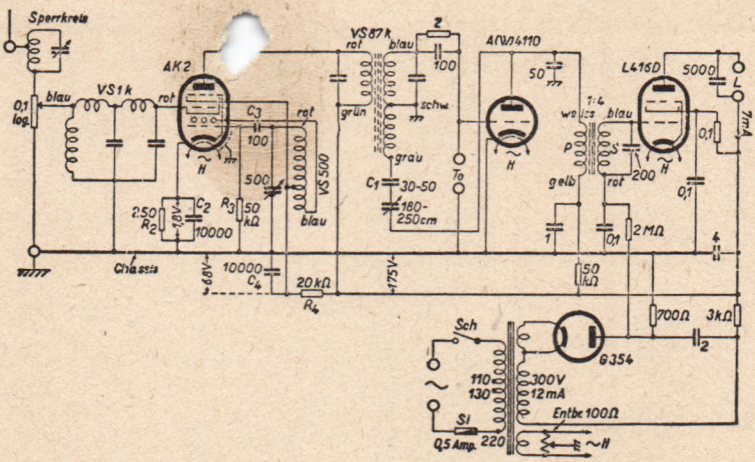


Abb. 69. Schaltung „Dein Super" für Wechselstrom. Der billigste 50-Mikrovolt-Super. Bauteile und Röhren kosten nur etwa 68 RM.

Stückliste für „Dein Super":

1 Eingangsfilter, Durchlaßbereich 150 bis 1500 kHz (Allei VS 1 K)
1 Oszillatorspule für durchgehenden Wellenbereich 150—1500 kHz, bei ZF = 1600 kHz und C = 500 cm (Allei VS 500 K)
1 ZF-Filter, zweikreisig, mit Rückkopplung, unabgeschirmt, voreingestellt auf 1600 kHz (Allei VS 87 K)
1 NF-Uebertrager 1 : 4
1 Netztrafo 1 × 300/12 mA
1 Drehkondensator 500 cm (Ritscher K 621 oder NSF VE 325)
1 Rückkopplungsdrehko ca. 250 cm, isolierte Welle
7 Mikroblocks, 1500-V-Prüfspannung: 1 Stück 30—50 pF (C_1), je 1 Stück 100—10 000—10 000—100—50—200 pF (Jahre Mikroblock D)
1 Kombinations-Becherblock 0—2—4 mfd/450 V Arb.-Sp. plus 0—0 · 1—0 · 1—1 mfd/100 V Arb.-Sp. (Hydra, Baugatz, NSF)
5 Einbau-Widerstände 0,5 Watt: 250 Ohm—0,05—2—2—0,1 Megohm (Dralowid)
3 Einbau-Widerstände 1 Watt: 20—50 KOhm, 700 Ohm (Dralowid)
1 Einbau-Widerstand 3 Watt: 3 KOhm (Dralowid)
1 Entbrummer 100 Ohm (Dralowid)
1 einpoliger Netzschalter für Einlochmontage (Lanco)

Fortsetzung der Stückliste zu „Dein Super“:

1 Feinsicherung 500 mA (Wickmann, Heliogen)
1 Potentiometer 0,1 Megohm, log. isoliert, Kleinausführung (NSF, 829 VS)
1 Grundgestell, 250 × 140 × 40 mm, fertig gelocht, Eisenblech mit Sicherungshalter, Buchsenleiste, 3 Röhrenfassungen und Gummitülle für das Netzkabel (VE 301 W)
2 m Gummi-Netzkabel mit Stecker
2 zweipolige Buchsenleisten, Trolitul (Lanco)
1 Montagebügel für die Mischeinheit, nach Lichtbildern
1 achtpolige Röhrenfassung, keramisch (Lanco)
1 Gitterclip (Lanco)
1 Achskupplung 6 mm*)
1 Achse, 6 mm, ca. 30 mm lang, zur Verlängerung der Drehkoachse*)
1 Aufsteckskala, ohne Stationsnamen, Zahntrieb*) (Isolan 520)
2 kleine Knöpfe, braun, 6 mm Bohrung
2 kleine Blechwinkel, zur Montage des ZF-Filters an der seitlichen Buchsenleiste
3 Zylinderkopfschrauben 4 × 10 mm (Drehko)
2 Zylinderkopfschrauben 3 × 5 mm
6 Zylinderkopfschrauben 3 × 10 mm
2 Zylinderkopfschrauben 3 × 15 mm
2 Linsenkopfschrauben 3 × 10 mm
10 Sechskantmuttern 3 mm Gewinde
3 m Schaltdraht 1 mm
3 m Rüsch, 1,5 mm, dazu evtl. 30 cm Panzerkabel für Sperrkreis
30 cm Rüsch, 3 mm Durchmesser

Zubehör:

1 dämpfungsarmer Sperrkreis, nur bei Pfeifstörungen oder starkem Ortssender (Görler F 10)
1 Lautsprecherchassis, Freischwinger G Fr 341 oder Permanentdynamischer G Pm 342
1 Gehäuse (VE-Preßgehäuse oder Holz)

Röhren:

AK 2 — W 4110 oder A 4110 (REN 914 oder REN 904 — L 416 D RES 164)
Gleichrichter: G 354 (RGN 354)

Spulen: Die verschiedenen Spulen-Aggregate sind vom Herstellerwerk in der Zwischenzeit in verbesserter Ausführungsform entwickelt worden. Es werden geliefert an Stelle des VS 1 K = Nr. 90 — Sperrfilter, VS 500 K = Nr. 92 — Oszillator für 500 cm Drehkondensator, VS 87 K = Nr. 87 — ZF-Filter unabgeschirmt.

---

*) Vgl. Schneiders Bauhefte Nr. 1: H. J. Wilhelmy: *„Dein Super“*. Mit 19 Abbildungen und Bauplan 1 : 2. Preis: 0,50 RM. Bauplan in natürlicher Größe 0,75 RM.

Schaltung 13: Vierkreis-Zweiröhren-Kleinsuperhet für Allstrom (ZF 468 kHz).

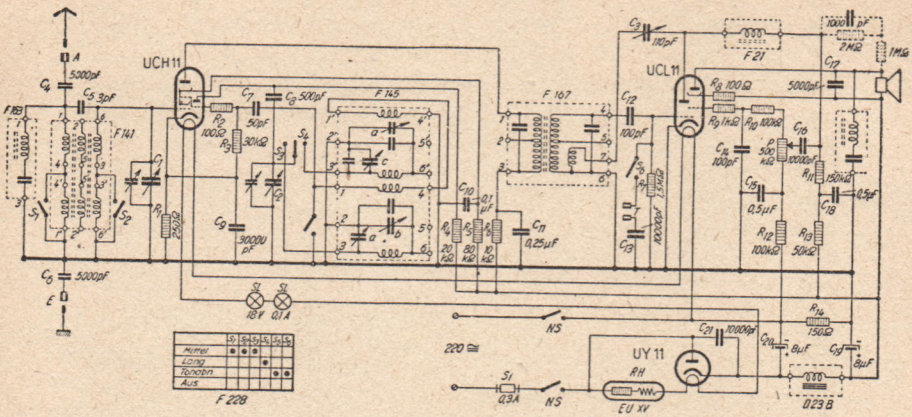


Abb. 70. Kleinsuper mit 4 Kreisen, 3 Röhren und U-Röhren.

Stückliste zum Vierkreis-Zweiröhren-Kleinsuperhet:

1 HF-Transformator F 141
1 Oszillator F 145
2 Abschirmhauben F 150
1 ZF-Bandfilter F 167
1 Saugkreis F 163
1 HF-Drossel F 21
1 Amenit-Nockenschalter F 228
C 1, C 2 Zweifach-Kondensator 2 × 560 pF
1 Feinstellskala
R 2 Hochohmwiderst. 100 Ω, 0,5 W
R 3 „ 30 kΩ, 0,5 W
R 4 „ 20 kΩ, 1 W
R 5 „ 80 kΩ, 1 W
R 6 „ 10 kΩ, 1 W
R 7 „ 1,5 MΩ, 0,5 W
R 8 „ 100 Ω, 1 W
R 9 „ 1 kΩ, 0,5 W
R 10, R 12 „ 100 kΩ, 0,5 W
R 11 „ 150 kΩ, 1 W
R 13 „ 500 kΩ, 1 W
R 1 Drahtwiderst. 250 Ω, 1 W
R 14 „ 150 Ω, 1 W
P, NS Drehspannungsteiler mit Netzschalter 500 kΩ, log.
C 3 Calit-Trimmer 110 pF
C 5 Condensa-Kondensator 3 pF
C 7 desgl. 50 pF
C 4, C 6, C 17 Mikroblockkondens. 5000 pF
C 8 Mikroblockkond. 500 pF
C 9 „ 30 000 pF
C 10 „ 0,1 µF
C 11 „ 0,25 µF
C 12, C 14 „ 100 pF
C 13, C 16, C 21 „ 10 000 pF
C 15, C 18 „ 0,5 µF
C 19, C 20 Elektrolytkondensator 8 µF
RH Eisen-Urdox-Widerst. EU XV
D 23 B Niederfr.-Drossel 75 mA
Si Feinsicherungselement mit Feinsicherung 0,3 A
SL 2 Skalenlämpchen 18 V, 0,1 A
4 Metallröhrenfassungen
2 Netzsteckerstifte
6 isolierte 4-mm-Buchsen
1 Aluminiumgestell 300 × 200 × 70 × 1,5 mm
3 Bedienungsknöpfe

Röhren:

UCH 11, UCL 11, UY 11

Vgl. DRB. 88: Diefenbach: *„Einhundert neuzeitliche Rundfunk-Empfänger- und Verstärker-Schaltungen“.*

Siebenkreis-Vierröhren-Superhet mit D-Röhren (ZF 468 kHz).

Eingangsseitig ist der Batteriesuperhet mit einem Eingangsbandfilter ausgestattet. Dieses Eingangsbandfilter verwendet induktivkapazitive Kopplung (C_2, C_3), so daß eine gleichmäßige Empfindlichkeit über den gesamten Empfangsbereich erzielt wird. Bei Kurzwellen arbeitet das Gerät mit einfachem Vorkreis und kapazitiver Antennenkopplung. Es sind in diesem Fall im Vorkreis die Schalter S_1 und S_2 geschlossen. Der Kurzwellenempfang umfaßt den Bereich von etwa 19 bis 50 m. Im Oszillatorteil wird bei Mittel- und Langwellenempfang Schalter S_4 geschlossen, während bei Kurzwellen Schalter S_3 geschlossen und Schalter S_4 geöffnet ist. C_9 und C_{10} sind die Gleichlaufkondensatoren für den Mittel- und Langwellenbereich. Den einzelnen Spulen werden Trimmer für den kapazitiven Abgleich parallelgeschaltet. Im Anodenkreis der DCH 11 liegt das erste ZF-Bandfilter, im Anodenkreis der ZF-Verstärkerröhre DF 11 das zweite ZF-Bandfilter. Soll die Bandbreite stetig veränderlich sein, so kann als erstes Bandfilter eine regelbare Ausführung verwendet werden. Die Verbundröhre besitzt nur eine Zweipolstrecke für die Hochfrequenzgleichrichtung. Schwundausgleich und Signalspannungserzeugung arbeiten unverzögert.

Stückliste zum Siebenkreis-Vierröhren-Superhet:

C 1 100 pF (Hoges)
C 2 5 pF (Hoges)
C 3 5 pF (Hoges)
C 4, C 5, C 20 Dreifachkondensator 3 × 500 pF (Ritscher)
C 6 65 000 pF (Hoges)
C 7 50 pF (Hoges)
C 8 0,5 µF (Jahre)
C 9 1400 pF (Hoges)
C 10 770 pF (Hoges)
C 11 0,1 µF (Jahre)
C 12 100 pF (Hoges)
C 13 50 000 pF (Hoges)
C 14 0,5 µF (Jahre)
C 15 5000 pF (Jahre)
C 16 20 000 pF (Hoges)
C 17 20 000 pF (Hoges)
C 18 2000 pF (Hoges)
C 19 8 µF (Jahre)
R 1 1 Megohm (Dralowid)
R 2 50 kOhm (Dralowid)
R 3 30 kOhm (Dralowid)
R 4 3 kOhm (Dralowid)
R 5 0,2 Megohm (Dralowid)
R 6 1 Megohm (Dralowid)
R 7 0,3 Megohm (Dralowid)
R 8 0,2 Megohm (Dralowid)
R 9 Potentiometer 0,5 Megohm log. (Dralowid)
R 10 2 Megohm (Dralowid)
R 11 0,1 Megohm (Dralowid)
R 12 1,6 Megohm (Dralowid)
R 13 1,5 Megohm (Dralowid)
R 14 500 Ohm (Dralowid)
1 Eingangsbandfilter
1 Oszillator für Mittel- und Langwellen (468 kHz)
2 Zwischenfrequenzbandfilter (468 kHz, Görler)

Röhren:
DCH 11, DF 11, DAF 11, DL 11

Schaltung 14: Siebenkreis-Vierröhren-Superhet mit D-Röhren (ZF 468 kHz).

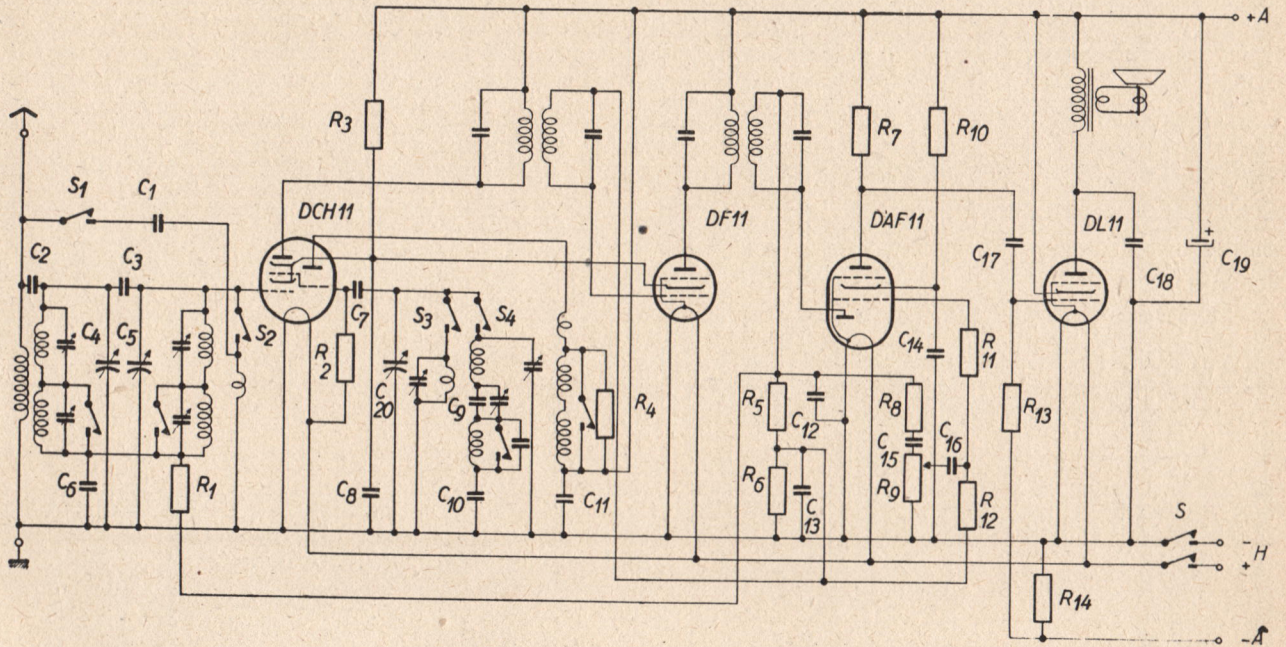


Abb. 71. Siebenkreis-Vierröhren-Superhet mit D-Röhren.

Schaltung 15: Siebenkreiser-Dreibereich mit Stahlröhren für Allstrom.

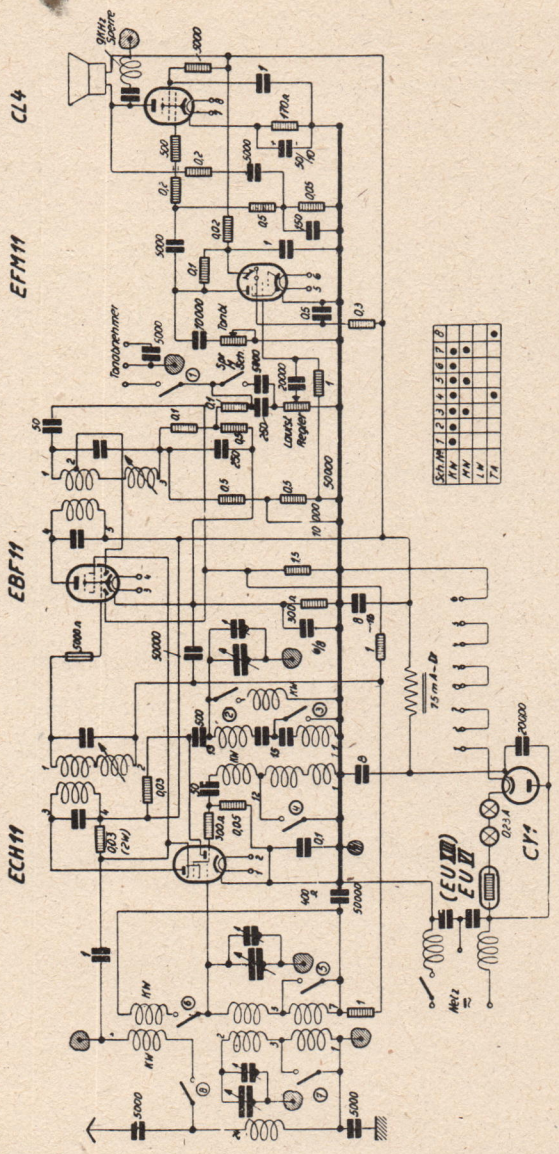


Abb. 72. Siebenkreiser für Allstrom, Stahlröhren-Super mit doppelter Bandbreiteregelung, Gegenkopplung, magischem Auge, 9-kHz-Sperre (Holzinger, München.) Vgl. auch Schneiders Bauhefte Nr. 4.

Stückliste zum Stahlröhren-Super (Allstrom):

1 Aluminium-Chassis, gebohrt, mit Rückleiste und Winkel für magisches Auge (Maho)
1 Siemens-Skala oder eine Spezialskala mit Punkteichung
1 Dreifachdrehkondensator Siemens
1 ZF-Bandfilter, regelbar, BR 1 „
1 ZF-Bandfilter, regelbar, BR 2 „
1 Eingangsbandfilter F „
1 Oszillator OK „
1 9-kHz-Sperre „
1 Drossel 1055 (75 mA) Ergo
1 Potentiometer 0,5 MΩ mit Schalter Dralowid
1 Potentiometer 0,5 MΩ Ruckzuck „
1 Netzentstördrossel 1220 Ritter
3 Röhrensockel, 8pol., 3-Loch Bak.
4 Stahlröhrensockel, längliche
1 Elektrolytblock 2 × 8 µF/450 V Neuberger
1 Elektrolytbl. 50 µF/10 V Havenith
1 Elektrolytblock 6 µF/8 V „
3 Kleinbecherkondensatoren 1 µF/500 V Neuberger
1 Kleinbecherkondensator 0,5 µF/500 V „
19 Rollkondensatoren: 0,1 µF/ 50 000, 50 000, 50 000, 20 000, 20 000, 10 000, 10 000, 5000, 5000, 5000, 5000, 5000, 500, 250, 250, 150, 50, 50 cm
21 Widerstände (0,5 Watt): 300, 500, 5000 Ohm, 0,02, 0,03, 0,05, 0,05, 0,1, 0,1, 0,1, 0,2, 0,2, 0,3, 0,5, 0,5, 0,5, 0,5, 1, 1, 1, 1,5 MΩ
3 Widerstände (1 Watt): 300, 400, 170 Ω (Fispe)
2 Widerstände (2 Watt): 5000, 0,03 MΩ (Fidar, Sator)

Kleinmaterial:

2 KW-Spulen Maho-Spezial, 1 Vorrichtung für die Bandbreitenregelung mit Winkel, Nocke 6 mm Bak. 3/6, 1 Spezial-Hebel, 2 Stellringe, 2 Verlängerungsachsen, 4 Knöpfe, 2 Lämpchen 4 V 0,3, 8 Buchsen für Alum., 1 Netztülle, 1 Stecker, 1 m Netzlitze, 8 m Schaltdraht 1,2, 2 m dto. 0,5, 6 m Rüsch, 50 cm dto. 5 mm, 30 cm dto. 100 mm, 2 m Panzerrüsch, 2 kleine Winkel, 1 Clip, 45 Zylinder-Kopfschrauben 8 × 3, 5 Zylinder-Kopfschrauben 15 × 3, 2 Schrauben 3,5 × 15, 15 Lötösen mit Schelle, 1 Gummifuß, 2 Abstandsröllchen 8 mm.

Röhren:

ECH 11, EBF 11, EFM 11, CL 4, CY 1, EU VI (EU XIII bei 110 V)

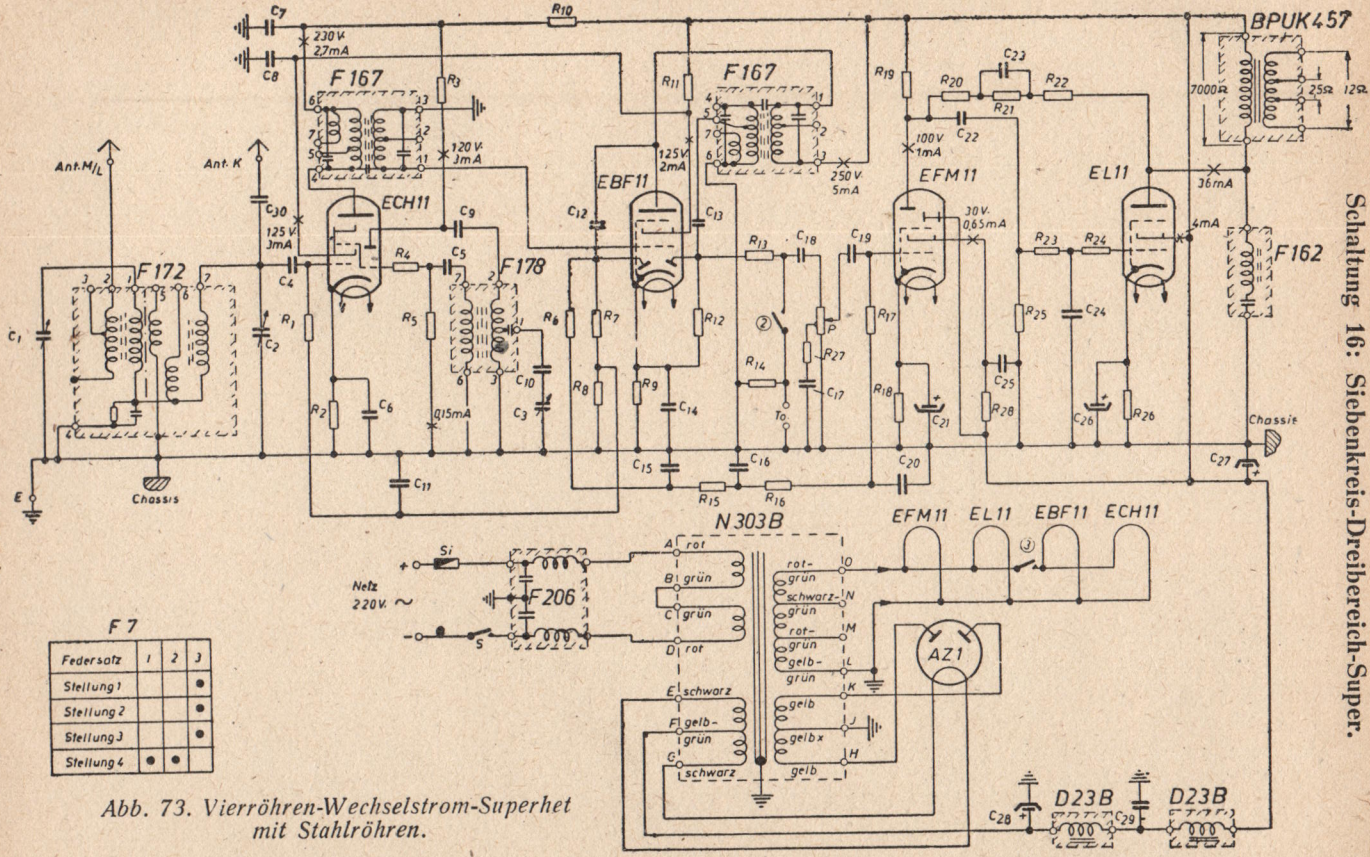


Abb. 73. Vierröhren-Wechselstrom-Superhet mit Stahlröhren.

Schaltung 16: Siebenkreis-Dreibereich-Super.

Stückliste zu Schaltung 16:

Vierröhren-Wechselstrom-Superhet mit Stahlröhren:

1 Bandfilter F 172 (Görler)
1 Oszillator (442 kHz) F 178 „
2 ZF-Filter (442 kHz) F 167 „
1 HF-Netzfilter F 206 „
1 Ueberlagerungssieb F 162 „
1 Amenit-Röhrensockel F 29 „
4 Amenit-Röhrensockel F 30 „
4 Amenit-Doppelbuchsen F 216 „
1 Umschalter für Tonabnehmer F 7 „
1 Netztransformator N 303 B „
2 Netzdrosseln D 23 B „
1 Ausgangs-Uebertrager BPUK 457 B „

Kondensatoren:

C 1, C 2, C 3 Drehkondensatoren 3 × 560 cm Ritscher
C 4, C 5 Kondensator 100 pF Hoges
C 7 Rohrkondensator 1 µF Hydra
C 8, C 25 Rohrkondens. 0,2 µF „
C 9 Kondensator 500 pF Hoges
C 10 Kondensator 15 000 cm „
C 11 Rohrkondens. 0,1 µF Hydra
C 12 Kondensator 5 pF Hoges
C 13 Kondensator 50 pF „
C 16, C 19 Rohrkond. 50 000 pF Hydra
C 21 Elektrolytkondensator 25 µF/15 V „
C 26 Elektrolytkondensator 100 µF/25 V „
C 27, C 28 Elektrolytkondensator 2 × 8 µF/450 V „
C 29 Becherkondens. 4 µF „
C 30 Kondensator 25 pF Hoges
C 6, 14, 15, 17 Rohrkondensator 30 000 pF Dralowid
C 18, C 22 Rohrkondensator 10 000 pF „
C 20 Rohrkondensator 5000 pF Dralowid
C 23 Rohrkondensator 150 pF „
C 24 100 pF, Type Nefar „

Widerstände:

R 1, R 6, R 20	500 kΩ	„
R 2	400 Ω	„
R 3, R 11	30 kΩ	„
R 4	200 Ω	„
R 5	50 kΩ	„
R 7, 8, 15, 16, 23	300 kΩ	„
R 9	600 Ω	„
R 10	5 kΩ	„
R 12, 13, 14, 17	200 kΩ	„
R 18	500 Ω	„
R 19	130 kΩ	„
R 21	4 MΩ	„
R 22	100 kΩ	„
R 24	1 kΩ	„
R 25	800 kΩ	„
R 26	160 Ω	„
R 27	20 kΩ	„
R 28	200 kΩ	„

P Potentiometer mit Schalter 1 MΩ „

Weitere Einzelteile:

1 Aluminium-Chassis 400 × 250 × 70 × 1,5 mm (Eugen Volkholz, Berlin)
1 Sicherungselement kompl. 300 mA (Wickmann-Werke)
1 Großsichtskala Isolan Type 1400 (E. Trost, Berlin)
Schaltdraht, Rüschschlauch, Montageschrauben

Röhren (Telefunken oder Valvo):
ECH 11, EBF 11, EFM 11, EL 11, AZ 1

Schaltung 17: Fünfkreiser-Dreibereich-Super mit Glasröhren für Batteriebetrieb.

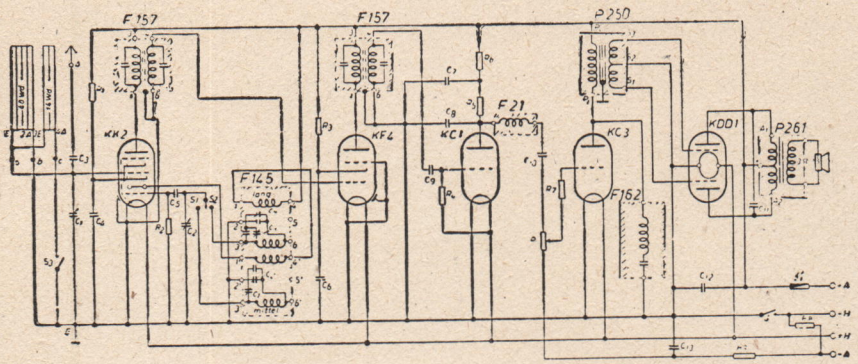


Abb. 74. Fünfröhren-Fünfkreis-Koffer-Superhet.

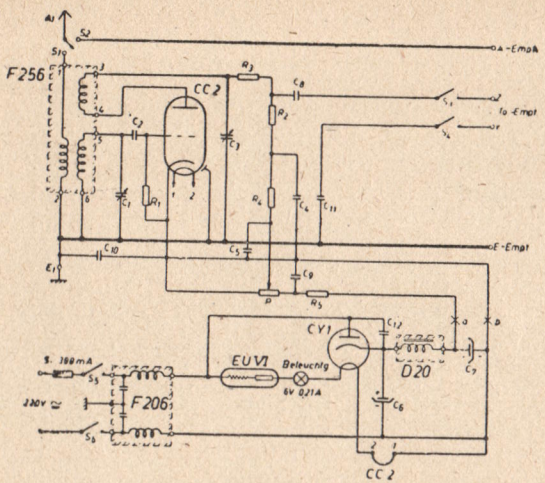
Stückliste zum Fünfkreiser-Dreibereich-Super:

1	Oszillator F 145	Görler
2	ZF-Filter F 157	„
1	HF-Drossel F 21	„
1	Treibertransformator P 250	„
1	Ausgangstransformator P 261	„
1	Ueberlagerungssieb F 162	„
1	Kleinmaterialpackung F 140	„
5	Amenit-Röhrensockel F 29	„
1	Gitteranschlußkappe F 130	„
1	Nockenschalter, 4pol., F 226	„
1	Abschirmhaube (für F 145) F 150	„
1	Amenit-Doppelbuchse F 216	„
1	Spezial-Koffergehäuse F 131	„
C 1, C 2	Trolitul-Drehkondensator 500 cm, H 581	Ritscher
C 7	Rohrkondens. 0,5 µF	Hydra
C 12	„ 1 µF	„
C 13	„ 0,2 µF	„
C 3	Rohrkondens. 25 pF	Dralowid
C 4, C 6	„ 50000 pF	„
C 5	„ 150 pF	„
C 8	„ 200 pF	„
C 9	„ 100 pF	„
C 10	„ 10000 pF	„
C 11	„ 5000 pF	„
R 1, R 2	Widerstand 50 KO	„
R 3	Widerstand 3 KO	Dralow.
R 4	„ 1,5 MO	„
R 5	„ 300 KO	„
R 6	„ 20 KO	„
R 7	„ 100 KO	„
R 8	„ 250 Ohm	„
R 9	„ 500 KO	„
P	Potentiometer mit Schalter 500 KO J 8	„
1	Skala, Type Nr. 520, mit kurzer Achse	Isolan
1	Hartpapier-Chassis 300 × 100 × 80 × 3 mm	
1	Hartpapier-Chassis 330 × 100 × 80 × 3 mm	
1	Zwergfassung mit Lampe 40 mA	
1	Trockenheizbatterie Nr. 293	Pertrix
1	Anodenbatterie, 120 Volt, Nr. 342	„
1	Lautsprecher-Chassis, Type G. Pm. 366	Grawor

Kleinmaterial

Röhren:

je 1 Stück KK 2, KF 4, KC 1, KC 3, KDD 1 Telefunken oder Valvo



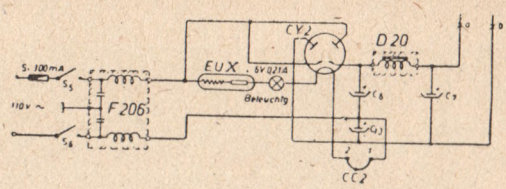


Abb. 76 a und b

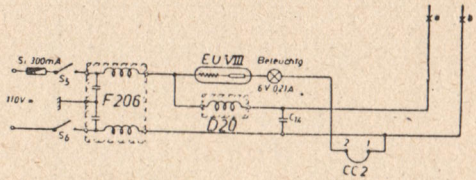


Abb. 75. Kurzwellen-Vorsetzer für Allstrom.

Stückliste zum Kurzwellen-Vorsetzer für Allstrom:

5	Kurzw.-Wickelkörp. F 256	Görler
1	Einbau-Netzfilt. F 206	„
1	Netzdrossel D 20	„
1	Amenit-Nockenschalter F 224	„
4	Außenkont.-Sockel F 29	„
3	Amenit-Doppelbuchsen F 216	„
R 1	Widerst. 1,5 MΩ	Dralowid
R 2	„ 200 kΩ	„
R 3	„ 10 kΩ	„
R 4, R 5	„ 20 kΩ	„
C 1	Drehkondens. 80 pF Skala hierzu	
C 2	Kondensator 200 pF	(Electrica)
C 3	Trimmer 150 pF	
C 4, C 5, C 9	Kondensator 0,5 µF	
C 6, C 7	Elektrolyt-Kondensator 2 × 8 µF/450 Volt	(Electrica)
C 8, C 11	Kond. 5000 pF	(Electrica)
C 10	Kondensator 0,1 µF	
P	Potentiometer 100 KO arithmet.	
Si	Sicherung 300 mA	
1	Lämpchen 6 Volt 0,25 Amp.	
	Aluminiumchassis und Frontplatte	
	Kleinmaterial	

Röhren:

CC 2 Telefunken oder Valvo
CY 1 Telefunken oder Valvo
Eisenurdox-Widerstand EU VI Osram
Bei 110 V. Wechselstrom: An Stelle von CY 1: CY 2 Telefunken oder Valvo
An Stelle von EU VI: EU X oder EU XX Osram
Ferner C 13 Elektrolyt-Kondensator 8 µF/450 Volt (Electrica)
Bei 110 V. Gleichstrom fällt weg: C 12, C 6, CY 1
An Stelle von EU VI: EU VIII Osram
Ferner C 14 Kond. 6 µF (Electr.)

Schaltung 19: Kurzwellen-Super-Vorsetzer.

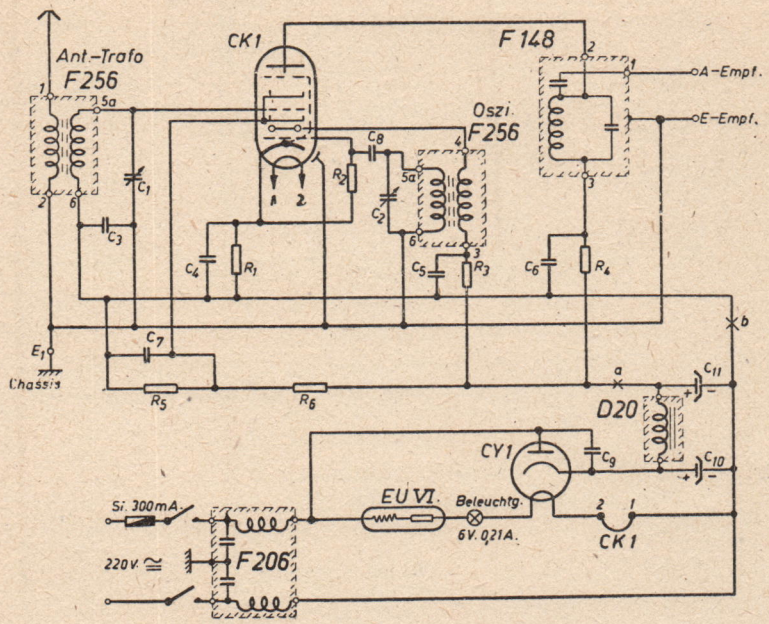


Abb. 77. Kurzwellen-Super-Vorsetzer für Allstrom

Stückliste zum Kurzwellen-Super-Vorsetzer:

C 1, C 2 Drehkondensator 2 × 80 cm
C 3, C 4, C 5, C 7, C 9 Rohrkondensator 0,1 µF (Electrica)
C 6 Rohrkondensator 1 µF „
C 8 „ 50 pF „
C 10, C 11 Elektrolyt-Kondensator 2 × 8 µF/450 V. „
R 1 Widerstand 300 Ohm Dralowid
R 2, R 5 „ 20 KO „
R 3, R 6 „ 50 KO „
R 4 „ 10 KO „
8 Kurzwellen-Wickelkörper F 256 Görler
1 Einbau-Netzfilter F 206 „
1 Netzdrossel D 20 Görler
1 Spezial-Zwischenfrequenzkreis F 148 „
5 Amenit-Außenkontaktsockel F 29 „
1 Sicherung 300 mA

Röhren:

1 Stück CK 1
1 Stück CY 1 (bei 110 V. Wechselstrom CY 2) Telefunken oder Valvo
1 Stück Eisen-Urdox-Widerstand Type EU VI Osram
bei 110 V. Wechselstrom EU X „
bei 110 V. Gleichstrom EU VIII

Verstärker.

Schaltung 20: Verstärker mit 8 Watt Endleistung.

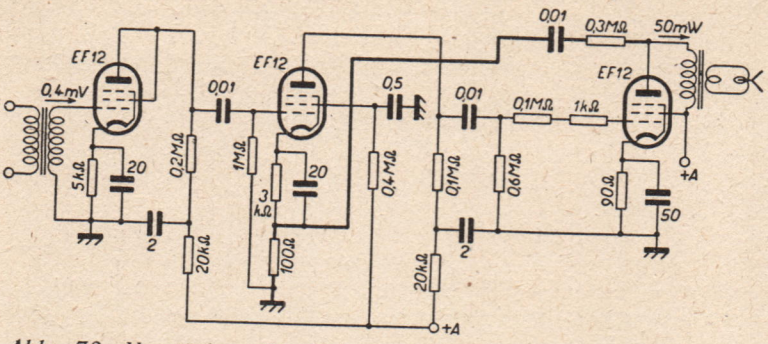


Abb. 78. Verstärker für Schallplattenwiedergabe, Selbstaufnahme von Schallplatten und Mikrophonbesprechung, mit Stahlröhren, 8 Watt Endleistung und Gegenkopplung.

Stückliste:

1 Universal-Eingangs-Uebertrager.

1 Ausgangsübertrager für EL 12.

Widerstände:

5 kΩ 0,5 W
0,2 MΩ 1 W
20 kΩ 1 W
1 MΩ 0,5 W
3 kΩ 1 W
100 Ω 1 W
0,4 MΩ 1 W
0,1 MΩ 1 W
20 kΩ 1 W
0,6 MΩ 1 W
0,1 MΩ 0,5 W
1 kΩ 0,5 W
90 Ω 5 W
0,3 MΩ 1 W

Kondensatoren:

20 µF 50 V
2 µF 500 V
0,01 µF 500 V
20 µF 50 V
0,5 µF 500 V
0,01 µF 500 V
2 µF 500 V
50 µF 50 V
0,01 µF 500 V

Eingangsspannung für 50 mW = 0,4 mV

Diese hervorragende Verstärkerschaltung mit Stahlröhren arbeitet sehr wirtschaftlich und ist mit 0,4 mV Eingangsspannung für 50 mW Sprechleistung durchzusteuern. Dies wurde möglich durch Verwendung der neuen Röhren sehr hoher Steilheit. Die Brummneigung ist denkbar gering. Die Gegenkopplung wurde gerade so groß gewählt, daß die übermäßige Höhenbetonung der Pentode ausgeglichen ist, aber doch nur ein verhältnismäßig kleiner Teil der Sprechleistung durch sie verloren geht. Der Netzanschlußteil ist in üblicher Form auszuführen, 250 Volt Anodenspannung, 80 mA Anodenstrom.

Schaltung 21: Ein Zweiweg-Verstärker.

Wir wollten Schallplatten schneiden, das Mikrophon stand im Wohnzimmer, die Schneideinrichtung in dem ziemlich weit entfernten Laboratorium im Keller. Eine besondere Leitung durfte nicht gezogen werden, weil Mutti nicht wollte; da aber zwischen Laboratorium und Musikzimmer die abgeschirmte Antennenleitung lag, benutzten wir den Mantel als einen — und die Seele als anderen Leiter. Unser Mikrophon war aber zu schwach, um ein direktes Rücksprechen, wie es ja während der Vorbereitung der Aufnahmen oft nötig ist, zu gestatten. Infolgedessen mußte ein Einröhrenverstärker dazwischen geschaltet werden, der die ungefähr zehnfache Lautstärke ergeben sollte. Dabei war es aber notwendig, von beiden Seiten zu sprechen und zu hören. Es mußte also ein Verstärker sein, bei dem man durch Umlegen eines Schalters von „Sprechen" auf „Hören" sowohl die eigene Sprache wie auch die des anderen Teilnehmers verstärken konnte.

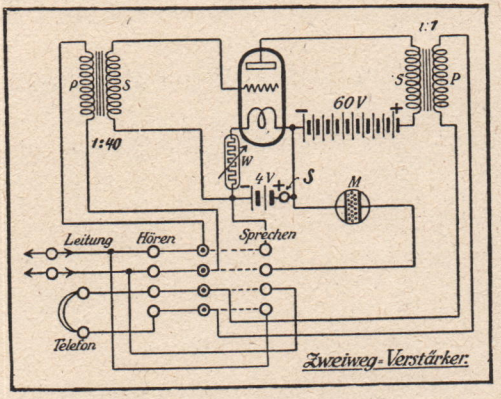


Abb. 79. Zweiweg-Verstärker.

Wenn man sich die Sache genau überlegt, findet man plötzlich, daß sie gar nicht so einfach ist. Man muß knobeln, und man wird nicht selten schließlich merken: Das kannst du noch nicht . . . Diese Aufgabe ist dir zu schwer!

Nun wird aber gerade der Gegensprechverkehr mit einfachsten Telephonen und alten Lautsprechern von vielen Bastlern als praktische Verwendungsart alter Mikrophone und ausgedienter Lautsprecher angesehen werden. Zusammen mit dem Einröhren-Zweiweg-Verstärker arbeitet eine solche Verbindung einfach und zuverlässig. Unsere Schaltung zeigt das

Stromlaufbild — und zwar den einfachsten Fall eines Batterieverstärkers mit einer alten 4-Volt-Batterieröhre. Durch Aenderung der Betriebsspannungen läßt sich selbstverständlich jede andere Verstärkerröhre für diesen Zweck verwerten. Wer es ganz vornehm machen will, kann natürlich auch einen Netzanschlußverstärker wählen. Das grundsätzlich Neue an dieser Schaltung ist ja nicht der Verstärker selbst, sondern die Zweiweg-Schaltung, die wir für die Lösung unserer heutigen Aufgabe und vieler ähnlicher brauchen. Wenn man den Schalter nach rechts legt, wird der eigene Sprechstrom verstärkt, da ja der Mikrophonkreis nunmehr über den Mikrophontransformator geschlossen ist. Die verstärkten Ströme gelangen über den rechts dargestellten Transformator (ca. 1:1) auf die Leitung, an deren anderem Ende die Gegenstation angeschlossen ist. Legt man den vierpoligen Schalter um, dann steht die Einrichtung auf „Hören" — und unser Verstärker dient zur Verstärkung der Sprechströme des anderen Teilnehmers. — Weitere Modifikationen der Schaltungen lassen sich leicht ausdenken.

Verstärker für sehr kleine Eingangsspannungen.

Die Erfindung des Sekundär-Elektronen-Vervielfältigers „SEV" wurde hauptsächlich aus dem Grunde notwendig, weil sich unsere Radioverstärker keineswegs ohne weiteres für das Fernsehen verwenden lassen. Der Grund liegt darin, daß wir beim Radioverstärker von Anfang an eine sehr große Zahl von Elektronen haben, welche durch die Wechselspannung lediglich „gesteuert" werden. Hierbei sind die Grenzen der möglichen Empfindlichkeit des Verstärkers gegeben durch drei wohldurchforschte Erscheinungen:

1. Den Schrot-Effekt.

Nicht alle Elektronen werden aus der Kathode mit der gleichen Geschwindigkeit ausgestoßen, so daß der Strom zwischen Kathode und Anode ein ganz klein wenig schwankt. Diese Schwankung genügt aber, weil eben hinter der ersten Röhre eine vielleicht millionenfache Verstärkung folgt, um schließlich ein unerträgliches Rauschen und Knacken im Endrohr hervorzurufen.

2. Den Funkel-Effekt.

Untersuchungen von Kathoden mit dem Elektronen-Mikroskop haben gezeigt, daß die Kathoden-Oberfläche durchaus

keine homogene gleichmäßige Schicht darstellt, wie man sich das vielleicht manchmal denkt. Ganz im Gegenteil. Im Elektronen-Mikroskop sieht die Kathode aus wie eine Mondlandschaft. Daher emittieren auch nicht alle Stellen der Kathode gleichmäßig, und es treten Zeitmomente erhöhter oder verminderter Emission auf, die auch wieder zu Schwankungen des Anodenstromes führen.

3. Den Johnson-Effekt.

In jedem Leiter sind freie Elektronen vorhanden, welche sich um so schneller bewegen, je höher die Temperatur ist. Wenn nun aber an der Kathode infolge ihres hohen Widerstandes Stellen verschiedener Temperatur und damit Geschwindigkeit der freien Elektronen entstehen, wie dies besonders am freien Ende der Kathode der Fall ist (das andere Ende liegt an einem festen Potential), dann entstehen hier Elektronenansammlungen, die Schwankungen des Kathodenpotentials gegenüber dem Gitterpotential bedingen, welche schließlich wieder zu Anodenstromschwankungen führen müssen.

Wenn die Eingangsspannung am Verstärker so klein ist, daß die hier zusammengestellten Störeffekte größere Anodenstromschwankungen hervorrufen, dann „ersäuft" sozusagen die zu verstärkende Wechselspannung in den Störungen. Wir können also im Verstärker nicht beliebig kleine Wechselspannungen verstärken. Darum wurde der Sekundär-Elektronen-Vervielfältiger erfunden, der eine Lücke in der Verstärkerröhrentechnik ausfüllt.

Der Elektronen-Vervielfältiger dürfte in der Zukunft zur Verstärkung kleinster Eingangsspannungen eine überragende Bedeutung gewinnen; denn trotz der Konstruktion rauscharmer Hochfrequenzpentoden (EF 13) kommt man mit einem normalen Röhrenverstärker nicht unter ein Mikrovolt Eingangsspannung herunter. Der Vervielfältiger hingegen, den man beispielsweise direkt mit der Fernsehröhre oder Fotokathode zusammenbaut, ermöglicht die rauscharme Verstärkung von Eingangsspannungen, die noch ein bis zwei Größenordnungen darunter liegen.

Endverstärker mit zwei AD 1.

Die Abb. 80 zeigt einen einfachen Endverstärker mit zwei AD 1 im Gegentakt, der bei einer Sprechleistung von 10 Watt nur einen Klirrfaktor von 2% bei einem Außenwiderstand von 4000 bis 6000 Ohm (für beide Röhren zusammen) aufweist. Man paßt den Lautsprecher so an die Endstufe an, daß der Belastungswiderstand für 800 Hz gleich

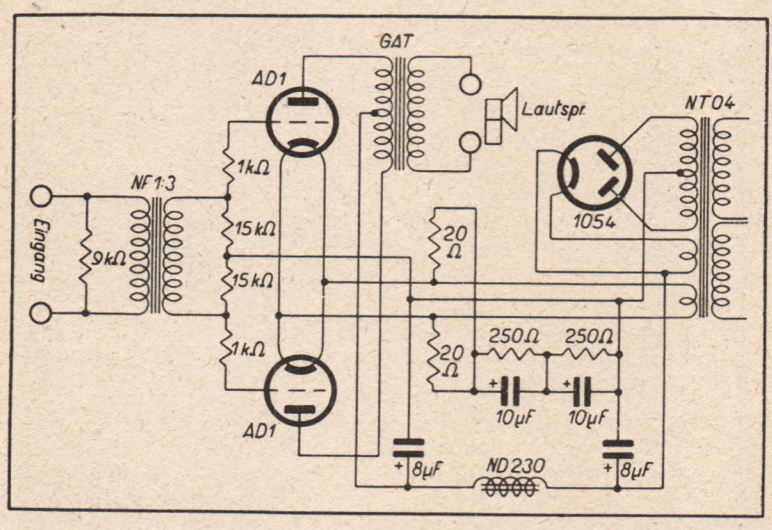


Abb. 80. Schaltung des Endverstärkers mit zwei AD 1.

dem günstigsten Außenwiderstand ist. Gewöhnlich wird der Ausgangs-Transformator primärseitig für 4500 Ohm Impedanz (gemessen bei 800 Hz) dimensioniert, weil bei der Gegentaktschaltung dieser beiden Röhren der günstigste Außenwiderstand etwas über 2000 Ohm je Röhre beträgt. Dieser und der Eingangs-Transformator sollten speziell für die AD 1 gewickelt sein, weshalb man sie am besten passend für den Spezial-Endverstärker bezieht. (Zum Beispiel hat die Firma A. Cl. Hofmann, Berlin SO, Schlesische Str. 6, solche Spezial-Uebertrager entwickelt.) Die übrigen Werte der Schaltung gehen aus der Zeichnung hervor. Für besondere Baßwirkung können die Elektrolyt-Blocks doppelt oder dreimal so groß dimensioniert werden.

KAPITEL VI.

Druckknopfabstimmung.

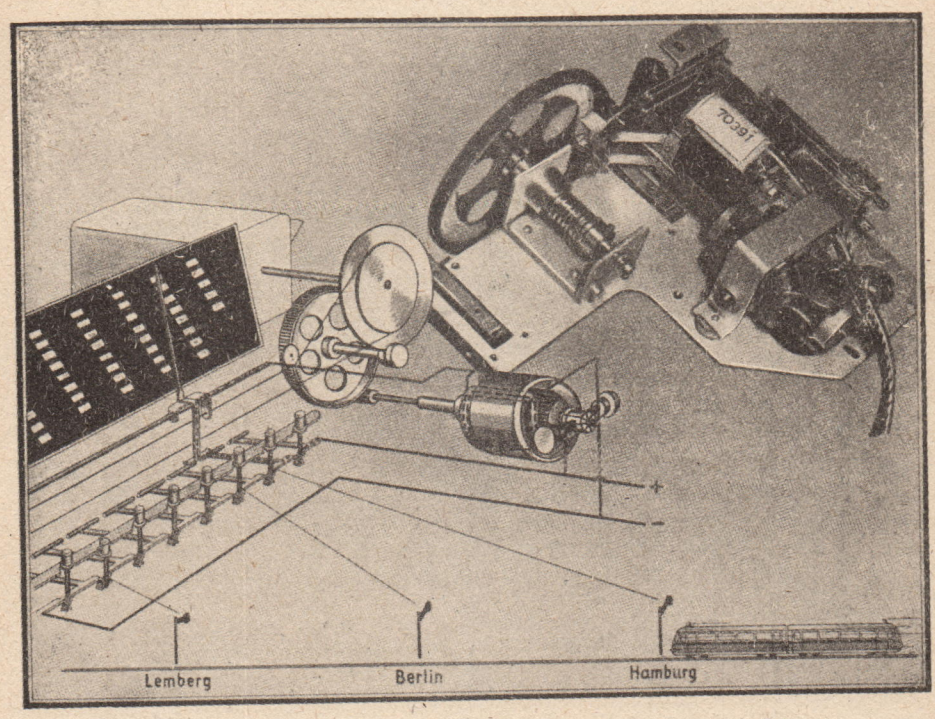


Abb. 81. Motordruckknopfabstimmung mit automatischer Scharfabstimmung beim Körting Transmare.

Vor einigen Jahren erschienen in Deutschland die ersten Großempfänger mit motorischer Abstimmung und vorgeeichten Druckknöpfen. Das Prinzip dieser Einrichtung ist in Abb. 81 zu erkennen: Drückt man einen Knopf ein, so zieht der Motor das Abstimm-Aggregat entweder im Links- oder im Rechtslauf bis zu der Stelle, wo durch das Eindrücken des Knopfes der Federkontakt unterbrochen wurde. Infolge des unvermeidlichen Schlupfes setzt die Motorabstimmung eine elektrische Feinabstimmung voraus. Die „automatische Scharfabstimmung" kann zum Beispiel nach dem Waageprinzip (Abb. 82) aufgebaut sein: Aus dem Zwischenfrequenzverstärker wird eine Kontrollspannung für zwei Kreise entnommen, die um

± 5 kHz gegen die Zwischenfrequenz verstimmt sind. Es ist klar, daß je nach dem Grad und der Richtung der Verstimmung der höher oder tiefer abgestimmte Hilfskreis die höhere Spannung erhält. Beide fallen nach der Gleichrichtung an zwei Widerständen ab, wobei sie voneinander subtrahiert werden.

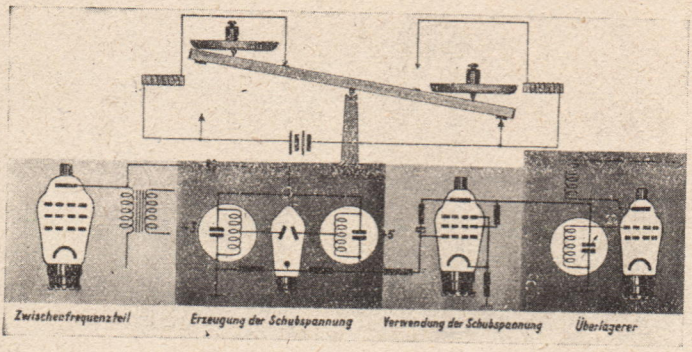


Abb. 82. Prinzipschaltung der Schubspannungserzeugung nach dem Waage-Prinzip.

Dann bleibt ein einseitig gerichteter Stromstoß übrig, der als Gittervorspannung einer Pentode verwendet wird, die zum Ueberlagerer parallel geschaltet ist. (Bekanntlich kann man jede Röhre so schalten, daß sie als Induktivität oder als Kapazität wirkt.)

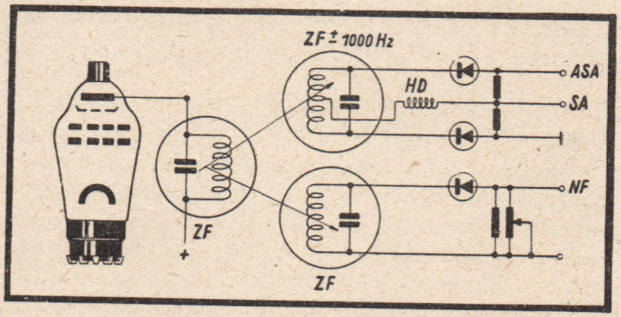


Abb. 83. Wie die Elektronenröhre als scheinbarer Widerstand, scheinbare Kapazität oder scheinbare Induktanz wirkt.

Eine noch einfachere Methode der Erzeugung der Schubspannung für die automatische Scharfabstimmung — die sog. Phasenmethode — zeigt Abb. 84. Man entnimmt die Steuer-

spannung einem mit dem letzten Zwischenfrequenzübertrager gekoppelten Gegentaktkreis, der ± 1000 Hz gegen die Sollfrequenz verstimmt ist. Nach Gleichrichtung beider Spannungen und Bildung ihrer Differenz erhält man die gewünschte Steuerspannung für eine zusätzliche Röhre, die als Induktivität oder Kapazität im Oszillatorkreis wirkt.

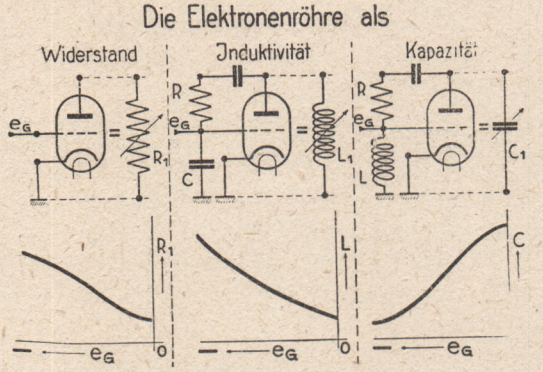


Abb. 84. Einfachste Darstellung der Phasenmethode zur Entnahme der Schubspannung für die Automatik.

Welche Methode auch bei der automatischen Scharfabstimmung angewendet werden mag — sie erfordert immer eine von der Größe der Verstimmung abhängige Steuerspannung, die gleichgerichtet werden muß und dann als Gittervorspannung für die eigentliche Regelröhre dient, die im Oszillator die gewünschte Korrektur vornimmt. Da die Verstimmung sowohl positiv wie negativ sein kann, müssen entweder nach der Waage- oder nach der Phasenmethode zwei entsprechende Spannungen erzeugt werden, die nach Differenzbildung den gewünschten Richtwert ergeben — also ein erheblicher Aufwand! Daher konnte sich die automatische Scharfabstimmung bisher nur bei großen Empfängern durchsetzen.

Eine wesentlich einfachere Methode, vorabgestimmte Sender durch Druckknöpfe wählen zu können, ist die, daß man dem Gitter- und Oszillatorkreis so viele Zusatzkreise zuordnet, als man Drucktasten wünscht. Dann braucht man nur dafür zu sorgen, daß beim Drucktastenempfang, die Handabstimmung ausgeschaltet wird. Die sogenannten elektrischen Drucktasten haben sich sehr gut eingebürgert und können auch vom Amateur leicht angewendet werden. Wie die Abb. 85 zeigt, erfolgt die Umschaltung von Handabstimmung auf Auto-

matik einfach durch Oeffnen der Schalter 15, 16, 17, 18, 19 und 20. Abb. 86 zeigt einen einzelnen der Doppelkreise, die

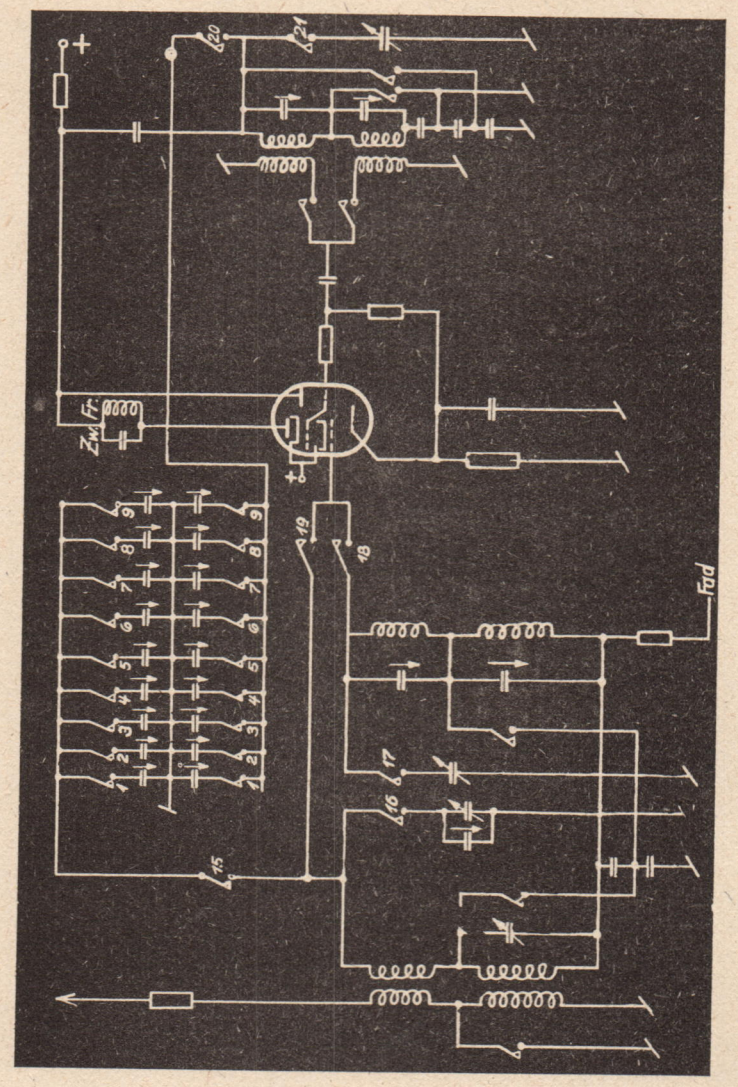


Abb. 85. Druckknopfabstimmung mit Zusatzkondensatoren (in den „Mende"-Empfängern benutzt!) — ein Beispiel für die rein elektrische Lösung der Druckknopfabstimmung.

einmal mit einem kleinen Werkzeug auf die gewünschte Frequenz einreguliert werden. Wie man daraus ersieht, sind beide Kreise mechanisch gekuppelt und werden durch Eindrehen des Hochfrequenzeisenkerns in die Spulen abgestimmt. Außerdem liegt entweder zu jeder Taste oder zu einer zusammengehörigen Gruppe je ein keramischer Festkon-

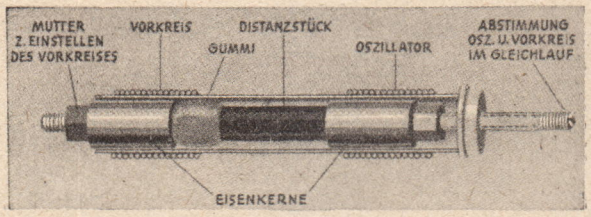


Abb. 86.

densator parallel zum Vorkreis und zum Oszillator. Daraus ergibt sich, daß die einzelnen Drucktastenbereiche nicht über das ganze Wellenband reichen — meist nur bis zu einem Wellenlängen-Verhältnis 1 : 1,5.

Bei solchen Anordnungen tritt die Frage auf: Wer garantiert dafür, daß der Tastdoppelkreis, nachdem er einmal eingestellt ist, seine Frequenz dauernd beibehält? Das ist tatsächlich der Kernpunkt des ganzen Problems. Die Frequenz „steht", wenn Induktivität und Kapazität innerhalb der vorkommenden Temperaturschwankungen ihre elektrischen Werte beibehalten. Die in Abb. 86 gezeigte Röhrchenkonstruktion der Induktivitäten hat sich in dieser Beziehung als wirklich zuverlässig erwiesen. Um die Kapazitätsschwankungen bei Temperaturänderungen auszugleichen, schaltet man einen rutilhaltigen keramischen Trimmerausgleichblock parallel, der den entgegengesetzten Temperaturgang aufweist wie der Hauptblock, der parallel zu den Induktivitäten liegt.

Eine besonders nette und auch für den Amateur höchst interessante Anwendung der elektrischen Drucktasten ist der Empfänger ohne Drehkondensator. Abb. 87 zeigt eine derartige Schaltung mit 8 Tasten, die an Einfachheit nicht mehr zu überbieten ist. Der erste Versuch dieser Art wurde von der Firma Sachsenwerk, Dresden-Niedersedlitz, gestartet. Man kann nach diesem Prinzip einen winzigen Allstromsuper aufbauen, indem man an Stelle der E-Röhren U-Röhren einsetzt, mit 2 Tasten, von denen die eine auf den Ortssender und die andere auf den Deutschlandsender eingestellt wird.

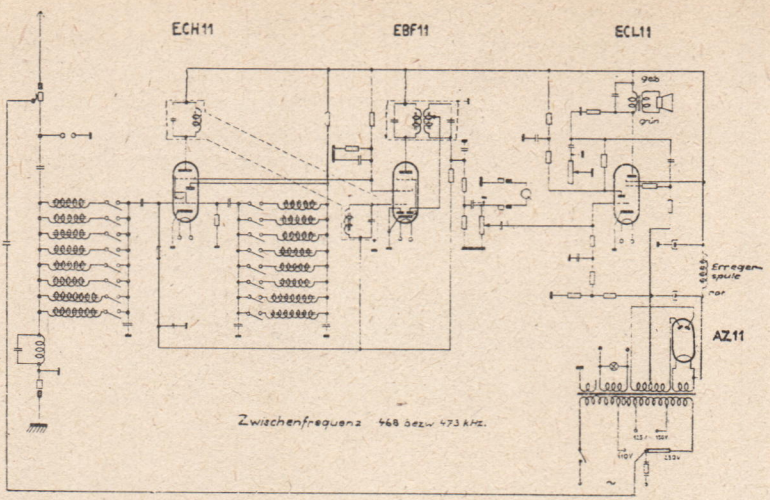


Abb. 87. Empfänger ohne Drehkondensator, wie ihn Sachsenwerk als „Vollautomat" gebracht hat.

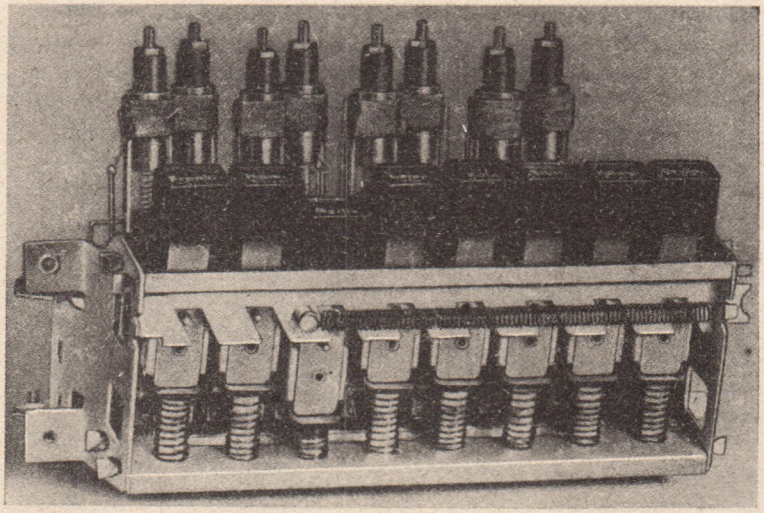


Abb. 88. Die acht Drucktastenkreise mit den Tasten und Tastfedern beim Sachsenwerk Vollautomat.

Mechanische Drucktasten.

Ein wesentlich schwieriger zu bauender Tastautomat ist die mechanische Druckknopf-Abstimmung. Abb. 89 zeigt als Beispiel die Ausführungsform von Siemens: Die Druckbewegung der Taste löst eine Drehbewegung des Abstimm-Aggregats aus. Beim Drücken der Taste dreht der Anschlag die

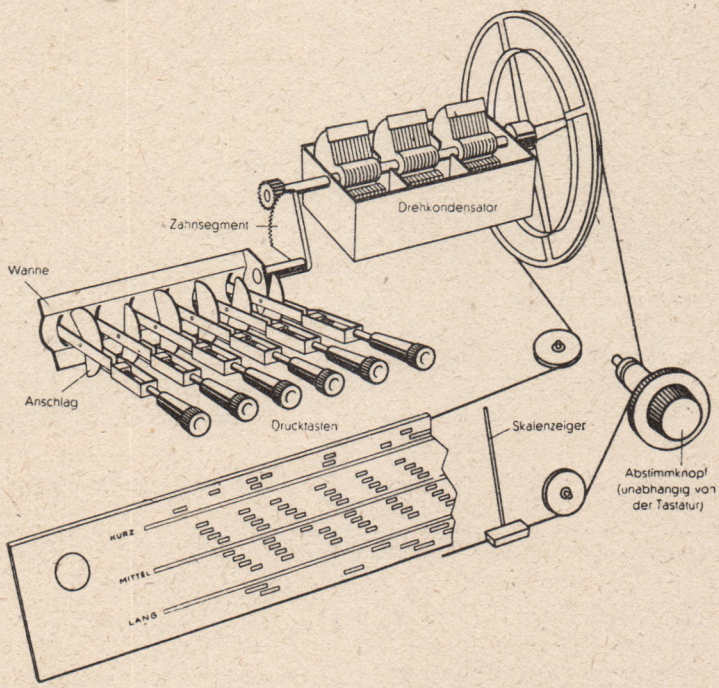


Abb. 89. Vereinfachte Darstellung des Prinzips der Siemens-Drucktasten-Automatik.

Wanne so weit, bis er sie mit beiden Flanken berührt. Hierbei bewegt sich das Zahnsegment mit — und dreht über ein kleines Zahnrad den Kondensator genau in die Stellung, die der Abstimmung auf den gewünschten Sender entspricht. Gleichzeitig wird an einem Schalter der Empfang unterbrochen (Stummabstimmung). Das Einstellen der Druckknöpfe auf die gewünschten Sender ist leicht auszuführen: An der Skala wird der Sender eingestellt. Dann dreht man den Knopf der Taste nach links — und macht dadurch den Anschlag be-

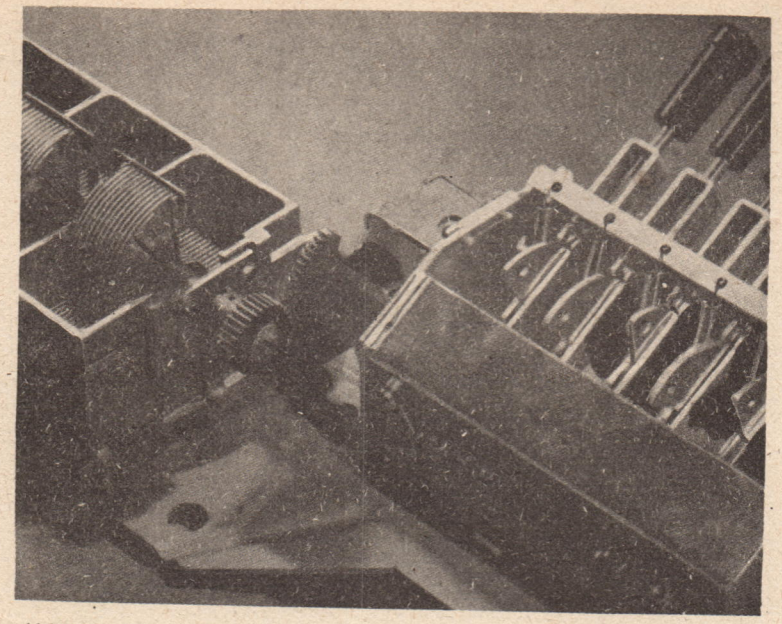


Abb. 90. Hier sieht man das Vorgelege und die Segmente, die den Aufschlag der Wanne begrenzen (Siemens-Drucktasten-Abstimmung).

weglich. Drückt man jetzt die Taste herunter, dann stellt sich der Anschlag auf die dem Sender entsprechende Lage der Wanne ein. Eine Rechtsdrehung des Druckknopfes hält ihn in dieser Stellung fest. So läßt sich jede der 6 Tasten auf jeden beliebigen Sender einstellen.

Die billigste der bisher bekannt gewordenen mechanischen Abstimm-Methoden arbeitet nach dem sogenannten Kulissensystem: Die Welle des Abstimmorgans und ihres Triebwerkes trägt zusätzlich einige Rollen, über die ein endloses Seil läuft. An ihm sind zwei kräftige, ziemlich große Metallplatten befestigt, die bei der Drehung der Kondensatoren mitlaufen; jedem Drehwinkel entspricht eine bestimmte Stellung der beiden Platten zueinander. Gegenüber der Stirnseite der Platten befinden sich die Druckknöpfe. Jeder derselben enthält in seinem Inneren zwei Schraubenbolzen, die in einer Ebene mit den Platten liegen und so bemessen sind, daß, wenn der Knopf in Ruhestellung ist, die Platten sich horizontal frei bewegen können, ohne an die Schraubenbolzen anzustoßen.

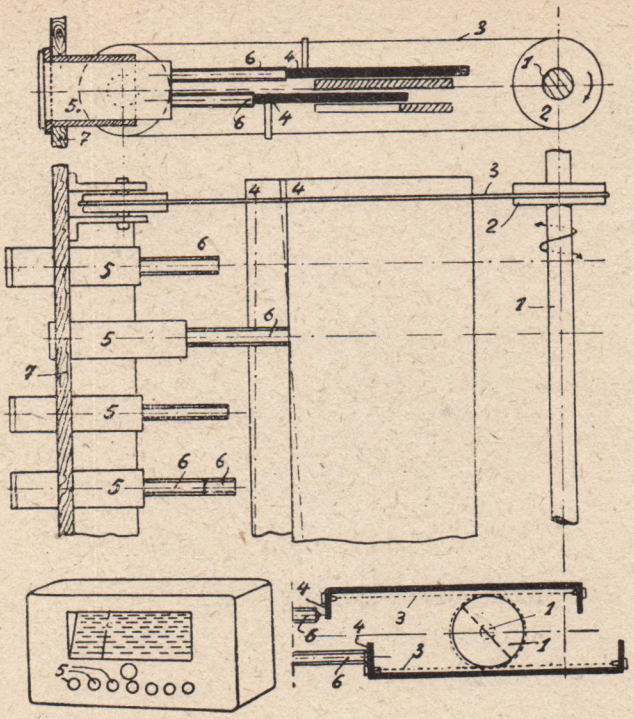


Abb. 91. Schematische Darstellung des „Autosinton"-Verfahrens der mechanischen Druckknopfabstimmung.

Drückt man auf einen Knopf, so drückt der obere Schraubenbolzen gegen die obere Platte und verschiebt sie. Gleichzeitig verschiebt sich damit die untere Platte, die mit ihr durch Seilübertragung verbunden ist —, und zwar in entgegengesetzter Richtung bis zum Anschlag gegen den unteren Schraubenbolzen. Infolgedessen wird das System zwangsläufig in eine bestimmte Lage gebracht, welche von der relativen Länge der beiden Schraubenbolzen abhängt. Damit ist aber auch eine bestimmte Stelle der Abstimmorgane gegeben.

Wenn man nun einen Sender auf eine der Tasten legen will, so stellt man ihn zunächst nach dem magischen Auge scharf ein und drückt dann die entsprechende Taste. Nun dreht man mit dem Spezialwerkzeug die beiden Schraubenbolzen der Taste so weit ein, bis ihre Spitzen an die Platten stoßen. Damit ist der Sender ein für allemal festgelegt.

Denn wenn man jetzt wieder einmal die gleiche Taste drückt, wandern die Kondensatoren mit den ausgewuchteten Platten durch die Schwungkraft so weit, bis die Platten an die Schraubenbolzen der betreffenden Taste anstoßen. Dann bleiben die Drehkondensatoren genau auf derjenigen Stellung stehen, die der gewünschten Frequenz entspricht.

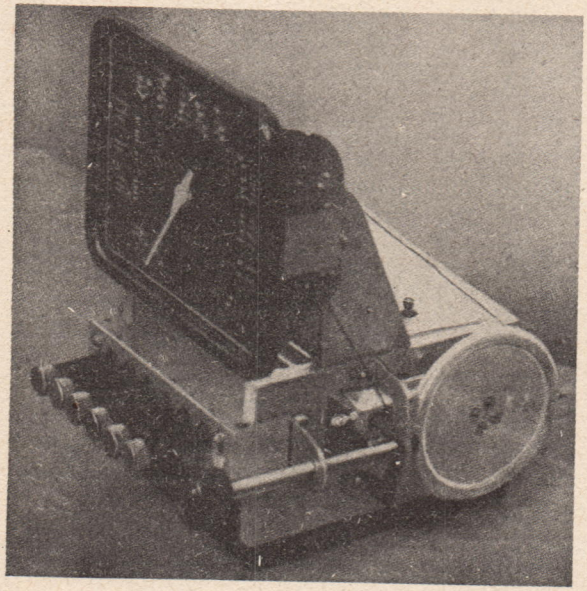


Abb. 92. Die praktische Ausführung der mechanischen Druckknopfabstimmung nach dem „Autosinton"-Patent in einem italienischen Superhet.

Die Geheimabstimmung.

Die interessanteste Anwendung permeabilitäts-abgestimmter Kreise ist die sogenannte Geheimabstimmung, die heute in Amerika schon viel in Gebrauch ist. Das Prinzip ist sehr einfach: Getrennt vom eigentlichen Empfänger wird ein Abstimmkästchen von der Größe einer Zigarettendose geliefert, das einen kleinen Sender enthält. Er wird durch ein Schrittschaltwerk (dem gleichen, das bei der Wählerscheibe des Telefons benutzt wird) eingeschaltet und sendet auf einer Kurzwelle Impulse aus, die längs der Lichtleitung zur Emp-

fangsapparatur wandern, einem aus drei Röhren bestehenden Spezialgerät, das auf die Steuersenderwelle abgestimmt ist. Die hochfrequenten Steuerimpulse werden im Vorsatzgerät verstärkt, dessen letzte Röhre ein Stromtor ist, das direkt das Schrittschaltrelais betätigt. Je nach der Zahl der Impulse wird hierdurch ein Schaltwerk in Bewegung gesetzt, das den entsprechenden Doppelkreis im Super einschaltet. Damit ist die gewünschte Station gewählt. Die Lautstärkeregulierung erfolgt durch einen Motor, dessen Anker mit zwei Wicklungen von entgegengesetzter Richtung belegt ist. Beim Rücklauf der Drehscheibe des Abstimmkästchens klinkt automatisch der Schrittschalter aus — und die Kupplung des Motors mit dem Schleifer des Lautstärkereglers wird eingeschaltet. Dadurch dreht nun der Motor den Regler in dem Sinne, der durch die Stellung des dazugehörigen Schalters am Abstimmkästchen gegeben ist. (Der Schalter hat zwei Stellungen, eine für zunehmende und eine für abnehmende Lautstärke.) Ist die gewünschte Lautstärke erreicht, dann drückt man auf den Stop-Knopf des Abstimmkästchens. Der Motor schaltet aus, wodurch die Feder am Lautstärkeregler zum Stillstand gebracht wird.

Die Geheimabstimmung ist also nichts anderes als die Verbindung eines Telefonwählersystems mit dem elektrischen Drucktastensystem über einen kleinen Hilfssender.

KAPITEL VII.

Schalttechnische Verbesserungen an älteren Empfängern.

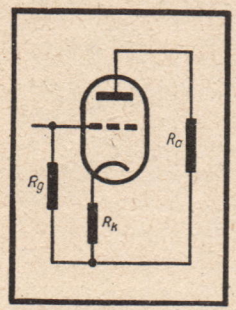


Abb. 93.

1. Die Gegenkopplung — Prinzipielles.

a) Strom-Gegenkopplung (Abb. 93).

Im einfachsten Fall wird der Kathoden-Kondensator weggelassen. Die Folge davon ist, daß im Ausgangskreis ein kleinerer Wechselstrom fließt als ohne Strom-Gegenkopplung. Die Steilheit wird gewissermaßen verkleinert, der Innenwiderstand aber vergrößert, während der Durchgriff unverändert bleibt.

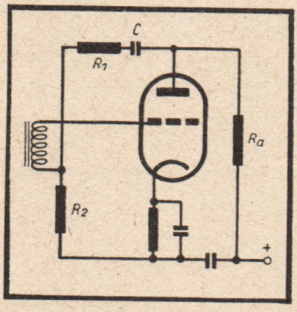


Abb. 94.

b) Spannungs-Gegenkopplung.

Die Steilheit bleibt unverändert. Der Innenwiderstand wird verkleinert. Der Durchgriff wird vergrößert (Abb. 94).

c) Die meist gebräuchliche Schaltung ist Spannungs-Gegenkopplung eines Teiles der Ausgangsspannung in die Kathode der Vorröhre (Abb. 95). Hierbei wird der wechselstrommäßige Außenwiderstand d. Vorröhre vergrößert; allerdings, solange die Gegenkopplung nicht größer als 1 : 10 gemacht wird, nicht mehr als um 10%.

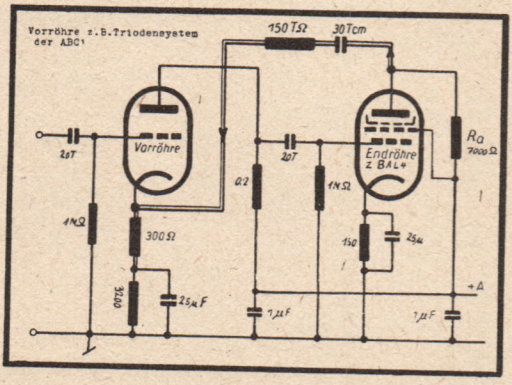


Abb. 95.

2. Einbau einer Gegenkopplung in ältere Empfänger.

Die Gegenkopplung erfüllt die Aufgabe, durch Zurückführen einer kleinen gegenphasigen Spannung aus der Endpentode in die Vorstufe, die Klirrneigung von Endpentoden bei großen Lautstärken zu verringern. Dabei sinkt natürlich auch die Verstärkung entsprechend dem Grad der Gegenkopplung. Da aber fast immer ein beträchtlicher Verstärkungs-

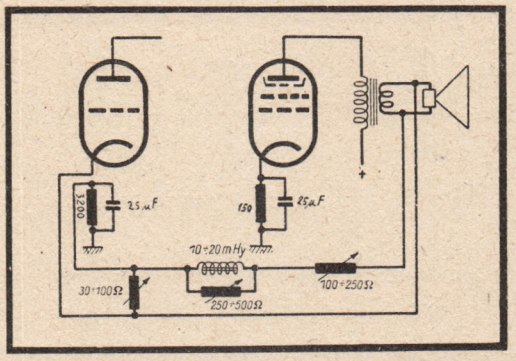


Abb. 96.
Nachträglicher Einbau einer Gegenkopplung mit Baßanhebung.

überschuß vorhanden ist, so kann man diese Verstärkungsminderung gern in Kauf nehmen zugunsten der Verbesserung der Wiedergabe. Die Abb. 96 zeigt die einfachste Form der Gegenkopplung, die sich zum nachträglichen Einbau eignet. Die Leitung von der Kathode der ersten Tonfrequenzverstärkerstufe wird durchschnitten, und zwar an der Stelle, wo der direkte Anschluß der Kathode zum Kathodenwiderstand führt. In die Unterbrechungsstelle schaltet man nun einen Drehwiderstand von 30 bis 100 Ohm ein, mit Hilfe dessen der Gegenkopplungsgrad einreguliert werden kann. Hat man den günstigsten Wert gefunden, so kann der Drehwiderstand natürlich durch einen gleich großen Festwiderstand ersetzt werden. Die Enden des Widerstandes werden mit der niederohmigen Seite des Ausgangstransformators verbunden. Dabei ist auf richtige Polung zu achten, die sich aus dem Versuch bei Umpolung der Leitungsenden in einfachster Weise ergibt.

Will man gleichzeitig mit der Gegenkopplung auch eine Baßanhebung erreichen, so fügt man in die Zuführung Korrekturglieder ein, zum Beispiel eine Eisendrossel von 10 bis 20 Millihenry, wofür sich die Spule eines Zwischenfrequenz-

transformators mit Eisenkern oder die niedrigohmige Seite eines Ausgangstransformators eignet. Die Größe der Widerstände geht aus der Zeichnung Bild 96 hervor. Durch die Drossel werden die tiefen Frequenzen mehr geschwächt als

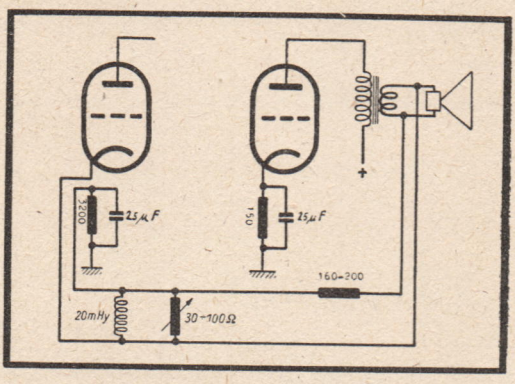


Abb. 97. Gegenkopplung mit Schwächung der Höhen.

die hohen. Legt man dagegen nach Bild 97 die Drossel parallel zum Drehwiderstand, so werden die hohen Töne mehr ge-

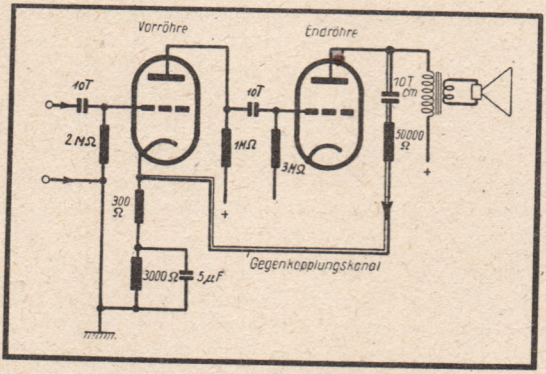


Abb. 98. Die einfachste Form der Gegenkopplung ist die hier dargestellte, die bei den Bässen schwächer wirkt als bei den Mittel- und Oberlagen.

schwächt, und dementsprechend treten die Bässe mehr hervor. Diese Schaltung wird gewählt, wenn man gleichzeitig die Bässe anheben will.

3. Weitere häufig angewendete Gegenkopplungsschaltungen sind folgende:

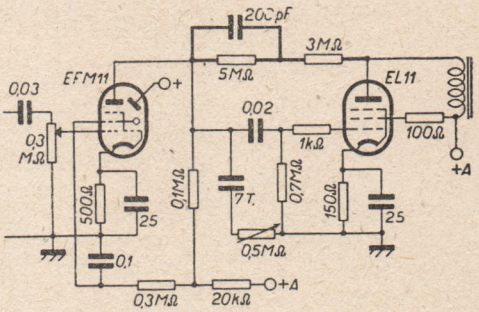


Abb. 99. Gegenkopplung EFM 11 und EL 11, eine oft angewandte Endstufenschaltung. (Bässe sind angehoben, da Gegenkopplungs-C = 200 pF.)

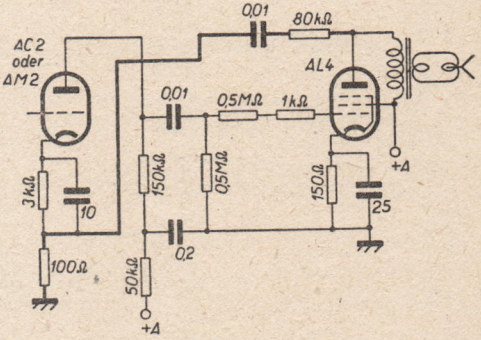


Abb. 100. Nachträglich einzubauende Gegenkopplung in einen älteren Super mit AM 2 und AL 4.

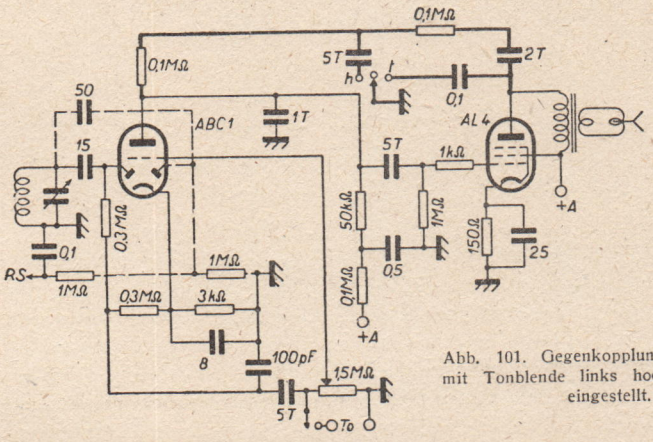


Abb. 101. Gegenkopplung auf ABC 1 mit Tonblende links hoch, rechts tief, eingestellt.

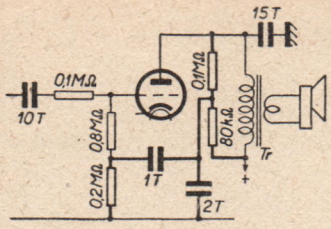


Abb. 102. Ganz einfach nachträglich einzubauende Gegenkopplung: Man schaltet einen hochohmigen Spannungsteiler parallel zum Ausgangsübertrager und führt die Gegenkopplungsspannung zum Gitter der Endröhre zurück. Die eingezeichneten Werte gelten für Endröhren vom Typ AL 4 respektive EL 11.

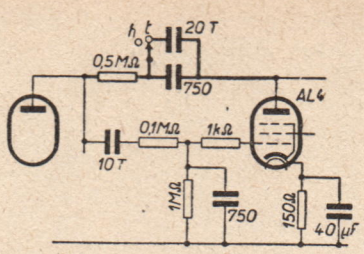


Abb. 103. Gegenkopplung mit Tonblende kombiniert: Ist der 20 000-cm-Block (oben) mit in die Gegenkopplung geschaltet, dann werden auch die Bässe stark gegengekoppelt, wodurch sich das Klangbild aufhellt.

4. Einfachste Gegenkopplung.

Abb. 104 zeigt eine Gegenkopplungseinrichtung zwischen Verstärkerröhre und Endröhre, die sich leicht nachträglich bei älteren Empfängern anbringen läßt. Sie besteht aus einem Glimmer-Drehkondensator von 500 pF und einem durchschlag-

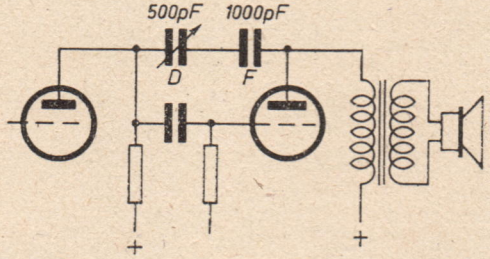


Abb. 104. Einfachste Gegenkopplung mit Klangblende durch Drehkondensator D und Festkondensator F.

sicheren Blockkondensator von 1000 pF. Die Gesamtkapazität bleibt also stets kleiner als 500 pF und ist abhängig von der Stellung des Drehkondensators. Je kleiner dessen Kapazität gemacht wird, desto höher wird der Wechselstromwiderstand des Gegenkopplungszweiges für die Bässe, so daß sie immer schwächer gegengekoppelt werden — und deshalb mehr hervortreten.

5. Gegenkopplung mit Klangblende.

Abb. 105 zeigt eine äußerst einfache Gegenkopplung mit Klangblende, die für die UCL 11 geeignet ist. Steht der Schalter S oben, dann läuft die Gegenkopplung über den Kondensator von 250 pF und die beiden Widerstände von 10 000 Ohm. Legt man den Schalter nach unten, dann schließt er die Widerstände kurz, und die Gegenkopplung erfolgt rein kapazitiv

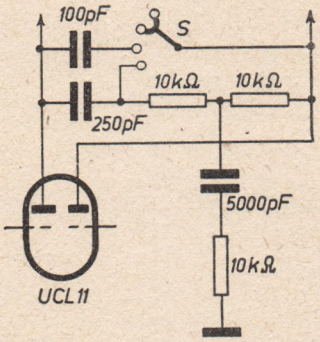


Abb. 105. Gegenkopplung mit Klangblende durch Schalter S.

über die beiden Kondensatoren mit einer Gesamtkapazität von 350 pF. Daraus ergibt sich, daß bei dieser Stellung die hohen Töne beträchtlich geschwächt werden, so daß das Klangbild dunkel erscheint. Da der Wechselstromwiderstand der beiden Kondensatoren für die Bässe sehr hoch ist, werden diese bedeutend weniger gegengekoppelt, wodurch eine weitere Hervorhebung der Tiefen eintritt.

6. Lautstärkeabhängige Gegenkopplung.

Die Gegenkopplung kann um so stärker sein, je höher die Signalspannung ist. Bei starken Eingangsspannungen braucht man ja nur eine niedrige Tonfrequenzverstärkung. Bei schwachen Antennenspannungen hingegen wünscht man, die Verstärkung des Tonfrequenzteiles voll auszunützen, möchte also die Gegenkopplung abschalten. (Da in diesem Falle die Lautstärke sowieso nicht optimal ist, kommt die klangverbessernde Wirkung der Gegenkopplung auch nicht zum Ausdruck.) Die Gegenkopplung müßte also abhängig gemacht werden vom

Mittelwert der Gitterwechselspannung am Vorrohr. Dies läßt sich in einfacher Weise nach der Schaltung Abb. 106 erreichen. Man führt die Gegenkopplungsspannung von der Sekundärseite des Ausgangsübertragers über die beiden Widerstände von 100 Ohm und 1000 Ohm an den Lautstärkeregler zurück,

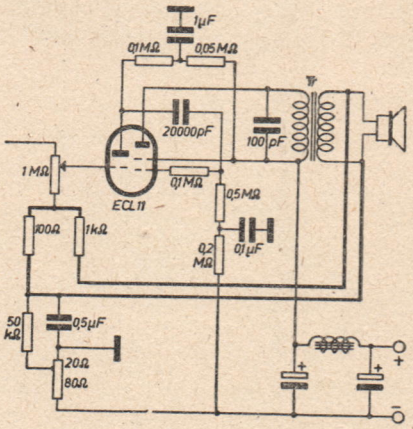


Abb. 106. Lautstärkeabhängige Gegenkopplung.

der vor dem Gitter der Vorröhre liegt. Ist derselbe so eingestellt, daß der Kontakt am unteren Ende des Potentiometers liegt (Ortssender-Empfang), dann wirkt die Gegenkopplung am stärksten. Je mehr man den Regler zurückdreht, desto schwächer wirkt sie. Mit dieser Schaltung ist es möglich, einen größeren Gegenkopplungsgrad als 1 : 6 anzuwenden, wenn dies infolge der großen Antennenspannung des aufgenommenen Senders erwünscht ist, während man bei normalen Gegenkopplungsschaltungen über eine Gegenkopplung 1 : 4 aus Lautstärkegründen meist nicht hinausgehen kann.

7. Spannungsgegenkopplung mit Spannungsteiler.

Trotzdem die an der Sekundärseite des Ausgangsübertragers zur Verfügung stehende Wechselspannung nur wenige Volt beträgt, ist es oft erwünscht, nur einen Betrag von 3 bis 10% hiervon zur Gegenkopplung auszunutzen, damit man den Kopplungszweig in die Kathodenleitung legen kann. In diesem Falle schaltet man vor den eigentlichen Gegenkopplungswiderstand einen zusätzlichen Festwiderstand, so daß die

Spannung etwa im Verhältnis 1 : 10 geteilt wird. Man wählt den Vorwiderstand in der Größe von 50 bis 200 Ohm — und den eigentlichen Gegenkopplungswiderstand zwischen 5 und

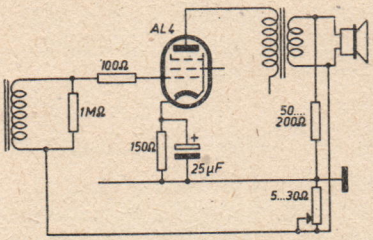


Abb. 107. Spannungsgegenkopplung mit Spannungsteiler 1 : 10 an der Ausgangsseite des Uebertragers.

30 Ohm. Für diesen Zweck eignet sich ein alter Heizwiderstand oder ein niederohmiges Potentiometer, mit dem sich der Gegenkopplungsgrad regulieren läßt. Die Schaltung Abb. 107 zeigt die sehr einfache Anordnung am Beispiel der AL 4 als Endröhre.

8. Gegenkopplung im Kathodenkreis der Vorröhre.

Da die Spannung, die man von der Sekundärseite des Ausgangsübertragers abnehmen kann, klein ist, muß man sie zur Erzielung eines höheren Gegenkopplungsgrades auf die

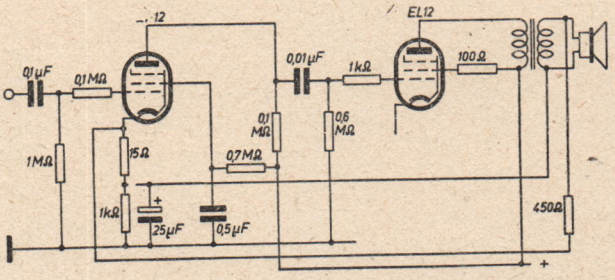


Abb. 108. Gegenkopplung im Kathodenzweig der Vorstufe.

Vorröhre übertragen. In diesem Falle geht man von der Ausgangsseite des Uebertragers an den Kathodenzweig der Vorröhre — und erhält damit die Schaltung nach Abb. 108. Es

wird wieder wie bei der vorhergehenden Schaltung ein Spannungsteiler benutzt, diesmal jedoch ist das Verhältnis der beiden Widerstände größer, etwa 15 Ohm zu 450 Ohm. Der Gegenkopplungswiderstand liegt direkt an der Kathode, während die Kombination 1000 Ohm und 25 µF die Vorspannung für die EF 12 ergibt. Alle übrigen Schaltelemente sind normal.

9. Gegenkopplung bei Gegentakt-Endstufen.

Im allgemeinen betreibt man Gegentakt-Endstufen mit Dreipol-Röhren, so daß eine Gegenkopplung nicht notwendig ist. Verwendet man aber Tetroden oder Pentoden, so ist eine Gegenkopplung auch in Gegentaktschaltungen erwünscht. Das

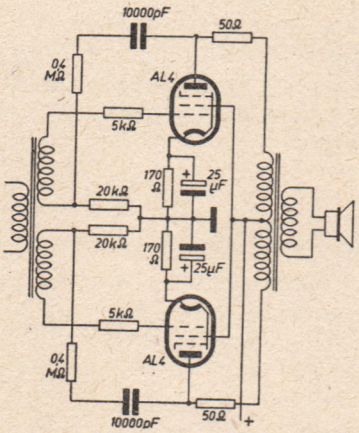


Abb. 109.
Gegenkopplung bei Pentoden-Endstufen in Gegentaktschaltung.

Schaltbild Abb. 109 zeigt eine besonders einfache Anordnung dieser Art. Man kann sie nachträglich nur dann anbringen, wenn der Uebertrager eine herausgeführte Mittelanzapfung hat, bei der man zu beiden Spulenenden hinzu kann. Ist dies nicht der Fall, so muß der Uebertrager so weit geöffnet werden, bis man beide Spulenenden fassen kann. Der in der Schaltung gewählte Gegenkopplungsgrad hält sich in den normalen Grenzen 1 : 4.

10. Der Verstärkungsverlust bei Gegenkopplungen.

Jede Gegenkopplungsschaltung vermindert die Gesamtverstärkung. Denn man kann durch keine Maßnahmen der Frequenz- oder Amplitudenkorrektur, die sich ausdenken läßt, Energie gewinnen. Alle klanglichen Verbesserungen gehen auf Kosten des Verstärkungsgrades des Systems. Wenn man auch sagt: „Wir heben die Bässe um ein Neper an", dann geschieht in Wirklichkeit doch nur das, daß man das übrige Tonband um diesen Betrag abdämpft.

Die Verstärkung einer Endröhre errechnet sich nach der Formel:

$$\text{Verstärkungsgrad} = \text{Steilheit} \times \frac{\text{Außenwiderstand} + \text{Innenwiderstand}}{\text{Außenwiderstand} \times \text{Innenwiderstand}} : 1000$$

$$= S \times \frac{Ra \times Ri}{Ra + Ri} : 1000$$

Die Werte der AL 4 eingesetzt, ergibt

$$= 9{,}5 \times \frac{7000 \times 50\,000}{7000 + 50\,000} : 1000$$

$$= 9{,}5 \times \frac{350\,000}{50\,000} : 1000$$

$$\infty \; \underline{\underline{58}}$$

Praktisch rechnet man mit einer fünfzigfachen Verstärkung in der Endstufe. Wenn man nicht gegenkoppelt, ergibt sich bei richtiger Anpassung in der Tat dieser Verstärkungsgrad. Koppeln wir, wie es im Durchschnitt geschieht, mit 3% gegen, dann sinkt die Verstärkung bereits auf 20 herab; bei 5% Gegenkopplung auf 14, bei 10% auf 8, bei 20% auf 4,5. Daraus sieht man, daß es besonders bei Röhren mit geringem Verstärkungsgrad wichtig ist, zu wissen, um wieviel die Verstärkung absinkt, wenn die Gegenkopplung einen bestimmten Wert erreicht, den man gewöhnlich in Prozent angibt. Unsere Kurvenschar (Abb. 110) gibt zur Abschätzung die nötigen Anhaltspunkte. Die gestrichelten Kurven mit Gegenkopplungswerten u n t e r Null entsprechen einer Verstärkungssteigerung durch Rückkopplung. Denn eine negative Gegenkopplung ist eine Rückkopplung.

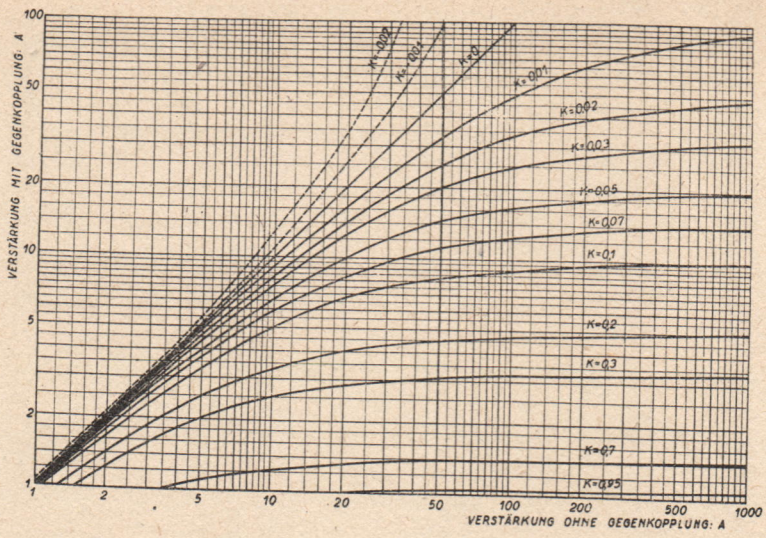


Abb. 110.
Verstärkungsverlust durch Gegenkopplung (Radio-Amateur).

Die Berechnung der Gegenkopplung geschieht nach folgender Formel:

$$G = \frac{V_1}{V} = \frac{1}{1 + \alpha V}$$

Hierin ist G der Gegenkopplungswert — V_1 die Verstärkung mit — und V ohne Gegenkopplung. α ist das Verhältnis der Gesamtspannung zu der Teilspannung, die man gegenkoppelt. Ist zum Beispiel $\alpha = 5\% = 0{,}05$ und $V = 50$, dann ergibt sich:

$$G = \frac{1}{1 + 0{,}05 \cdot 50}$$

$$= 1 : 3{,}5$$

Die Verstärkung sinkt also auf den Wert $\frac{50}{3{,}5} = 14{,}3$ herab, was man aus der Kurvenschar ablesen kann. In genau dem gleichen Maße nehmen auch die nichtlinearen Verzerrungen und die Störungen ab.

11. Der Kathodenwiderstand zur Erzeugung der Gittervorspannung.

Die allgemeinste Art der Erzeugung einer negativen Gittervorspannung in Verstärkerstufen ist heute die Einschaltung eines Kathodenwiderstandes entsprechender Größe, an dem die gewünschte Gittervorspannung beim Durchfließen des Anodenstroms als Spannungsabfall auftritt (Abb. 111). Die Be-

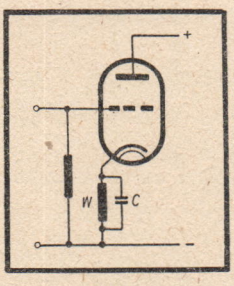


Abb. 111. Erzeugung der Gittervorspannung durch Spannungsabfall am Kathodenwiderstand.

rechnung desselben geschieht nach der Formel*):

$$\text{Kathodenwiderstand in Ohm} = \frac{\text{Anodenstrom in Amp.}}{\text{Gitterspannung in Volt}}$$

Als Beispiel sei der Kathodenwiderstand für eine AC 2 berechnet, die eine Anodenspannung von 300 Volt erhält und einen Außenwiderstand von 150 000 Ohm hat. Durch diese Röhre fließt ein Anodenstrom von 1 mA. Die hierbei notwendige Gittervorspannung beträgt minus 4,5 Volt. Der Kathodenwiderstand hat dann den Wert

$$x = \frac{4{,}5}{0{,}001} = 4500\ \Omega$$

Selbstverständlich muß der Kathodenwiderstand für die Tonfrequenzspannung durch einen Kondensator überbrückt werden, dessen Kapazität um so größer zu wählen ist, je weniger die Bässe beeinflußt werden sollen. Ein Elektrolytkondensator für etwa 50 Volt Spannung von mindestens 25 µF wird bei Endröhren notwendig sein. Bei Vorröhren — wie im obigen Beispiel — genügt ein Wickelblock von einigen µF (je größer seine Kapazität ist, desto weniger werden die Bässe benachteiligt).

*) Vgl. auch Kapitel: „Einige wichtige Formeln".

Bei direkt geheizten Verstärkerröhren verfährt man nach Abb. 112, wozu allerdings ein Mittelabgriff am Transformator notwendig ist. Wenn dieser nicht vorhanden ist, schaltet man

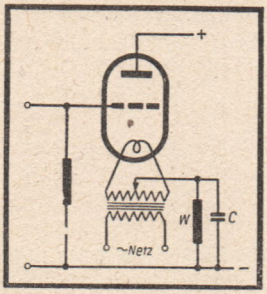


Abb. 112.
Kathoden-Symmetriepunkt am Mittelabgriff des Trafos.

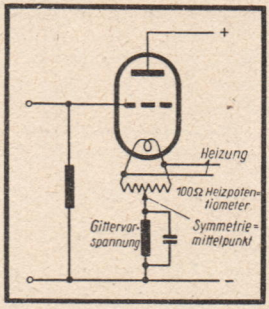


Abb. 113.
Künstlicher Symmetriepunkt durch Potentiometer.

parallel zur Kathode nach Abb. 113 ein Entbrummungs-Potentiometer von 100 Ohm, das zum Preise von etwa einer Mark im Handel ist, wodurch der künstliche Mittelpunkt leicht herzustellen ist.

12. Gegenkopplung und tonfrequente Rückkopplung.

In der Mittelklasse der gegenwärtigen Exportempfänger findet sich eine interessante Schaltungsfeinheit, die bei einem geringen Aufwand an zusätzlichen Mitteln die Empfindlichkeit des Empfängers für schwach ankommende Sender beträchtlich steigert. In Abb. 114 ist der spezielle Teil dieser Schaltung mit unterbrochenen Linien dargestellt. Die Tonfrequenz fällt bei Punkt NF an der Signaldiode ab. Sie läuft über den Lautstärkeregler. Der Schleifer führt sie zurück zur ECH 4, wo sie im Triodenteil verstärkt wird. Von hier aus gelangt sie über eine CW-Kopplung an das Steuergitter der EBL 1, wo sie weiter verstärkt und dem Ausgangsübertrager zugeführt wird. Die Schwundausgleichspannung wird an der Primärseite des zweiten Zwischenfrequenz-Bandfilters abgenommen, an der zweiten Diode gleichgerichtet und führt von hier aus zurück an das Gitter der ersten Hexode und über einen Spannungsteiler an das Steuergitter der zweiten Röhre. Die regelbare Tonblende liegt zwischen Anode und Gitterkreis

der Endröhre und besteht aus einem Potentiometer von 0,75 MΩ und einem Kondensator von etwa 10 000 pF.

Besonders interessant ist die Gegenkopplung, die mit einer Rückkopplung verbunden ist: Die Spannung wird einer zweiten Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers entnommen (etwa ein Drittel der Windungen der ersten Sekundärwicklung). Der untere Teil führt also gegenphasige Spannung gegenüber der am Triodenteil der ECH 4 liegenden Tonfrequenz. Durch frequenzabhängige Zwischenglieder wird dafür gesorgt, daß sich die Gegenkopplung in den Grenzlagen des Tonbandes verringert. Da nun der Gegenkopplungskanal mit dem unteren Ende des gehörrichtigen Lautstärkereglers verbunden ist, arbeitet die Gegenkopplung amplitudenabhängig: Steht der Schleifer ganz unten, wie dies beim Ortsempfang der Fall ist, dann ist die Gegenkopplung am größten. Rückt

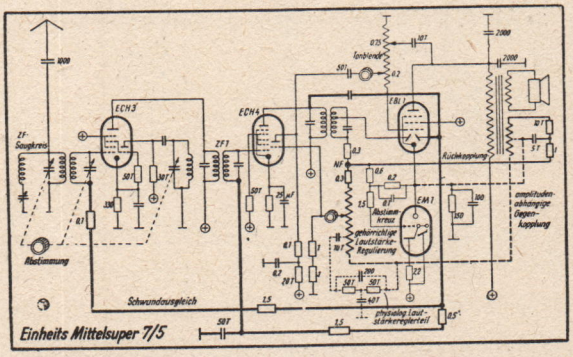


Abb. 114. Gegenkopplung und tonfrequente Rückkopplung im Einheits-Mittelsuper.

er mehr nach oben, dann wird sie kleiner. Ganz oben, also bei den besonders schwach einfallenden Kurzwellensendern, fällt sie fast vollständig weg, so daß die gesamte Tonfrequenzverstärkung zur Verfügung steht. Am oberen Ende der zweiten Sekundärwicklung des Uebertragers wird die Rückkopplungsspannung abgegriffen, die gleichphasig mit der Tonfrequenzspannung läuft und sie damit verstärkt. Auch die Tonfrequenzrückkopplung ist lautstärkeabhängig und wird am größten, wenn der Schleifer des Lautstärkereglers ganz oben steht. Damit wird eine zusätzliche Empfindlichkeit bei der Aufnahme ganz schwacher Sender erreicht.

13. Nachträglicher Einbau eines magischen Auges.

Die Abb. 115 zeigt den Einbau eines magischen Auges in einen Superhet. Damit der Leser den Anschluß der neuen Leitungen leicht findet, wurde der Zwischenfrequenz-Gleichrichter vollständig mit durchgezeichnet. Die Kathode der AM 2 erhält eine Spannung von etwa 70 Volt über den Anschluß an das Schirmgitter der Mischröhre. Das Steuergitter des Triodenteiles erhält seine Spannung aus einem Spannungsteiler,

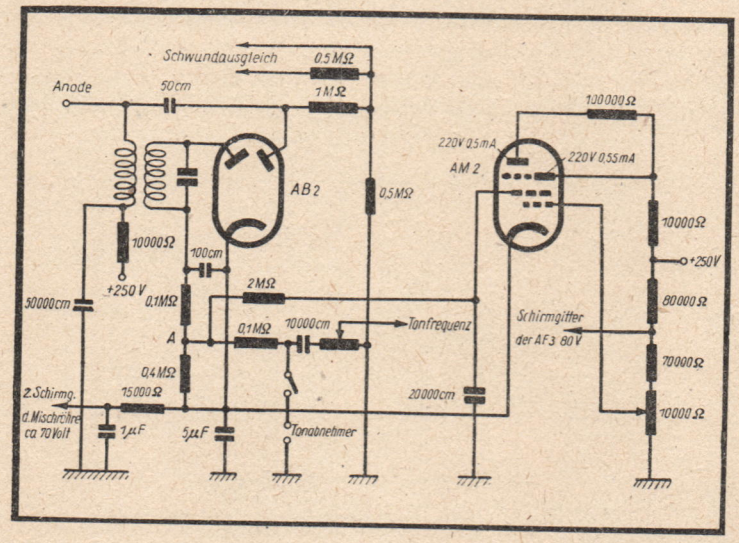


Abb. 115. Nachträglicher Einbau einer doppeltgesteuerten AM 2 in einem Superhet.

der zwischen der Anodenspannung und der Erde liegt. Das Steuergitter des Anzeigeteiles erhält seine Spannung, wie üblich, aus der Duodiode, und zwar vom Punkt A, wo die Tonfrequenz abgenommen wird. Die Anodenspannung wird der AM 2 in der üblichen Weise über einen Widerstand zugeführt und soll etwa 220 Volt betragen. Die Spannungswerte sind der besseren Uebersicht halber jeweils eingetragen.

Wie die sehr einfache Schaltung zeigt, bedarf es also nur verhältnismäßig geringer Aenderungen der Schaltung, um die AM 2 nachträglich in einen Empfänger einzubauen. Um

eine möglichst genaue Steuerung zu erhalten, ist es zweckmäßig, die in unserer Schaltung vorgeschlagene doppelte Steuerung anzuwenden, die dadurch gekennzeichnet ist, daß das Anzeigegitter eine negative Vorspannung erhält, die von der Größe der Tonfrequenzspannung abhängt. Hierdurch wird der Ausgangsleuchtwinkel bis auf 5 Grad zusammengedrängt. Man erhöht durch die Doppelsteuerung sowohl die Empfindlichkeit wie den Aussteuerbereich der Anzeigeröhre.

14. AM 2 als Aussteuerkontrolle.

Das magische Auge AM 2 kann man als vorzügliches Aussteuerkontrollinstrument für Mikrophonverstärker, Kraftverstärker und ähnliches verwenden. Man entnimmt zu diesem Zweck einen Teil der Wechselspannung der Endröhre und führt ihn an das Steuergitter der AM 2. Die Anodenspannung der AM 2 soll etwa 250 Volt betragen, die Vorspannung der

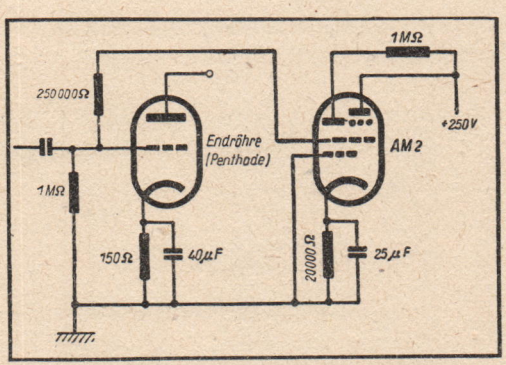


Abb. 116.
Die AM 2 zur Aussteuerkontrolle der Endröhre.

Kathode wird durch einen Widerstand erzielt. Die Schaltung ist so einfach und wirksam, daß man ihr besonders für Mikrophonaufnahmen, wo die Aussteuerungskontrolle sehr wichtig ist, große Verbreitung wünschen kann.

15. Einbau der gehörrichtigen Lautstärkeregulierung.

Die Abb. 117 und 118 zeigen die Verbindung der gehörrichtigen Lautstärkeregulierung mit der Zweipolhochfrequenz-

gleichrichterröhre und der Anschaltung des Tonabnehmers. In Abb. 117 ist eine einfache Diodenschaltung dargestellt — und eine Gegenkopplung mit abschaltbarem Höhenanhebungsglied.

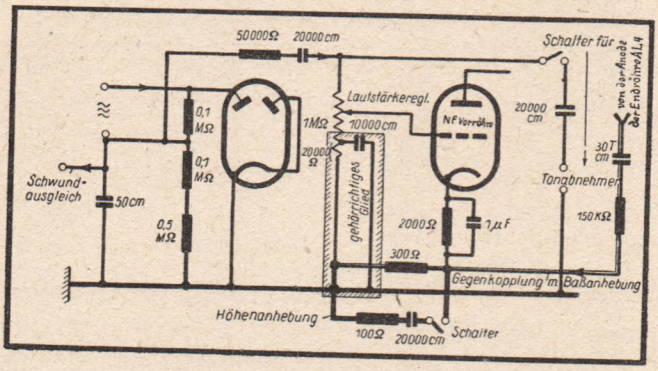


Abb. 117. Gehörrichtige Lautstärkeregulierung und Gegenkopplung mit abschaltbarem Höhenanhebungsglied.

Die Schaltung zeichnet sich durch besonders billigen Aufbau aus. Abb. 118 zeigt eine sehr empfehlenswerte Schaltung dieser Art von Telefunken.

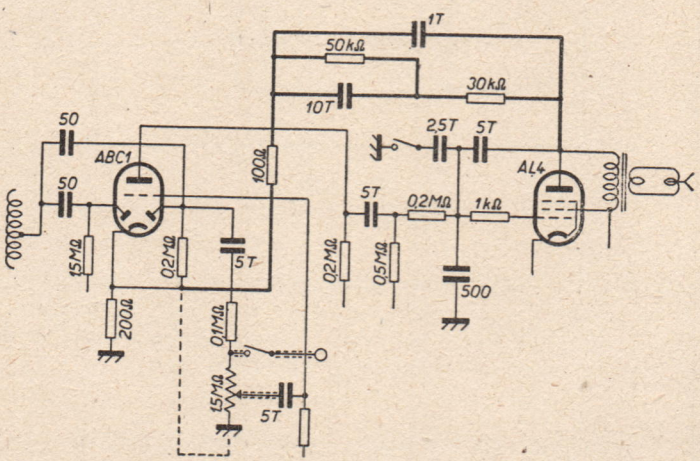


Abb. 118. Gleichrichter- und Endstufe mit gehörrichtigem Lautstärke- und Gegenkopplungsverlauf nach Telefunken.

16. Hochfrequenz-Gleichrichtung und Schwundausgleich.

Die Empfängerentwicklung ist bei größeren Geräten vollkommen von der älteren Gitter- und Anoden-Gleichrichtung abgegangen und benutzt zur Gleichrichtung der Hoch- oder

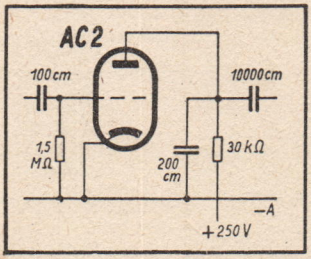


Abb. 119.

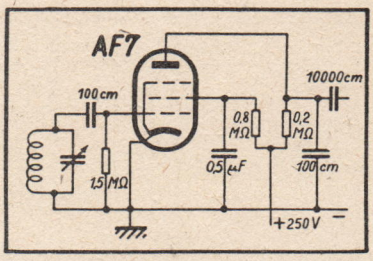


Abb. 120.

In einfachen Empfängern, wo die an den Hochfrequenzgleichrichter gelangende Spannung kleiner ist als 2 Volt eff, verwendet man statt der Diode die Triode (Abb. 119) oder Pentode (Abb. 120) zur Hochfrequenzgleichrichtung — und zwar in Gittergleichrichterschaltung.

Zwischenfrequenz heute allgemein die Diode, Duodiode oder Tripeldiode. Bei kleineren Geräten ist diese Art Gleichrichtung deswegen nicht anwendbar, weil hier auf die Verstärkung und Rückkopplung, die das Audion nebenbei mitliefert, nicht verzichtet werden kann. Dagegen muß man eben in Kauf

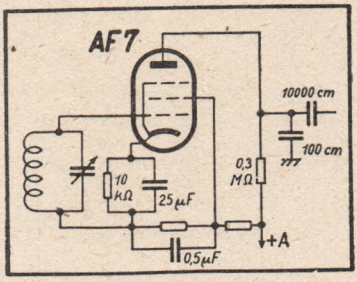


Abb. 121. Die Hochfrequenzpentode wird für höhere Hochfrequenzspannungen vielfach auch in Anodengleichrichterschaltung verwendet.

nehmen, daß Audione (Abb. 119 und 120) nur bei kleinen Signalspannungen linear arbeiten, Anodengleichrichter (Abbildung 121) wieder nur bei größeren — die Diodengleichrichtung aber arbeitet von einem bestimmten Einsatzpunkt ab bis zu den größten Signalspannungen linear.

Das Prinzip der Dioden-Gleichrichtung ist die Aufladung eines kleinen Ladekondensators über die Gleichrichterstrecke — und der Ausgleich seiner Ladeschwankungen über den Belastungswiderstand, an dem die gewünschte Richtspannung auftritt, der die NF-Schwankungen überlagert sind. Grund-

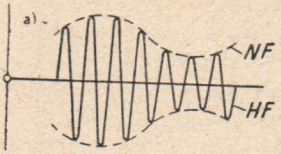


Abb. 122 a. Die „Einhüllende" der Modulation.

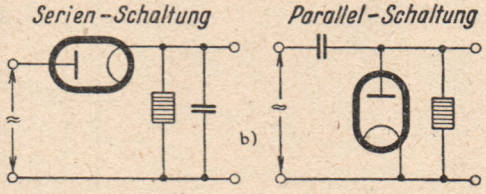


Abb. 122 b. Hochfrequenzgleichrichterschaltungen mit Dioden.

sätzlich kann man Gleichrichterstrecke, Schwingkreis und Belastungswiderstand in Reihe schalten, wie Abbildung 122 b links zeigt, oder parallel wie Abbildung 122 b rechts. Bei der Reihenschaltung ist die Bedämpfung des Schwingkreises, dem die HF-Spannung entnommen wird, gleich dem halben Belastungswiderstand der Diode — bei Parallelschaltung gleich dem dritten Teil desselben. Bei kleinen Amplituden (unter 0,2 Volt effektiver Hochfrequenzspannung) wird die Dämpfung allerdings erheblich größer. Man verwendet heute fast allgemein die Parallelschaltung, weil sie die Möglichkeit gibt, den unteren Teil des Schwingungskreises zu erden — und schaltet die Diode an eine Anzapfung des Schwingungskreises, wobei sich die wirksame Dämpfung quadratisch mit dem Anzapfungsverhältnis verkleinert. Beispiel: Ist die Dämpfung ursprünglich 4 und schaltet man die Diodenstrecke jetzt an $\frac{7}{10}$ der Spulenwindungszahl an, dann sinkt sie auf den Wert $4 \cdot 0{,}7^2 = 1{,}96$, also um rund 50%. Für die Gleichrichtung wird gewöhnlich ein Belastungswiderstand von 0,5 Megohm und ein Ladekondensator von 100 cm benutzt. Legt man jedoch Wert darauf, daß auch stark modulierte Sender verzerrungsfrei gleichgerichtet werden, dann muß der Belastungswiderstand wesentlich kleiner gewählt werden, weshalb wir heute bei musikalisch hochwertigen Empfängern meist einen Wert von 100 000 bis höchstens 200 000 Ohm finden.

Die einfache Diode wird heute praktisch kaum mehr verwendet, da ja jeder moderne Empfänger Schwundausgleich haben muß. Daher finden wir in den Röhrenserien Duodioden und Tripeldioden sowie Verbundröhren, bei denen eine Duodiode mit einer Triode oder Pentode im Glas- oder Metallkolben vereinigt ist. Die wichtigsten Vertreter der Dioden und Dioden-Verbundröhren sind AB 2 resp. CB 2, die ABC 1 resp. CBC 1 — die EB 11, EBC 11 und EBF 11 der Stahlröhrenserie. In der „roten Serie" finden wir die Tripeldiode EAB 1, die Duodiode-Triode EBC 3, die Diode-Pentode EBF 2 und die Duodiode-Endpentode EBL 1 — in der Batteriereihe die Duodiode KB 2 und die Duodiode-Triode KBC 1 für 2 Volt — und DAF 11 für 1,2 Volt.

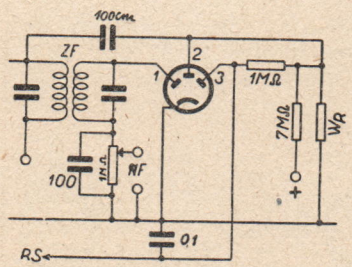


Abb. 123. Moderne Dreidioden-Schaltung:
1 = Signaldiode, 2 = Schwunddiode, 3 = Vorspannungsdiode,
RS = Regelspannung.

Ob das Zweipolsystem für sich allein in einem Glas- oder Metallkolben sitzt oder mit einer Triode, Tetrode oder Pentode kombiniert ist, spielt für unsere Betrachtung keine Rolle. Die zweite Diode wird zur Regelspannungserzeugung benutzt. Wenn noch eine dritte Diode vorhanden ist (Abb. 123), verwendet man diese zur Erzeugung einer von der Modulation abhängigen Vorspannung der Regeldiode. Die Signal-Diode muß immer unvorgespannt bleiben, weil sonst Verzerrungen auftreten. (Sie würde bei schwachen Signalen überhaupt nicht ansprechen!) Bei der Regeldiode dagegen wünscht man eine Vorspannung, damit die Regelung „verzögert" einsetzt. Dies ist zweckmäßig, um die volle Empfindlichkeit des Empfängers ausnutzen zu können: Der Regelvorgang kommt so zustande, daß das Gerät auf voller Verstärkung steht, wenn vorn keine Signalspannung vorhanden ist. Schon bei der geringsten HF-Spannung am Eingang des Empfängers entsteht

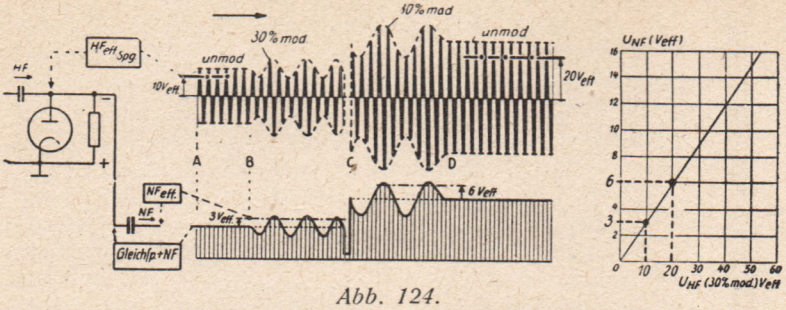


Abb. 124.
Schematische Darstellung des Gleichrichter-Vorgangs in der Diode.

an der Regeldiode eine Richtspannung, welche die Verstärkung der geregelten Röhren herabsetzt. Auf diese Weise kann man niemals die volle Empfindlichkeit des Empfängers aus-

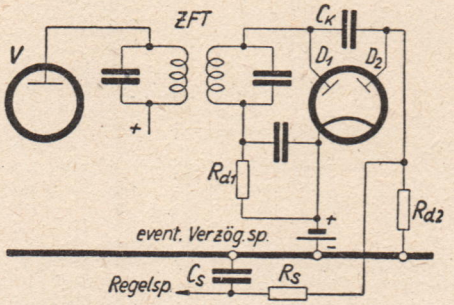


Abb. 125. Schematische Darstellung der Duodiodenschaltung mit verzögerter Schwundregelspannung und verringertem Seitenbandrauschen.

nutzen, was beim Tagesfernempfang manchmal erwünscht wäre. Daher hat man den „verzögerten Schwundausgleich" eingeführt, der dadurch gekennzeichnet ist, daß die Regeldiode eine Vorspannung von 0,5 bis 2 Volt erhält, so daß an dieser Diode erst dann eine Regelspannung auftreten kann, wenn die ZF-Spannung größer wird als die Vorspannung. Würde man aber auch die Signaldiode so vorspannen, dann würde der Empfänger bei schwachen Signalen einfach stumm bleiben. Eine Vorspannung der Regeldiode ist auch aus dem Grunde erwünscht, um das Seitenbandrauschen

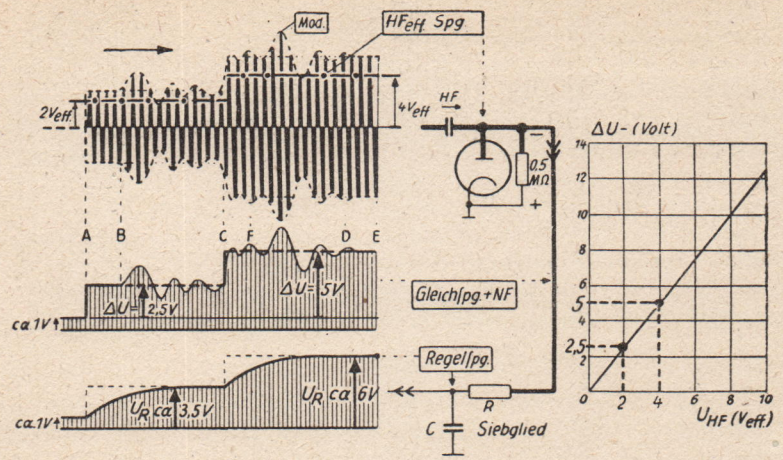


Abb. 126. Schematische Darstellung der Diodenschaltung zur Erzeugung der Schwundregelspannung.

beim Durchdrehen der Abstimmung zu verhindern. Der Regelvorgang sollte weniger „selektiv" verlaufen als die Signal-Gleichrichtung und zeitlich etwas verlangsamt werden (vgl.

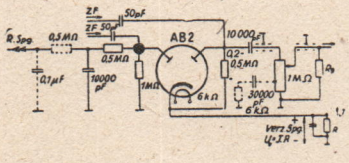


Abb. 127. Hochfrequenzgleichrichtung und verzögerte Schwundregelspannung nach Prinzipschaltung Abb. 126.

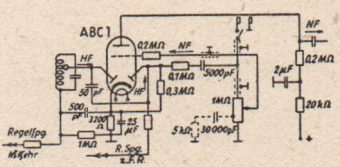


Abb. 128. Die gleiche Schaltung unter Verwendung der ABC 1 mit Tonfrequenzvorverstärkung.

Abb. 125!). Am besten wäre es, wenn die Vorspannung von der Modulation abhängig wäre, also durch diese gesteuert würde.

Am Belastungswiderstand der Regeldiode treten neben der Richtspannung auch Niederfrequenzschwankungen auf, die durch ein Siebglied aus Kondensator und Widerstand ausgeglichen werden müssen. Dieses Siebglied soll eine Zeitkonstante von 0,1 bis 0,2 Sekunden haben. Sie ist gegeben

durch die Kapazität des Kondensators in µF und den Wert des Widerstandes in Megohm. Der Siebwiderstand bildet zusammen mit dem eventuell noch vorhandenen zweiten Siebwiderstand und dem Belastungswiderstand der Diode den Gitterableitwiderstand der Regelröhre, der eine o b e r e Grenze nicht überschreiten darf. So erwünscht es aus Dämpfungs- und Verzerrungsgründen wäre, den Siebwiderstand möglichst groß zu wählen, so darf er aus dem eben genannten Grunde den Wert von 1 Megohm meist nicht überschreiten. Wählt man den Siebkondensator, wie es gewöhnlich geschieht, 0,2 µF groß, dann ergibt sich eine Zeitkonstante von 0,2 Sekunden, die gerade richtig ist.

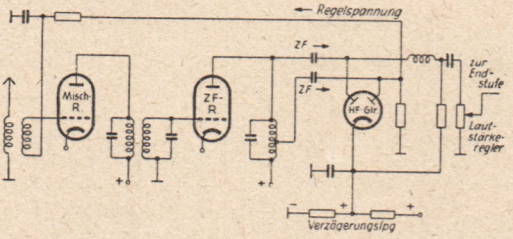


Abb. 129. Verwandlungsempfänger mit einer Regelstufe und am Abgriff des ZF-Trafos liegender Schwunddiode.

Man läßt die Regelspannung gewöhnlich auf eine oder zwei Röhren wirken. Beispiele der Regelung sind in Abb. 129 und 130 gezeigt. Bei den modernen Stahlröhren-Großsuperhets

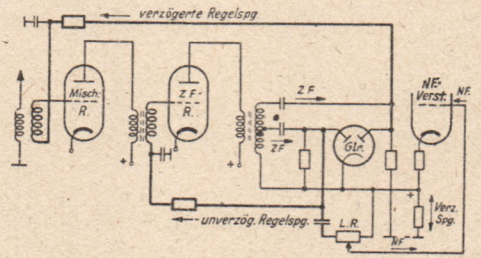


Abb. 130. Ueberlagerungsempfänger mit zwei Regelstufen.

verwendet man eine drei- oder gar vierfache Regelung, wofür Abb. 131 ein Beispiel gibt. Benutzt man eine mehrfache Regelung, so stimmt man die Regeleigenschaften so ab, daß die erste Röhre am meisten — und die letzte am wenigsten ge-

regelt wird. In dem Beispiel Abb. 131 wird die EF 13 1 : 150, die ECH 11 1 : 50, die EBF 11 1 : 10 und die EFM 11 1 : 6 geregelt. Dies Regelverhältnis darf niemals größer werden, als die eigene Verstärkung der Röhre ist.

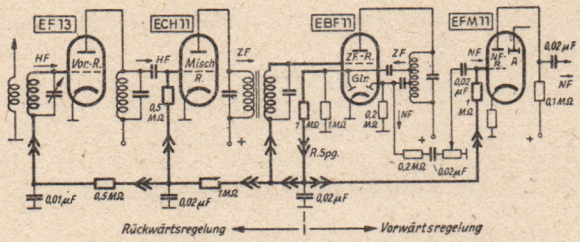


Abb. 131. Stahlröhrensuper mit Vierfach-Regelung (Vor- und Rückwärts-Automatik).

Man soll nun aber nicht glauben, daß mit den hier dargelegten Verhältnissen alle Probleme der Schwundregulierung schon einwandfrei gelöst wären. Das ist leider keineswegs der Fall, denn die Größe der Regelspannung ist nicht allein abhängig von der Amplitude der Hochfrequenzschwingung, sondern auch von der Modulation. Wenn die Regeldiode eine negative Vorspannung von der mittleren Hochfrequenzamplitude hat, hängt die erzeugte Regelspannung überhaupt nur von der Modulation ab. Da aber gegenwärtig die meisten Sender 80 bis 100% modulieren, so treten bei der verzögerten Regelung beträchtliche Verzerrungen auf, besonders Amplitudenbeschneidungen.

Diese kann man vermeiden, wenn die Regeldiode zunächst unvorgespannt bleibt; sie erzeugt eine von der mittleren Hochfrequenzamplitude abhängige Gleichspannung. Diese kann man nun zur Steuerung einer mit Verzögerung arbeitenden weiteren Diode benutzen, die die eigentliche Regelspannung liefert. — Auf solchen Gedankengängen ist die Dreidiodenschaltung aufgebaut, die Abb. 132 zeigt. Die unverzögerte Regelspannung von D 2 (Abb. 132) geht über das Siebglied R 1, R_s und C_s an die Gitter der Regelröhren. Hinter R 1 ist über einen sehr hochohmigen Widerstand R 2 eine positive Spannung angelegt, die also auch an der Diode D 3 liegt. Solange die Regelspannung klein ist, fließt über die Diode D 3 ein Strom; sie hat infolgedessen einen so kleinen Innenwiderstand, daß

sie praktisch als Kurzschluß mit dem Chassis wirkt. Die über R_s abgenommene Regelspannung ist also Null; das heißt, bei schwachen Signalen arbeitet die Anordnung verzögert. Wenn aber die von D 2 gelieferte Regelspannung größer wird als die positive Vorspannung von D 3, dann wird D 3 stromlos

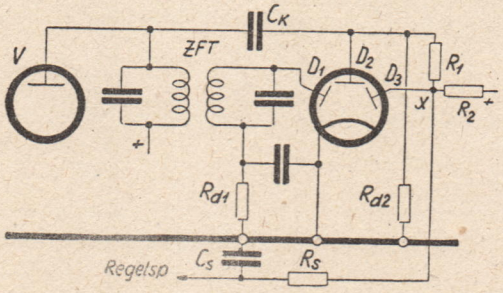


Abb. 132. Schematische Dreidiodenschaltung nach „Radio-Amateur" (D 1 = Signaldiode, D 2 = Schwunddiode, D 3 = Verzögerungsdiode).

und erhält damit praktisch einen unendlich hohen Innenwiderstand. Folglich entsteht auch hinter R_s eine negative Regelspannung. Bei dieser Schaltung ist die Bedämpfung des Zwischenfrequenztransformators unabhängig vom Einsatz der Regelspannung.

Eine andere Lösung des Problems, der Regeldiode eine vom Modulationsgrad abhängige Vorspannung zu geben, geht von dem Gedanken aus, die Regeldiode an sich unverzögert zu halten, aber dafür die Richtspannung auch auf das Schirmgitter der geregelten Röhre in der Weise einwirken zu lassen, daß erst von einer bestimmten Größe der Richtspannung ab die Schirmgitterspannung hochläuft. Die Verzögerung ist also hier nicht in die Diode gelegt, sondern in die geregelte Röhre. (Eine derartige Ausführung findet man bei den Telefunken-Spitzensuperhets).

Betrachten wir die Regelkurve selbst, dann ergibt sich, daß sie durch Anwendung einer Verzögerungsspannung dem Ideal tatsächlich näherkommt als bei unverzögerter Schaltung. Vorspannungswerte zwischen 0,5 und 2 Volt erscheinen am zweckmäßigsten.

17. Pentoden-Ausgleich-Schaltungen (9-kHz-Sperren).

Der hohe Innenwiderstand von Fünfpol-Endröhren läßt alle Resonanzstellen des nachgeschalteten Lautsprechers ungedämpft hervortreten. Außerdem zeigt die Frequenzkurve bis etwa 2000 Hz eine erhebliche Ueberhöhung, die sich gehörsmäßig als ein gewisses „Gellen" der Oberstimmen bemerkbar macht (vgl. Abb. 133 obere Kurven). Daher kommt die viel verbreitete Meinung, daß man nur mit Trioden eine an-

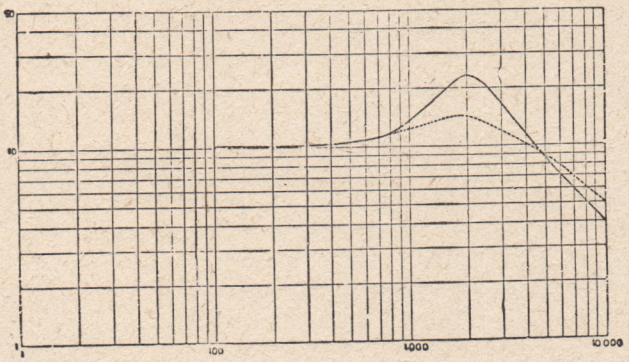


Abb. 133.
Frequenzkurve einer Pentode mit und ohne Ausgleichschaltung.

ständige Musik herausbringen kann. Nun ergibt aber die Pentode in der Endstufe eine etwa 50prozentige Leistungsausnutzung gegenüber nur 33% bei der Triode. Andererseits ist die Verstärkung der Pentode — etwa der AL 4 — 57fach, während die AD 1 nur $^1/_{10}$ dieser Verstärkung bringt. Somit ist vom betriebswirtschaftlichen Standpunkt aus die Pentode derartig weit im Vorteil, daß sie heute den Apparatebau praktisch beherrscht.

Untersuchungen zeigen, daß die ideale Endröhre den Klang der Triode mit dem Wirkungsgrad und der Verstärkung der Pentode verbinden müßte. Durch im Prinzip einfache Schaltungsmaßnahmen kann man erreichen, daß eine Pentode in der Endstufe ein Klangbild ergibt, das völlig dem einer Trioden-Endstufe gleicht. Ein Beispiel dafür ist die Telefunken-Ausgleich-Schaltung, die sich heute in fast allen Empfängern findet. Ausgehend von der Erkenntnis, daß der Hauptgrund für die

gellenden Höhen der hohe Innenwiderstand der Pentode ist, wurde durch Schaltmaßnahmen versucht, denselben etwa auf den Wert der Triode herabzudrücken. Schaltet man aber einen Ohmschen Widerstand parallel zur Pentode, dann sinkt natürlich die Verstärkung. Dies wäre erwünscht bei den Höhen, aber unerwünscht bei den Bässen. Das Parallelglied muß also schaltungsmäßig aussehen wie ein gewöhnlicher Höhenschneider, dimensionsmäßig jedoch den gewünschten Ergebnissen angepaßt werden. Die richtige Dimensionierung findet man, wenn man im gleichen Apparat unter entsprechenden Bedingungen Triode und Pentode bei einer bestimmten Sprechleistung vergleicht und die Spannung am Lautsprecher in Abhängigkeit von der Frequenz mißt. Dann verändert man das Parallelglied zur Pentode solange, bis bei beiden Röhren die Spannungskurve in Abhängigkeit von der Frequenz gleich aussieht. Ist dies der Fall, dann muß natürlich zum Schluß die Pentode genau so klingen wie eine Triode; denn beide geben ja an den Lautsprecher bei den gleichen Frequenzen die gleichen Spannungen ab. Das Kompromiß zwischen der Verstärkung in Abhängigkeit von der Frequenz und dem gewünschten Kurvenausgleich ist dann verhältnismäßig einfach zu finden.

Das Parallelglied besteht aus einem Widerstand von 20 000 Ohm und einem Kondensator von 5000 cm, der also für niedrige Frequenzen einen sehr hohen Widerstand darstellt. Bei den hohen Frequenzen wirkt sich das Parallelglied voll aus; denn bei einer Frequenz von 5000 Hz stellt ein Kondensator von 5000 cm nur einen Widerstand von 6000 Ohm dar, während derselbe für die Frequenz von 100 Hz bereits 300 000 Ohm beträgt. Die Bässe werden also praktisch unverändert verstärkt, die hohen Frequenzen aber erheblich geschwächt.

18. Die Dynamik-Entzerrung.

Beim Rundfunk und der Schallplattenaufnahme werden die dynamischen Unterschiede zwischen Pianissimo und Fortissimo etwa auf das Verhältnis 1 : 80 zusammengedrängt. In Wirklichkeit aber sind sie sehr viel größer, so daß auch die beste elektrische Wiedergabe niemals ganz originaltreu klingen kann. Tabelle 26*) gibt die Dynamik verschiedener

*) Aus dem Buch: *Mikrophone.* Von Otto Kappelmayer. Mit 103 Abbildungen und 10 Tabellen. Preis: Kart. 3,— RM., Leinen 4,20 RM.

Instrumente und Instrumentengruppen an, die bei Originalmusik in Betracht kommt. Daraus sieht man, wie stark die Kontraste bei jeder elektrischen Uebertragung eingeengt werden müssen.

Tabelle 26.

Art der Darbietung	Pmax μB	Pmin μB	Dynamik $\frac{P_{max}}{P_{min}}$	Dynamik $\frac{I_{max}}{I_{min}}$
Kontrabaß (6 m)	4,8	0,04	120	14,400
Cello, Konzert op. 33 v. Saint-Saëns (3 m)	4,3	0,05	84	7,056
Orgel (25 m)	21	0,3	70	4,900
Xylophon (25 m)	1,2	0,06	20	400
Cembalo (4 m)	1,8	0,06	30	900
Klaviervorträge (3 m)	26	0,2	130	16,900
Klaviervorträge namhafter Künstler (7 m)	16,8	0,10	168	28,224
Streichquartett (2,5 m)	16,8	0,12	140	19,600
Lieder (Sopran 1 m, Flügel 6 m)	25,4	0,08	212	44,944
Lieder (Alt und Sopran je 4 m, Cembalo 3 m)	24,2	0,12	182	33,124
Männerchor 38 Mann	6,8	0,15	45	2,025
Domchor, 10 Mann, 28 Knaben	23	0,1	230	52,900
Tanzkapelle A, 9 Spieler	26	0,2	130	16,900
Tanzkapelle B, 14 Spieler	38	0,8	48	2,304
Unterhaltungsmusik, Orchester A, (6 Spieler)	10,4	0,15	70	4,900
Unterhaltungsmusik, Orchester B, (21 Spieler)	20	0,08	250	62,500
Mandolinenorchester (40 Spieler)	9,1	0,08	114	12,996
Kl. Orchester A, Brandenburg. Konzert von J. S. Bach (7 Spieler)	18,7	0,05	374	139,876
Blasorchester (25 Spieler)	44,2	0,13	340	115,600
Gr. Orchester C. Symphonie (130 Spieler)	58	0,4	145	21,025
4 Chöre (250 Sänger), 5 Solisten und großes Orchester (110 Mann)	150	0,5	300	90,000

Spalte I größter Schalldruck (P max) in μB (Mikrobar). Spalte II kleinster Schalldruck (P min). Spalte III Verhältnis vom größten zum kleinsten Schalldruck. Spalte IV Schallstärkeverhältnis. (Entspricht dem Quadrat von Spalte III).

Der Gedanke, die Dynamik bei der Sendung zu verkleinern und bei der Wiedergabe entsprechend zu vergrößern, führte bereits 1933 zu einem Verstärker, der amplitudenabhängig arbeitet. Dr.-Ing. W. Nestel hat speziell für Kurzwellen-Uebertragungen solche Verstärker im Rundfunk eingeführt, die je nach ihrem Arbeitspunkt als Expander (Ausdehner) oder Kompressor (Zusammendrücker) der Dynamik Verwendung finden. Der Gedanke ist ganz ähnlich demjenigen beim Schwund-

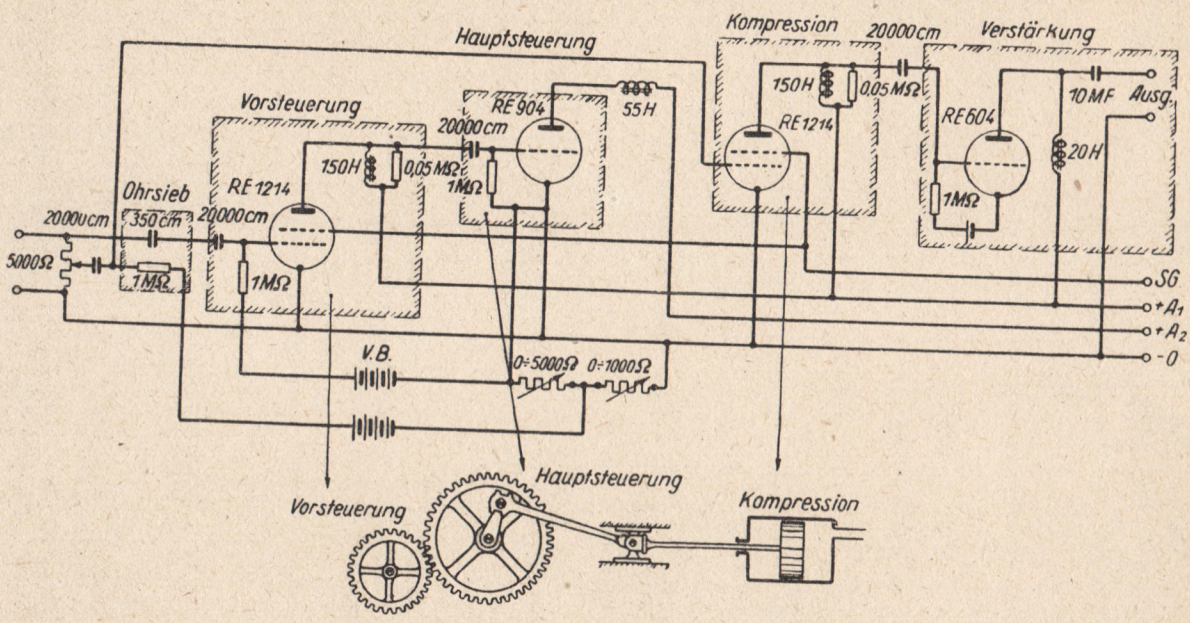


Abb. 134. Dynamik-entzerrter Verstärker mit Vorsteuerung und elektrischem Ohrsieb.

ausgleich: Die Gittervorspannung wird durch die Größe der Amplitude gesteuert, die ihrerseits ein genaues Abbild der Dynamik des Musikstückes ist. Abb. 134 zeigt mit allen Einzelheiten einen amplitudenabhängigen Verstärker.

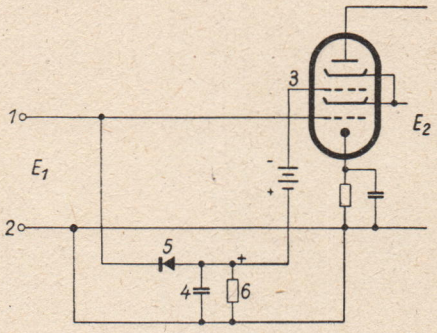


Abb. 135.
Grundsätzliche Schaltung der Dynamik-Entzerrung am Empfänger.

Die Dynamik-Erweiterung auf der Empfängerseite kann prinzipiell nach der Schaltung Abbildung 135 geschehen, wobei als Steuerorgan entweder eine Regelpentode oder irgendeine andere Vielgitterröhre verwendet wird. Die Dynamik-Entzerrung bringt gegenüber dem Schwundausgleich eine grundsätzliche Schwierigkeit mit sich: Die Einschwingzeitkonstante — die im wesentlichen gegeben ist durch den Ladekondensator 4 und den inneren Widerstand der Gleichrichterstrecke 5 in Durchlaßrichtung — darf höchstens 50 bis 100 ms betragen. Für die Ausschwingzeit ist der Ladekondensator 4 und der Belastungswiderstand 6 der Gleichrichterstrecke maßgeblich. Das Optimum liegt für die Ausschwingvorgänge bei 200 bis 500 ms. Eine zu kleine Zeitkonstante muß vermieden werden, damit sich der Störpegel nicht zu stark bemerkbar macht; eine zu große Zeitkonstante darf nicht gewählt werden, damit das System nicht zu träge wird. Wenn man also Versuche mit Dynamik-Entzerrungs-Schaltungen macht, ist streng auf die Einhaltung der Grenzbedingungen für Ein- und Ausschwingvorgänge zu achten, die eine größere Entzerrung als etwa 1 : 5 verbieten. Der Regelvorgang selbst darf für das Ohr nicht bemerkbar werden, sondern nur die Regelwirkung.

Da aber das Ohr eine logarithmische Kennlinie für Lautstärken hat, muß sich die Regelkurve in einem logarithmischen Koordinatensystem als gerade Linie abbilden. Daß diese Forderung in Wirklichkeit nicht ganz einfach zu erfüllen ist, dürfte der Hauptgrund dafür sein, weshalb dynamikentzerrte Verstärker bisher in der Empfängertechnik wenig

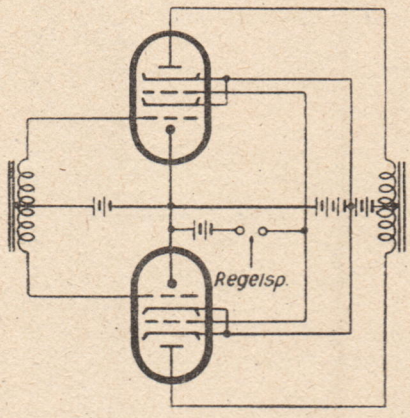


Abb. 136. Gegentaktschaltung für Dynamik-Entzerrung.

Eingang gefunden haben. Wenn man sehr kleine Einschwingzeiten für die Kompensation verwendet, muß für Beseitigung der auftretenden Gleichstromstöße in den Verstärkerröhren gesorgt werden, weshalb eine Brücken- oder Gegentaktschaltung (Telefunken) nach Abb. 136 zweckmäßig erscheint.

* * *

Der Bastler wird sich aus diesen Gründen nur selten mit dem Problem beschäftigen, dynamikentzerrte Verstärker zu bauen. Wir zeigen deshalb eine ganz einfache Schaltung mit ein paar Glühlämpchen, die unter dem Namen „Crossley - auto - Expressionator" in Amerika große Verbreitung gefunden hat. Abb. 137 zeigt das Prinzip der Anordnung: Zwischen Ausgangstransformator und Sprechspule des Lautsprechers liegt eine Brückenschaltung. Die beiden Zweige W 1 und W 2 bestehen aus kleinen Widerständen von etwa 1 Ohm — und die Zweige L 1 und L 2 aus Taschenlampen-Glühbirnen. Die Schalter S 1 bis S 4 sind

in einem einzigen Schalter vereinigt. Bei Linksstellung sind S 1 und S 2 geschlossen, S 3 und S 4 geöffnet, so daß die Brücke eingeschaltet ist. Bei Rechtsstellung hingegen ist es genau umgekehrt. Man kann also bei Linksstellung mit Entzerrer und bei Rechtsstellung in gewöhnlicher Schaltung hören, so daß man die Wirkung des Entzerrers während des Spiels ausprobieren kann.

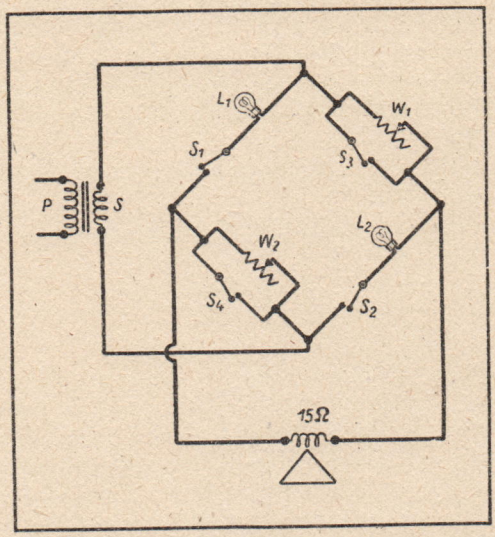


Abb. 137.
Prinzip einer Dynamik-Entzerrung mit Glühlämpchen.

Da die Ausgangsleistung des Empfängers praktisch fast nie ausgenutzt wird, kann man ganz gut einen Teil derselben zur Dynamikentzerrung verwenden. Wir drehen die Verstärkung weiter auf und vernichten zunächst einen Teil der Sprechleistung in den Glühlampen L 1 und L 2, die schwach aufleuchten werden. Da der Widerstand der Glühlampen in kaltem Zustande sehr klein ist (bei Taschenlampenbirnen 23 Ohm), aber um so größer wird, je höher die Temperatur des Fadens steigt, so sind diese beiden Zweige der Brücke naturgemäß stromabhängig. Die Stromstärke aber ist ihrerseits wieder von der Dynamik der Musik abhängig. Steigt eine musikalische Linie aus dem Pianissimo zu einem immer stärker werdenden Forte und schließlich zum Fortissimo auf, dann

wächst die Stromstärke im Ausgangstransformator in einem festen Verhältnis zur dynamischen Linie. Die Lampen bekommen bei wachsendem Stärkegrad der Musik immer mehr Strom. Da aber ihr Widerstand dadurch immer größer wird, so wird das Gleichgewicht in der Brücke immer mehr gestört. Es wird also zusätzlicher Strom durch den Lautsprecher gepreßt, so daß dieser noch lauter spielt. Da der Widerstand einer Taschenlampenbirne mit 3,5 Volt und 0,15 Ampere in kaltem Zustand 23 Ohm beträgt — bei höchstem Stromfluß aber rund 100 Ohm —, so kann man mit dieser interessanten Anordnung den Bereich zwischen Pianissimo und Fortissimo der Musik in seinem Empfänger im Verhältnis 1 : 4 ausweiten.

Die Voltzahl der Glühlampen errechnet sich nach der Formel: $0{,}94\sqrt{W \cdot Rs}$.

Die Amperezahl wird nach der Formel ausgerechnet:

$$\frac{1}{7}\sqrt{\frac{Rs}{W}}$$

Der Festwiderstand eines Armes errechnet sich zu 0,23 Rs.

In diesen Formeln bedeuten: W die Sprechleistung in Watt, Rs den Scheinwiderstand der Lautsprecherspule in Ohm, der bei den gewöhnlichen Einbau-Lautsprechern 3—8 Ohm beträgt. Die Sprechleistung älterer Empfänger kann man im Mittel mit 3,5 Watt annehmen, bei der AL 4 als Endröhre mit 4,5 Watt, bei Gegentaktschaltung von zwei AD 1 kann man 7 bis 10 Watt einsetzen. Für gewöhnlich gilt also die oberste Spalte der Tabelle 27, und zwar die zweite senkrechte Rubrik, so daß normalerweise die Festwiderstände 0,8 Ohm sind und als Glühlampen die gewöhnlichen Taschenlampenbirnchen von 3,5 Volt 0,15 Ampere in Betracht kommen. Die übrigen Spalten der Tabelle gelten für Sonderfälle und dienen nur als Beispiel dafür, wie man sich mit den marktgängigen Kleinglühlampen durch Parallel- oder Hintereinanderschaltung behelfen kann.

Noch interessanter wirkt die Anordnung, wenn man nach Abb. 138 an Stelle der Festwiderstände temperaturabhängige Widerstände einsetzt, deren Regelkurve umgekehrt wie die der Metallfadenlampen verläuft. Solche Widerstände sind Kohlenfadenlampen. Wir haben die Versuche mit den Osram-Plattenschrank-Glühlampen durchgeführt, die für die Fernsprechtechnik gebaut werden. Diese Kleinlampen verbrauchen

bei 4 Volt Spannung etwa 0,25 Ampere Strom. Ihr Widerstand sinkt bei Strombelastung auf etwa 60% ab. Wir bauen also an Stelle der beiden Festwiderstände R 1 solche Kohlefadenlämpchen ein und erhalten dann die Schaltung, wie sie Abb. 138 zeigt. R 1 sind zwei Kohlefadenlämpchen von etwa 4 Volt 0,25 Ampere, R 2 die beiden gewöhnlichen Taschenlampenbirnchen. Das Ergebnis dieser Brückenschaltung ist noch besser als bisher; denn nun unterstützen die Lämpchen R 1 die kontrastverstärkende Wirkung der beiden Glühlämpchen R 2.

Tabelle 27.

Ausgangsleistung in Watt	Scheinwiderstand in Ohm der Lautsprecher-Sprechspule			
	2 Ohm	3½ Ohm	7½ Ohm	15 Ohm
	R_1=0,46 Ohm	R_1=0,8 Ohm	R_1=1,7 Ohm	R_1=2,4 Ohm
3½ Watt	2,5 V – 0,2 A	3,5 V – 0,15 A	—	2×HV –
7 Watt	3,5 V – 0,3 A	2×2,5 V – 0,2 A in Reihe	2×3,5 V – 0,15 A in Reihe	—
12 Watt	4,5 V – 0,3 A	6,2 V – 0,3 A	8 V – 0,2 A	3×3,5 V – 0,15 A in Reihe
30 Watt	2×7,3 V – 0,3 A parallel	2×8 V – 0,2 A parallel	2×6,2 V – 0,3 A in Reihe	8×2,5 V – 0,2 A in Reihe

Unsere Versuche mit der Dynamik-Entzerrung haben gezeigt, daß das Kernproblem die Regelcharakteristik und die Regelzeit ist. Man darf im Höchstfalle ein Drittel der Sprechleistung für den Regelvorgang ausnutzen, sonst werden die Einsatz- und Abklingzeiten des Regelvorgangs hörbar. Wahrscheinlich kann man mit höhervoltigen Glühlampen noch bessere Erfolge erzielen; diese Versuche aber erfordern schon einen größeren Aufwand. Man braucht dazu einen Transformator, der auf höhere Lautsprecherspannungen transformiert, als sie normalerweise bei den niederohmigen Sprechspulen

vorhanden sind. Der Amateur, der auf Grund der hier gegebenen Vorschläge eigene Versuche durchführt, kann in dieser Richtung weiterbauen. Das Problem der Dynamik-Entzer-

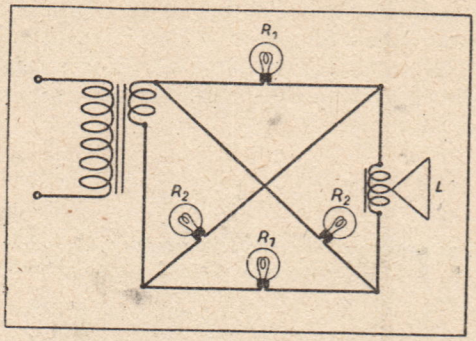


Abb. 138. Dynamik-Entzerrung mit Kohlefaden- und Metallfaden-Glühlämpchen.

rung ist noch zu sehr in Fluß, als daß man jetzt schon endgültige Lösungen vorschlagen könnte. Die Versuche haben jedoch gezeigt, daß bei großer Orchestermusik die Dynamik-Entzerrung tatsächlich eine erhebliche Steigerung der Qualität der Wiedergabe mit sich bringt.

KAPITEL VIII.

Lautsprecher.

Das Urbild des Lautsprechers ist der Kopfhörer. Er besteht aus einem hufeisenförmigen Dauermagnet mit zwei angebogenen Weicheisen-Polschuhen, auf denen zwei Spulen sitzen, einer Stahlblechmembran, der Hörmuschel und einigen Anschluß- und Montageteilen.

Die wichtigsten Teile, die wir bei jedem Lautsprecher finden, sind: Ein Magnet mit Weicheisen-Polschuh, Erregerspule, eine Membran mit Spannring, Befestigungsringe und eine Dose. Diese Teile bezeichnet man kurz als das Antriebssystem des Lautsprechers.

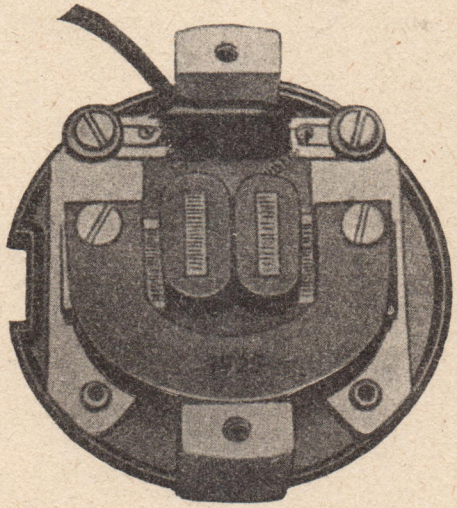


Abb. 139. Das Kopfhörer-System.

Setzen wir auf die Membran einen kleinen Metallstift mit einem Papptrichter, ist der einfachste Lautsprecher fertig. Man vergrößert mit der Membran die Schallstrahlfläche und sagt: Die Kopplung zur Luft ist verstärkt worden. Der Lautsprecher-Konus heißt in der Marktsprache „Membran" und hat sich heute allgemein als Schallabstrahlsystem durchgesetzt.

Die Schallabstrahlfläche der billigen Lautsprecher wird über ein Hebelwerk durch den Anker angetrieben, welcher vor den entsprechend geschliffenen Magnetpolen hin und her schwingt. Eine Hebelübersetzung dient dazu, die winzigen Bewegungen des Ankers zu vergrößern, damit der Konus überhaupt nennenswerte Ausschläge macht. Wenn diese kolbenförmigen Bewegungen trotzdem kaum einen Millimeter betragen, so reicht dies doch schon aus, um die Luft abzustoßen und anzusaugen, also Luftverdünnungen und Luftverdichtungen in der Umgebung des Lautsprechers hervorzurufen, die wir als Schall hören.

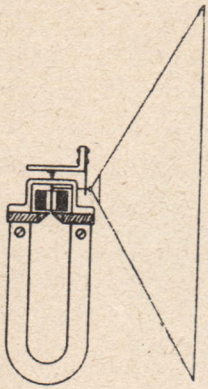


Abb. 140. Freischwingersystem im Schnitt.

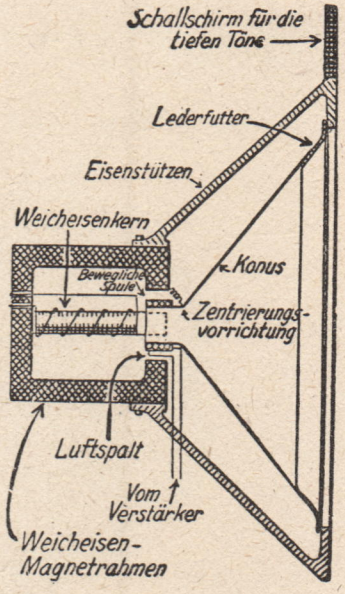


Abb. 141. Elektro-dynamisches Antriebssystem.

Ein grundsätzlicher Nachteil aller älteren Lautsprechersysteme war der, daß der Anker in einem Abstand von wenigen Zehnteln Millimetern zwischen den Polschuhen der Dauermagneten lag. Machte er sehr große Bewegungen, dann stieß er leicht an die Polschuhspitzen an — oder schwang aus dem homogenen Feld heraus.

Das Freischwingerprinzip vermeidet diese Nachteile. Abbildung 140 zeigt im Schnitt den Aufbau des Systems. Die Polschuhe wurden besonders angeschliffen und das Ankerblättchen soweit verkürzt, daß es gerade dicht vor den Polschuhen, aber nicht mehr zwischen ihnen liegt. Ein solches System erfordert selbstverständlich einen sehr präzisen Aufbau und eine Schleifarbeit, die mit optischer Genauigkeit erfolgen muß. Das Freischwingerprinzip löst in besonders guter Art die Aufgabe, einen magnetischen Lautsprecher zu bauen, der schon bei kleinster Sprechleistung gute Lautstärken gibt. Man spricht deshalb von einem hohen Wirkungsgrad des Freischwingers.

Für größere Sprechleistungen als 1 bis 2 Watt kommt der Freischwinger nicht in Betracht. Hier beherrscht der dynamische Lautsprecher allein das Feld. Er heißt auch Tauchspulen-Lautsprecher und ist im Prinzip nach Abb. 141 aufgebaut.

Hängt man eine leichte Spule aus feinem Draht, die vom Sprechstrom durchflossen wird, in ein starkes Magnetfeld, so vollführt sie mechanische Bewegungen, und zwar genau dem Rhythmus und der Stärke des Wechselstromes entsprechend. Man nennt dieses Prinzip „dynamische Arbeitsweise", daher der Name dynamische Lautsprecher. Seine Hauptbestandteile sind eine leichte vieldrähtige Spule und ein starkes Magnetfeld. Die Spule hängt direkt an der Schallabstrahlfläche, dem Konus. Es ist daher sehr wichtig, daß man Konus- und Sprechspule zusammen so leicht wie möglich macht. Der Konus arbeitet von oben nach unten. Damit er nach jedem Bewegungsimpuls sofort wieder in seine Ruhelage zurückkehrt, ist er federnd im Tragkörper aufgehängt. Um seitliche Schwingungen zu verhindern, ist er unten durch die Zentrierungsspinne gefaßt. Die Sprechspule besteht aus etwa hundert Windungen 0,1 bis 0,2 mm Draht und muß äußerst präzise aufgebaut sein. Der Luftraum im ringförmigen Magnetspalt ist sehr klein. Man arbeitet gewöhnlich mit einem Spalt von 1,1 mm Breite, so daß also die Sprechspule mit dem Konus zusammen nur ein paar Zehntelmillimeter Luft im Spalt hat. Das Feld wird durch den Magnettopf erzeugt, der aus kräftigem Stahlblech besteht. In der Mitte ist ein runder Kern, der fest eingeschmiedet ist. Er hat einen Durchmesser von 10—20 mm und bildet gleichzeitig Magnetmasse und Polschuh. Der Topf enthält die Feldspule, die durch den zugeführten Gleichstrom aus dem Eisenblechtopf einen Magnet macht, dessen Hauptkraft um den Kopf des Kernes herum konzen-

triert ist, also im Magnetspalt. Die Feldspule kann für alle gewünschten Erregerspannungen von 6 bis 300 Volt gewickelt werden. Es kommt nur darauf an, daß sie eine Gleichstromleistung von 6 bis 10 Watt aufnehmen kann, damit der Blechtopf zu einem starken Magneten wird. Bei 6 Volt braucht man ungefähr 1 Ampere Strom, bei 200 Volt dagegen nur 30 bis 50 Milliampere. Je nach der Größe des Lautsprechers ist natürlich die Erregerleistung verschieden, aber für den Heimlautsprecher kann man mit 6 bis 10 Watt rechnen.

Die Bereitstellung der Erregerleistung macht beim Netzempfänger keine Schwierigkeiten, da der Netzgleichrichter nur etwas größer dimensioniert wird, und die Feldspule des Lautsprechers gleichzeitig als Drossel zur Glättung verwendet werden kann. Beim Batterieempfänger hingegen und beim Kofferapparat, natürlich auch beim Autoempfänger, kann der erforderliche Gleichstrom nicht oder nicht wirtschaftlich genug zur Verfügung gestellt werden.

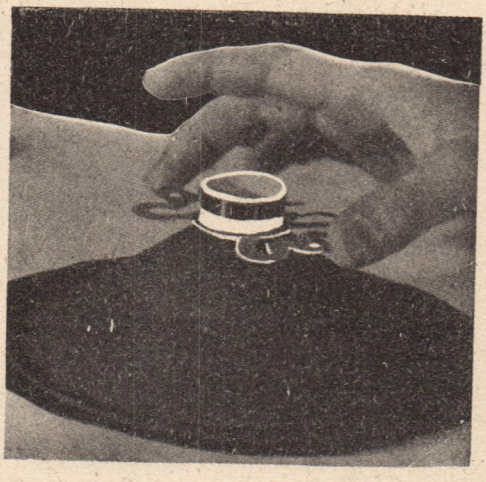


Abb. 142. Neue Konusformen und besonders starke Zentrierspinnen für Außenzentrierung führen zu einer erheblichen Steigerung der Verzerrungsfreiheit des dynamischen Lautsprechers.

In diesen Fällen kommt der **permanent-dynamische** — Dauermagnet- oder Stahlmagnet-Lautsprecher in Betracht. Er ist heute der erfolgreichste Konkurrent des elektro-dynamischen Lautsprechers und wird diesen in Zukunft immer mehr verdrängen; denn beim Stahlmagnet-Lautsprecher kann

man mit einer unbegrenzten Lebensdauer rechnen, während der elektro-dynamische Einbau-Lautsprecher alle drei bis fünf Jahre untersucht werden muß, da bei ihm die Stromwärme der Erregerspule zu verschiedenen Alterungserscheinungen Anlaß gibt.

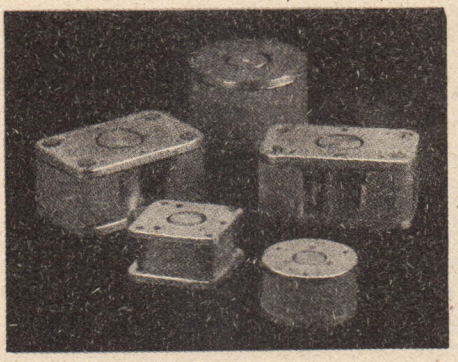


Abb. 143.
Verschiedene Formen von Lautsprechermagneten aus Oerstit-Stahl.

Der Grund, warum der Stahlmagnet-Lautsprecher jetzt eine so dominierende Rolle zu spielen beginnt — sich aber früher nicht durchsetzen konnte — ist folgender:

Gute Edelstähle mit hoher Magnetkraft waren noch vor zehn Jahren sehr teuer. Erst die Erfindung der „Dreistoff-Legierungen" — zum Beispiel Eisen-Nickel-Aluminium — vor einigen Jahren brachte eine völlige Wendung. Das größte Verdienst in Deutschland haben auf diesem Gebiet die Deutschen Edelstahlwerke, Krefeld, deren **„Oerstit-Magnete"** (der Name stammt von dem dänischen Forscher Oersted, der 1819 die elektro-magnetische Kraft entdeckt hat) in fast allen deutschen Stahlmagnet-Lautsprechern zu finden sind. Alle ganz großen Uebertragungsanlagen für 20, 50 und 100 Watt Sprechleistung werden heute mit Stahlmagnet-Lautsprechern ausgerüstet. AFC 353, „G. Pm. 342", „G. Pm. 366" und „G. Pm. 377" sind Stahlmagnet-Lautsprecher. Abbildung 143 zeigt eine Anzahl Stahlmagnetformen für permanent-dynamische Lautsprecher aus der neueren Zeit. Abb. 144 zeigt oben den fremderregten dynamischen Lautsprecher, darunter den Lautsprecher mit Oerstit-Magnet. Die neuesten Forschungen der Edelstahlwerke führten zu gepreßten Edelstählen,

denen man den Namen Tromalit gegeben hat. Der Stahlmagnet-Lautsprecher tritt jetzt auch preislich in erfolgreichen Wettbewerb mit dem älteren fremderregten dynamischen Lautsprecher. Schon heute bauen viele Firmen auch in Wechselstrom-Netzempfänger Stahlmagnet-Lautsprecher wegen ihrer Brummfreiheit und großen Lebensdauer ein, während bei den Allstromgeräten der Stahlmagnet-Lautsprecher ebenso eine Selbstverständlichkeit ist wie beim Batterie- und

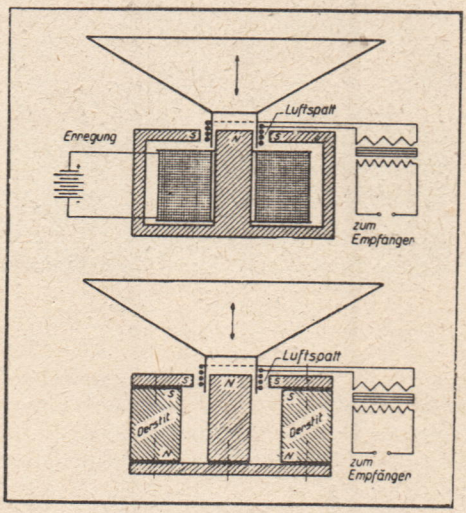


Abb. 144. Fremderregte dynamische Lautsprecher (oben) im Vergleich zum Stahlmagnet-Lautsprecher (unten).

Reiseempfänger. Wer einen zweiten Lautsprecher für seine Anlage einsetzen will, muß unbedingt den Stahlmagnet-Lautsprecher wählen. Für Anlagen mit besonders hoher Betriebssicherheit — wie zum Beispiel Gemeinschaftsanlagen in Betrieben und Schulen — konnte der Dauermagnet-Lautsprecher die unbeschränkte Herrschaft erobern.

Einfache Fern-Einschaltung von Empfängern.

Bei Wechselstrom.

Bei Wechselstrom kann man sich für die Ferneinschaltung des Empfängers der Wechselschaltung bedienen. Zu diesem Zweck wird der Anschlußstecker der Netzanschlußleitung

des Empfängers entfernt, und die beiden Anschlußdrähte werden über Verlängerungsdrähte jeweils mit den beiden Wechselschaltern verbunden, von denen der eine unmittelbar beim Empfänger, der andere dort angebracht wird, wo der zweite Lautsprecher hängt. Die beiden Wechselschalter werden an je eine Lichtsteckdose angeschlossen.

Bei Gleichstrom.

Am Gleichstromnetz kann ebenfalls die Wechselschaltung angewendet werden. Nur ist darauf zu achten, daß der Anschluß der Wechselschalter an die Lichtsteckdosen jeweils mit der richtigen Polung erfolgt, damit der Empfänger von beiden Schaltstellen aus richtig bedient werden kann.

Batterieempfänger.

Für Batterieempfänger empfiehlt es sich, eine Wechselschaltung einzuführen und mit dieser den Heizstromkreis am Akkumulator zu unterbrechen oder einzuschalten. Zu diesem Zweck führt man von der einen Klemme des Akkumulators und der entsprechenden Anschlußklemme des Empfängers eine doppelpolige Leitung zu dem Wechselschaltungssystem. Der eine Wechselschalter wird in der Nähe des Empfängers, der andere dort angebracht, wo sich der zweite Lautsprecher befindet. Selbstverständlich müssen alle Leitungen einen genügend großen Drahtquerschnitt besitzen, damit in dem Leitungssystem kein allzu großer Spannungsabfall eintritt. Eine ähnliche Schaltung läßt sich auch bei der Verwendung von Netzanoden benutzen. Hier muß man nur außer dem Heizstrom noch den Betriebsstrom für die Netzanode durch ein zweites Wechselschaltungssystem ein- und ausschalten.

Auf die sog. Relaisschaltungen soll hier nicht näher eingegangen werden, da Relais für den Bastler schon eine beträchtliche Ausgabe darstellen.

Der richtige Anschluß des zweiten Lautsprechers.

Das Schaltbild 145 zeigt links die Montage eines vom Empfänger ziemlich weit entfernten zweiten Lautsprechers mit Fremderregung. Man sieht, daß vier Leitungen notwendig sind, wobei die Erregerleitungen eine richtige Starkstrom-Installation verlangen, da ja etwa 10 Watt Leistung bei 220 Volt Spannung vorhanden sind. Als zweiten Lautsprecher soll man deshalb nur einen solchen mit Edelstahlmagnet ver-

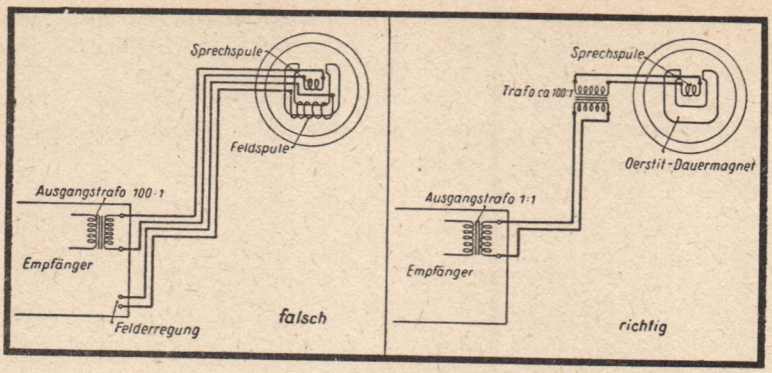


Abb. 145. Warum der zweite Lautsprecher ein Edelstahlmagnet-Typ sein muß. Erklärung im Text.

wenden, da dabei die Leitungsführung außerordentlich vereinfacht und gleichzeitig eine besonders brummfreie Wiedergabe erzielt wird. In der gesamten Uebertragungstechnik verwendet man aus diesem Grunde heute nur noch Edelstahl-Magnet-Lautsprecher.

Ein Vergleich der beiden Abbildungen zeigt aber noch eine andere interessante Sache: Links ist die Sprechspule (niederohmig!) direkt über die lange Zuleitung mit dem Abwärtstransformator im Apparat verbunden. Da der Gleichstromwiderstand der Sprechspule ungefähr 3 Ohm beträgt, aber eine 10 m lange Leitung mindestens den gleichen Widerstand hat, so geht enorm viel Energie verloren. Richtig wäre es also, im Apparat einen Ausgangstransformator mit 200 Ohm Abschlußwiderstand einzubauen, dann eine normale Sprechleitung zum zweiten Lautsprecher zu ziehen und diesem wieder einen Uebertrager zuzuordnen, der von 200 Ohm auf den niedrigen Sprechspulenwiderstand anpaßt (Abb. rechts). Dann können die Zwischenleitungen ganz einfach und billig und beliebig lang gemacht werden.

Zwei Lautsprecher an einem Apparat.

Wer zum erstenmal mit zwei Lautsprechern experimentiert, wird vor allerhand Probleme gestellt, die ihm Sorgen machen. Wenn man alles so zur Hand hätte, was man zum Experimentieren gebraucht, wäre die Sache ja meist sehr einfach. Aber gewöhnlich muß man sich mit Hilfsmitteln ab-

plagen, die man mühevoll so „hinbiegt", daß sie ungefähr passen. In unserer Abb. 145 a hat der Ausgang des Verstärkers oder Empfängers 50 Ohm. Wenn wir genau anpassen wollen, muß der Außenwiderstand (Lautsprecher) ebenfalls 50 Ohm haben. (Es handelt sich hier stets um den soge-

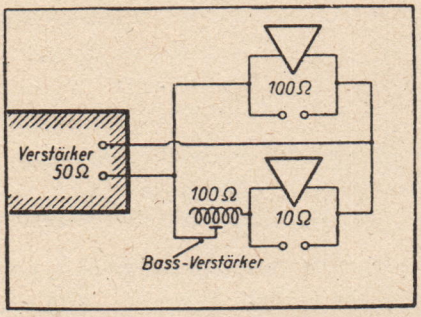


Abb. 145 a.
Anschaltung von zwei Lautsprechern mit verschiedener Tonlage.

nannten Scheinwiderstand!) Sollen beide Lautsprecher gleich laut spielen, dann ist die Anpassung für jeden einzelnen mit 100 Ohm zu wählen, wenn beide parallel liegen, und 25 Ohm bei Hintereinanderschaltung. Hat nun aber zufällig der eine Lautsprecher 10 Ohm Widerstand, dann kann man sich helfen, indem man einen 100-Ohm-Dreh- oder -Schiebewiderstand damit hintereinander schaltet. Das Gebilde entspricht dann schaltungstechnisch unserer Zeichnung. Wenn nun der Schiebewiderstand auf verschiedene Werte eingestellt wird, dann erreicht man damit eine regelbare Lautstärke-Verteilung. Ist nämlich der Widerstand ausgeschaltet, dann geht über den unteren Lautsprecher zehnmal soviel Sprechenergie wie über den oberen, da sich ja in jeder Stromverzweigung die Teilströme umgekehrt wie die Widerstände verhalten. Der untere Lautsprecher wird also sehr laut spielen, der obere leise. Stellt man jetzt mehr Vorschaltwiderstand ein, dann sinkt die Lautstärke im unteren Lautsprecher immer mehr — und die des oberen nimmt zu. Ist der ganze Widerstand eingeschaltet, dann spielen beide Lautsprecher etwa gleich laut.

Tonfärbung durch einen zweiten Lautsprecher.

Der obere Lautsprecher (Abb. 145 a) sei höher abgestimmt als der untere. Der untere wirke als Baßlautsprecher. Dann

kann man den Schiebewiderstand gleichzeitig als Klangregler verwenden. Will man mehr Bässe geben, so schiebt man mehr nach rechts, wodurch die Energie, die dem unteren Lautsprecher zugeführt wird, wächst. Diese einfache Einrichtung wirkt also als Klangblende. Je nach dem Musikstück kann man die Baßwirkung so einregulieren, wie sie gewünscht wird.

Aus diesem interessanten Versuch kann man eine allgemeine Regel ableiten: Hat man zwei oder mehrere Lautsprecher, die verschieden laut spielen sollen, so ist die Anpassung nach folgender einfachen Formel auszurechnen:

Ausgangsleistung mal Ausgangsimpedanz des Verstärkers dividiert durch die dem Lautsprecher zuzuführende Sprechleistung ergibt die Anpassungsimpedanz des Lautsprechers.

Ein Beispiel für die Lösung: Die Leistung des Empfängers sei 3 Watt, der Ausgangswiderstand 500 Ohm. Ein Lautsprecher soll 1 Watt bekommen, der andere 2 Watt. Die Ausrechnung der Formel ergibt für den 1-Watt-Lautsprecher eine Anpassung von 1500 Ohm, für den 2-Watt-Lautsprecher eine Anpassung von 750 Ohm.

Da sowieso jeder Lautsprecher einen Anpassungsübertrager mit verschiedenen Abgriffen auf der Primärseite (die Sekundärseite ist immer auf den Sprechspulenwiderstand angepaßt) enthält, braucht man nur den Rechnungswert am nächsten kommenden Abgriff am Transformator anzuschließen. Wenn der Abgriff nicht genau dem Rechnungswert entspricht, wählt man den nächst höheren.

Warum darf man den Lautsprecher im Betrieb nicht abschalten?

In der Bedienungsanweisung jedes Radioempfängers steht, daß man den Lautsprecher nicht abschalten darf, solange der Empfänger in Betrieb ist, wenn als Endröhre eine Pentode verwendet wird. Gewiß gibt es einzelne Empfänger, die eine Schutzvorrichtung enthalten gegen das Abschalten des Lautsprechers während des Betriebes. Aber nicht immer ist dieser Schutz für die Endröhre vorhanden. Daher ist es gut, wenn man die Gründe kennt, warum man den Lautsprecher nicht während des Betriebes abschalten soll.

Eine Fünfpolröhre — im Handel Pentode genannt — hat einen Heizfaden, drei Gitter und eine Anode, im ganzen also fünf Elektroden. Sie ist gewöhnlich so gebaut, daß die Ano-

denspannung beträchtlich größer gewählt werden muß als die Schutzgitterspannung. Wenn man nun durch das Abschalten

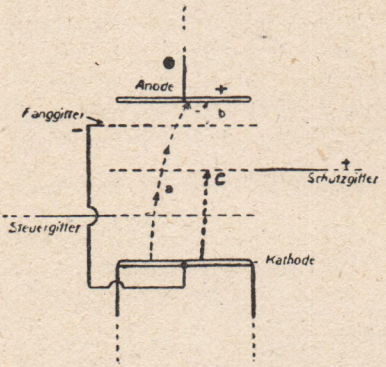


Abb. 146. Elektrobahnen in einer Pentode.

des Lautsprechers während des Betriebes die Anode stromlos macht, dann hat das Schutzgitter die höchste Spannung in der Röhre. Der gesamte Elektronenstrom landet also auf dem Schutzgitter, während im normalen Betrieb der Hauptanodenstrom durch Schutzgitter und Fanggitter hindurch auf die Anode kommen muß. Das Schutzgitter aber ist nicht darauf eingerichtet, diesen plötzlich auftretenden hohen Strom aufzunehmen, so daß das einfache Abtrennen des Lautsprechers vom Empfänger während des Betriebes dazu führen kann, daß die Röhre zerstört wird. Abbildung 146 zeigt, wie die von der Kathode zur Anode fliegenden Elektronen durch das Fanggitter daran gehindert werden, senkrecht auf die Anode aufzuschlagen und so eine sogenannte „Sekundär-Emission" hervorzurufen, welche die Röhre allmählich zerstören könnte. Die Bahn der Elektronen wird durch das Fanggitter schräg gestellt, so daß die Anode wirksam vor dem allzu starken Aufprall der Elektronen beschützt wird. Denkt man aber die Anode fort, was tatsächlich der Fall ist, wenn der Anodenkreis geöffnet wird, dann prallen die Elektronen senkrecht auf das Schutzgitter auf, wie dies bei c in der Abbildung dargestellt ist — und können so zur Zerstörung desselben führen. Das Fanggitter über dem Schutzgitter hat ja praktisch bei abgeschalteter Anode keine Bedeutung, weil es die gleiche Spannung führt wie der Heizfaden.

Die richtige Lautsprecherpolung.

Der zweite Lautsprecher gewinnt bei den Hörern immer mehr an Interesse. Die vorzügliche raumakustische Wirkung, die man beim Spielen mit zwei Lautsprechern erzielen kann, veranlaßt viele, ihre Empfänger mit zwei Lautsprechern zu betreiben. Dabei macht man aber manchmal die Erfahrung, daß die gewünschte Wirkung nicht in dem Umfang eintritt, wie dies eigentlich sein sollte. Wir wollen annehmen, daß

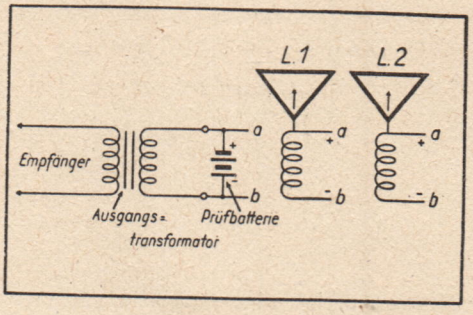


Abb. 147. Prüfung der Lautsprecher-„Polung".

man sich bezüglich der Anpassung nicht geirrt hat: Der Anpassungstransformator, den ja auch der zweite Lautsprecher enthält, muß für die betreffende Endröhre geschaltet sein. Dann kann die Möglichkeit bestehen, daß der zweite Lautsprecher falsch gepolt ist. Die Schwingspule mit dem daran hängenden Konus muß natürlich gleichsinnig mit derjenigen des ersten Lautsprechers, der im Gerät eingebaut ist, arbeiten: Wenn sich der eine Konus nach oben bewegt, soll im gleichen Zeitmoment auch der des zweiten Lautsprechers nach oben gehen. Um dies nachzuprüfen, brauchen wir bloß eine gewöhnliche Taschenlampenbatterie in der gezeichneten Weise anzuschalten und zu beobachten, nach welcher Richtung sich der Konus bewegt, wenn wir zum Beispiel den Minuspol fest an die eine und den Pluspol beweglich an die andere Klemme der Sprechspule schalten. Der Transformator braucht dazu sekundär nur einpolig abgelötet zu werden. Der Empfänger ist selbstverständlich bei dieser Prüfung ausgeschaltet. Stellen wir fest, daß tatsächlich beide Lautsprecher die gleiche Bewegung des Konus zeigen, dann ist die Sache in Ordnung. Im anderen Fall aber ist die Sprechspule

umzupolen, das heißt die beiden Anschlüsse a und b sind zu vertauschen. Wenn auch die richtige Polung der Sprechspule zum akustischen Effekt scheinbar nur wenig beiträgt, so muß man doch bedenken, daß sich die bestmögliche Wirkung aus mehreren Faktoren zusammensetzt: Richtige Anpassung, günstigste Aufstellung, gleichphasige Polung und richtig gewählte Mittellautstärke beider Lautsprecher. Erst wenn alle vier Forderungen so gut wie möglich erfüllt sind, wird das Klangbild beider Lautsprecher zusammen vollkommen sein.

Einfacher frequenzgetreuer Lautstärkeregler.

Lautstärkeregler mit konstantem Scheinwiderstand bei Empfängern mit niedrig-ohmigem Ausgang für den zweiten Lautsprecher können nach Abb. 148 gebaut werden:

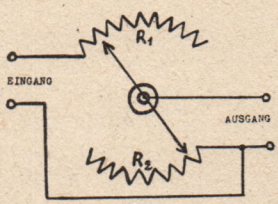


Abb. 148.
R_1 ungefähr gleich der Sprechspulenimpedanz des Lautsprechers,
R_2 etwa fünfmal so groß wie R_1.

* * *

Der Pendelumformer.

Will man aus Gleichstrom Wechselstrom gewinnen, so braucht man einen mechanischen Zerhacker. In der einfachsten Form tritt er uns als elektrische Klingel entgegen. Sie besteht aus einer Kontaktvorrichtung, einer Eisenkernspule und der Stromquelle. Aus dieser einfachen Einrichtung kann man schon einen Einweg-Zerhacker machen. Abb. 149 zeigt die Anordnung schematisch. Der Gleichstrom fließt im Ruhezustand über die Primärwicklung des Uebertragers und den geschlossenen Kontakt K zur Triebspule TS — und von dort zurück zur Minusleitung. Dadurch wird aber der Eisenkern der Triebspule TS magnetisch und zieht den Anker A an. Infolgedessen wird der Strom unterbrochen, so daß der Anker in seine Ruhelage zurückfällt und der Kontakt K geschlossen wird. Dann beginnt das Spiel von neuem.

Selbstverständlich ist diese einfachste Anordnung nur für geringe Belastungen zu gebrauchen und liefert einen sehr

oberwellenreichen Wechselstrom. Um beide Halbwellen des unterbrochenen Stromes ausnützen zu können, benützt man die Gegentaktschaltung. Dabei ist es nun nicht mehr angängig,

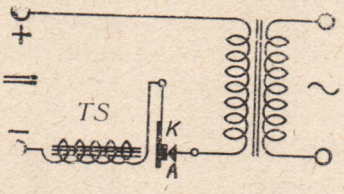


Abb. 149. Einwegzerhacker.

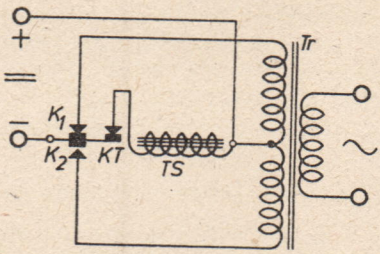


Abb. 150. Gegentaktzerhacker mit getrenntem Stromkreis für die Triebspule.

Triebspule und Transformatorwicklung einfach hintereinander zu schalten. Man benützt zweckmäßig für die Triebspule einen völlig getrennten Stromkreis mit einem eigenen Kontakt KT. Daraus ergibt sich die Anordnung Abb. 150. Im Moment des Einschaltens ist wieder der Kontakt KT geschlossen, aber man erkennt aus dem Schaltbild, daß der Transformator TR nicht mehr vormagnetisiert wird. Das ist natürlich ein großer Vorzug, denn die Vormagnetisierung setzt die Induktivität bedeutend herab. Bei richtiger Einstellung der Kontaktabstände auf der Feder ist der Hauptstromkreis beim Einschalten stromlos, der Arbeitskontakt K 2 schließt erst dann, wenn die Zunge durch die Triebspule in Bewegung gesetzt wird. Eine solche Anordnung ist schon sehr vollkommen, erfordert aber einen Transformator mit genauer Mittelanzapfung.

Da die Netzübertrager der Rundfunkempfänger keine Mittelanzapfung der Primärseite haben, so läßt sich ein derartiger Gegentakt-Zerhacker als Wechselrichter nicht allgemein verwenden. Man hat deshalb speziell für den Betrieb von Wechselstromempfängern an Gleichstromnetzen noch eine dritte Form des Zerhackers geschaffen, den Umpolzerhacker mit vier Kontakten. Das prinzipielle Schaltbild zeigt Abb. 151. Dabei sind der Deutlichkeit halber die Triebspulen weggelassen und ebenso natürlich die Entstörungsmittel, die ja grundsätzlich nichts mit dem Zerhacker selbst zu tun haben. In Wirklichkeit hat also die schwingende Zunge außer den

Kontaktpaaren 1/3 und 2/4 noch zwei weitere Kontakte für die Triebspulen. In dieser Form wird der Zerhacker für Leistungen von 50 bis 100 Watt gebaut, wenn er zum Betrieb eines Wechselstromempfängers am Gleichstromnetz dienen soll. Dabei wählt man meist eine Unterbrecherfrequenz zwischen 60 und 80, weil man bei höherer Unterbrecherzahl (Per. 50 sec ist die Lichtnetzfrequenz) bessere Leistungen be-

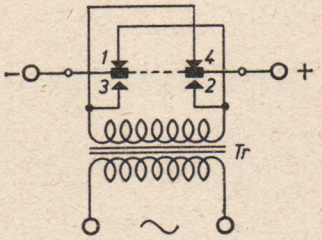


Abb. 151.
Umpolzerhacker für Wechselrichter (Triebspulen und Entstörungsmittel sind nicht eingezeichnet).

kommt. Die schwingende Zunge wird so bemessen, daß ihre mechanische Eigenschwingung genau mit der Unterbrecherfrequenz übereinstimmt. Die Kontaktflächen sind stark genug, um Stromstärken von 0,2 bis 0,3 Amp. auch im Dauerbetrieb auszuhalten.

Wenn sich auch der geschickte Bastler einen Zerhacker selbst bauen kann, so sind doch die richtige Abstimmung der Feder, die richtige Lage und Form der Kontakte, die gute Abschirmung des Ganzen und die zweckmäßige Bemessung der Entstörungsmittel Aufgaben, die sehr viel feinmechanische Kenntnisse und gutes Werkzeug zu ihrer Lösung voraussetzen. Zudem ist die Beherrschung einer Dauerleistung von etwa 100 Watt auch wärmetechnisch nicht ganz einfach. Daher wird sich der Bastler nur selten mit dem Umpolzerhacker beschäftigen — und für seine Zwecke lieber die einfache Schaltung des Einwegzerhackers vorziehen, wenn sie auch energetisch nicht sehr günstig wirkt.

KAPITEL IX.

Baustoffe*).

Metalle.

Wir wollen hier hauptsächlich die hochfrequenztechnischen Eigenschaften besprechen, die weniger bekannt sind als die sonstigen Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Metalle.

a) Kupfer und Cupal.

Kupfer nimmt seiner besonders großen Leitfähigkeit wegen im Empfänger einen Vorrang ein. In Form von blankem Draht ist die Verwendung nur bei Spulen für kurze und ultrakurze Wellen zweckmäßig, wo jedes Zuviel an Isoliermaterial nur von Nachteil ist, weil die elektrischen Verluste unnötig steigen würden. Für Sender, auch solche kleiner Leistung, kommen Kupferrohr, Kupferband und Cupal in Betracht. Eine elektrolytische Versilberung der Oberfläche ist anzuraten; sie soll dicht sein und gegen mechanische Beschädigung durch einen Lacküberzug geschützt werden. Im übrigen benutzt man isolierte Drähte oder Litzen, wobei die Isolation von Fall zu Fall aus Lack (Email), Baumwolle oder Seide besteht. Besondere Ansprüche an die Isolation werden hinsichtlich der Spannungsfestigkeit und der Wärmeleitfähigkeit bei den für Netztransformatoren bestimmten Drähten gestellt.

b) Eisen.

Ausgedehnte Verwendung findet Eisen in Form dünner, einseitig isolierter Bleche, in Stärke von etwa 0,3 bis 0,5 mm. Es wird gewöhnlich eine Siliziumeisenlegierung benutzt, aber auch Nickeleisenlegierungen werden mehr und mehr verwendet. Diese Legierungen werden nach einem von der I. G. Farbenindustrie A.-G. ausgearbeiteten Sinterverfahren gewonnen. Man geht dabei von Metallpulvern aus, die durch thermische Zersetzung von geeignet zusammengesetzten Carbonylgemischen erhalten werden, bei denen schon jedes einzelne Körnchen die gewünschte Legierung besitzt. Nachdem die Pulver längere Zeit erhitzt wurden, wobei sie zusammensintern, kann die weitere Bearbeitung (z. B. durch Walzen) er-

*) Vgl. DRB. 90: Kappelmayer: *„Werkstoffkunde für die Rundfunkwerkstatt“*.

folgen, und das Ergebnis ist ein dichter, gleichmäßig gefügter Metallkörper. Die hohe Gleichmäßigkeit sowie die Abwesenheit schädlicher Bestandteile (z. B. Phosphor, Schwefel) sind mit ein Grund für die guten magnetischen Eigenschaften dieses Werkstoffes.

Bei den meistbenutzten dieser Nickeleisenlegierungen beträgt der Gehalt an Nickel zwischen etwa 30 und 50%. Die Bleche kommen hauptsächlich für Transformatoren usw. in Betracht. In der gleichen Weise kann auch reines Carbonyleisen gewonnen werden. Da es gleichfalls sehr gute magnetische Eigenschaften aufweist, eignet es sich u. a. gut zur Anfertigung von Magnetkernen für fremderregte dynamische Lautsprecher und dergleichen mehr.

c) Aluminium.

Die guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften haben das Aluminium allgemein zu einem beliebten Werkstoff werden lassen. Neuerdings ist es nun gelungen, das Aluminium auf elektrolytischem Wege mit einer Oxydschicht zu versehen, die ganz vorzügliche Eigenschaften aufweist. Die Eigenschaften sind je nach Art des Elektrolyten verschieden. Eine angewärmte, dünne Phosphorsäurelösung liefert weiche, graue Schichten, während Chromsäure silberweiße, mittelharte Schichten und eine schwache Lösung aus Chrom- und Oxalsäure äußerst harte Schichten liefern, die mit schneidenden Werkzeugen kaum noch bearbeitbar sind. Oberflächenfehler der zu oxydierenden Teile werden durch die Schicht nicht verdeckt; sie müssen also vorher beseitigt werden. Die je mm^2 aufzuwendende Leistung beträgt etwa 4,5 bis 5 kWh.

Die mineralischen Charakter aufweisenden Schichten zeigen eine sehr hohe Isolationsfähigkeit, die auch bei Temperaturen bis zu mehreren hundert Grad Celsius erhalten bleibt. Die Korrosionsfestigkeit ist der der meisten anderen Ueberzüge fast durchweg überlegen. Ein Abplatzen oder dergleichen ist nicht zu befürchten, da die Schicht in das Grundmetall hineingewachsen ist.

d) Widerstandsmaterialien.

Der hauptsächlichste Bestandteil drahtloser (Masse-) Widerstände ist mehr oder weniger reiner Kohlenstoff, der durch Kathodenzerstäubung oder dergleichen auf die Oberfläche eines geeigneten keramischen Trägers niedergeschlagen wird.

Für drahtgewickelte Widerstände werden dagegen Legierungen herangezogen, die einen besonders hohen spezifischen Widerstand aufweisen. Die Tabelle 29 (Seite 198) gibt Aufschluß über diese Eigenschaft bei den verschiedenen Metallen. Tabelle 27 zeigt die Zusammensetzung der wichtigsten Metallegierungen.

e) Hochfrequenzeisen.

Die Selbstinduktion einer Eisenkernspule errechnet sich nach der Formel $L = 4\,\pi \cdot \frac{Q}{l} \cdot n^2 \cdot \mu$, worin μ die Permeabilität, Q den Querschnitt des Kraftfeldes, l die Kraftlinienweglänge und n die Windungszahl bedeutet. Daraus geht hervor, daß eine Spule mit gegebener Windungszahl eine um so höhere Selbstinduktion hat, je höher die Permeabilität des Eisenkerns ist. Man verwendet in der Tonfrequenztechnik Eisensorten mit μ gleich 1200 — und Nickeleisenlegierungen mit Permeabilitäten bis zu 200 000 (Permalloy), die aber recht teuer sind. Fügt man in eine Spule einen Eisenkern mit μ gleich 900 ein, so kann man für den gleichen L-Wert die Windungszahl auf den $\sqrt{900}$ = dreißigsten Teil reduzieren. In der Praxis ist allerdings zu beachten, daß μ außer von der Eisensorte auch von der Größe des Wechselstroms und der Gleichstromvormagnetisierung abhängt — und daß ein Luftspalt den Wirkwert verkleinert.

Die Kupferverluste waren immer die Hauptverluste bei Hochfrequenzspulen. Daher wirkte die Einführung von Hochfrequenzeisen im Jahre 1932 (Ferrokart) derart güteverbessernd, daß mit einem Schlag die Trennschärfe der Empfänger um beinahe eine volle Größenordnung stieg. Warum hat man aber noch ein Jahr vorher Eisen geradezu als Gift bei Hochfrequenz angesehen? Weil die Hystereseverluste (Nachhinken des Eisenkraftfeldes bei Ummagnetisierung) um so größer werden, je höher die Periodenzahl des Wechselstroms und seine Amplitude ist. (Daher die Speziallegierung Permalloy, die sich durch besonders geringe Ummagnetisierungsverluste auszeichnet!) — Noch unangenehmer sind die Wirbelstromverluste innerhalb des Eisenkerns. Um sie zu verringern, verwendete man schon seit 1900 für Pupinspulen Eisenkerne aus ganz besonders dünnen Blechen.

Die Erfindung des Hochfrequenzeisens geht nun auf dem Weg, den die dünnen Bleche der Pupinspulen zeigten, weiter:

Das Eisen wird zu ganz feinen Körnchen gemahlen — und jedes einzelne derselben wird isoliert. Dann preßt man das Pulver — eventuell unter Zwischenlage von Papier oder irgendeinem Isoliermittel — zum fertigen „Massekern" zusammen. Es ist gleichsam ein Eisenkern mit unendlich vielen kleinen Luftspalten. Damit geht natürlich die Permeabilität sehr zurück. Aber man erreicht immer noch Werte von 10 bis 50, die bei den kleinen in der Hochfrequenztechnik gebrauchten Selbstinduktionswerten völlig ausreichen. Mit einem Kern von $\mu = 50$ braucht eine Spule nur ein Siebentel der Drahtwindungen gegenüber der Luftspule.

Die Fortsetzung dieser Entwicklung brachte immer höher vergütete Eisenkerne, z. B. Amenal von Görler, Sirufer von Siemens — und immer günstigere Spulenformen, so daß die Spulengüte rasch von dem ursprünglichen Richtwert 50 auf 150, ja sogar bis 250 anstieg. Außerdem konnten diese Spulen nachträglich fein abgestimmt werden, indem man entweder das Joch auf dem Eisenkern veränderlich machte oder in den Spulenkern ein Gewinde einschnitt. Rollenkerne, Schraubkerne, Haspelkerne und andere Formen wurden erfunden. Kein anderes Glied des Empfängers hat damit so grundlegende Verbesserungen erfahren wie die Spulen. Sogar für Kurzwellen werden heute grundsätzlich Eisenkernspulen verwendet.

Isoliermaterialien.

Den Isoliermaterialien kommt die weitaus größte Bedeutung zu, da alle mit Hochfrequenz arbeitenden Geräte in ihren Leistungen stark von den Eigenschaften der benutzten Isolierstoffe abhängig sind.

a) Hartgummi und Hartpapier.

In der Niederfrequenztechnik und für Bauteile des Rundfunkempfängers, bei denen es nicht speziell auf die Hochfrequenzverluste ankommt, verwendet man Hartpapiere und papierartig geschichtete Isolierstoffe, die infolge ihrer guten mechanischen Eigenschaften und leichten Bearbeitbarkeit immer noch eine gewisse Bedeutung im Empfängerbau haben (Mycalex, Pertinax und Hartgummi).

b) Keramische Werkstoffe.

Viele dieser Werkstoffe (Calit, Calan, Ultra-Calan, Frequenta, Frequenta D, Frequentit, Condensa, Kerafar, Amenit, Tempa und Sipa-H) haben infolge ihrer besonders günstigen

Eigenschaften in den letzten Jahren schnell Aufnahme und breiteste Verwendung gefunden. Die stoffliche Grundlage ist besonders reines und vor allem eisenfreies Magnesiumsilikat. Die Massen können nach allen keramischen Fertigungsverfahren (Drehen, Gießen, Pressen, Ziehen) verformt werden, und es wird nach dem anschließend vorgenommenen Brand (bei etwa 1300 bis 1400° C) ein dichter, unporöser Scherben erhalten. Infolge des geringen Schwundes können Abmaße bis zu etwa $\pm$ 1% eingehalten werden. Durch nachträgliche Bearbeitung läßt sich aber meist auch eine Genauigkeit bis zu etwa $\pm$ $^1/_{100}$ mm erhalten.

Hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften verhalten sich die Sondermassen fast durchweg günstiger als selbst bestes Hochspannungsporzellan. Auch der lineare Ausdehnungskoeffizient ist sehr klein, was zum Beispiel für die Erzeugung von Spulenkörpern besonders wichtig ist. Besonders klein ist der Ausdehnungskoeffizient bei Sipa-H. Der Oberflächenwiderstand liegt teilweise um mehrere Größenordnungen über dem des Porzellans. Wichtig ist der dielektrische Verlustkaftor, da der Stoff mit dem kleinsten dielektrischen Verlust, die Luft, ja leider nicht überall benutzt werden kann. Bei den neuen keramischen Werkstoffen ist es jedoch gelungen, einen Verlustfaktor zu erzielen, der nicht größer als der des Quarzes ist. Die Dielektrizitätskonstante liegt bei den meisten keramischen Werkstoffen unter 10. Einige, auf der gleichen Rohstoffbasis aufgebaute Stoffe haben jedoch eine Dielektrizitätskonstante bis zu etwa 100. Von Wichtigkeit ist schließlich noch die recht kleine (und teilweise negative) Temperaturabhängigkeit der Kapazität bei den mit einem keramischen Dielektrikum ausgerüsteten Kondensatoren. Zahlenmaterial über die keramischen Werkstoffe enthalten die Kurventafel Seite 195 und die Tabellen Seite 200 bis 202.

Die Verwendungsmöglichkeiten sind ungemein zahlreich. So lassen sich u. a. Spulenkörper beliebiger Form, Röhrensockel und Röhrenhalter, Drehkondensatorenachsen und Isolierteile für Drehkondensatoren, Schalternocken, Durchführungen, Stützen, Klemmleisten usw. herstellen, wodurch Metallteile in Hochfrequenzfeldern weitgehend vermieden werden können. Da auch metallische Ueberzüge unmittelbar niedergeschlagen werden können, wobei sich eine besonders verlustfreie Verbindung zwischen Metall und Isoliermaterial ergibt, so können Spulenwindungen, Kondensatorenbelege usw. einfach aufgeschmolzen werden. Die gute Formstarrheit verbürgt

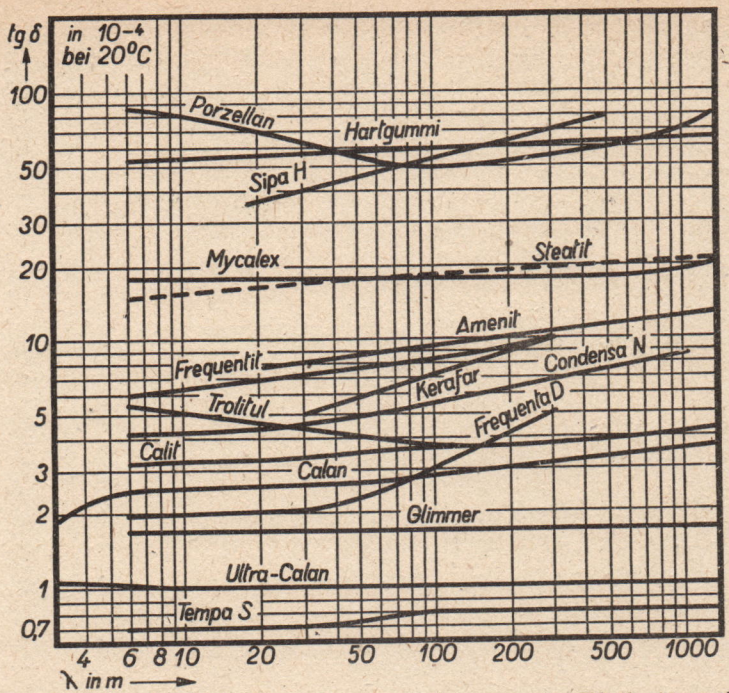


Abb. 152. Abhängigkeit des Verlustwinkels von der Wellenlänge bei modernen Hochfrequenz-Isolierstoffen.

dabei auch eine zeitliche Konstanz der einmal ermittelten Werte, und es ist nicht mehr der Ausdehnungskoeffizient des Metalles, sondern der (kleinere) des Isoliermaterials maßgebend. Ferner ist auch eine vakuumdichte Verbindung zwischen Glas und einem keramischen Werkstoff möglich, so daß also zum Beispiel auch die Herstellung von Röhren mit keramischem Quetschfuß durchführbar ist.

c) Kunstharze.

Unter den Kunstharzabkömmlingen sind mehrere hochwertige Hochfrequenzbaustoffe. Als Rohstoffe kommen hauptsächlich Carbamid-, Kresol- oder Phenolharze in Betracht. Zur Erzielung bestimmter Eigenschaften werden noch gewisse Zusatzstoffe beigegeben. Die Harzmassen werden entweder unter Druck und Wärme in Pressen zu den gewünschten Teilen verformt oder — bei der Verarbeitung im Wege des Spritzgusses — durch Erwärmung soweit erweicht, bis man sie

unter Druck durch eine Düse in die Form spritzen kann. Hierfür eignen sich jedoch nur einige Kunstharze (z. B. Trolitul). Da die Schrumpfung allgemein gering ist, so ergibt sich eine gute Maßhaltigkeit und ein Abmaß von nur etwa $\pm 1\%$. Nachträgliche Bearbeitung ist im weitesten Umfang möglich. So läßt sich die Mehrzahl der Kunstharze biegen, bohren, drehen, feilen, fräsen, gravieren, hobeln, kleben, polieren, prägen, sägen, schleifen, schneiden, stanzen, ziselieren und auch mit Gewinde versehen, sofern dieses nicht bereits bei der Formung angebracht werden kann.

Dem besonderen stofflichen Charakter entsprechend liegt das spezifische Gewicht durchweg sehr niedrig. Bezüglich der mechanischen Eigenschaften stehen die Kunstharze den keramischen Stoffen teilweise nur wenig nach. Hinsichtlich der Temperaturbeständigkeit sind die Kunstharze natürlich den keramischen Stoffen unterlegen; die im Betrieb der Geräte üblichen Temperaturen bereiten jedoch keine Schwierigkeiten. Auch die Hygroskopität ist durchweg sehr klein. Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient ist gleichfalls höher als bei den keramischen Stoffen und liegt etwa in der gleichen Größenordnung wie beim Hartgummi. Oberflächenwiderstand und innerer Widerstand sowie die Durchschlagsfestigkeit vermögen den meisten Ansprüchen zu genügen.

Die dielektrischen Verluste sind teilweise außerordentlich klein, so daß auch im Bereich ultrakurzer Wellen vielfach Verwendung möglich ist. Die Dielektrizitätskonstante liegt bei allen Kunstharzen unter 10; ähnlich hohe Dielektrizitätskonstanten wie bei den keramischen Stoffen konnten bisher nicht erreicht werden. Zahlenangaben über die einzelnen Eigenschaften der wichtigsten Kunstharze enthalten die Kurventafel Abb. 152 und die Tabelle 33.

Die Verwendungsmöglichkeiten der Kunstharze sind ungemein zahlreich und gleichen weitgehend denen der keramischen Werkstoffe.

Das Problem des Kurzwellen-Rundfunkempfangs brachte gerade im Hinblick auf die verlustarmen Baustoffe in den letzten zwei Jahren ganz besondere Fortschritte. Die Spulenkerne „Sirufer“ von Siemens und Halske — „Draloperm“ von Dralowid und andere — ermöglichen heute Hochfrequenzeisenspulen auch für den Kurzwellenbereich mit geringsten Verlusten und höchster Konstanz herzustellen.

Das Minusvorzeichen, z. B. beim Zink, bedeutet, daß das Metall mit Bezug auf die Elektrolyt-Flüssigkeit negativ ist.

Tabelle 27:
Zusammensetzungen der wichtigsten Metall-Legierungen.

Legierung	Cu %	Zn %	Sn %	Pb %	Sb %	Ni %	Fe %	Mn %	Al %	Mg %	
Bondur	3,5-4,5	—	—	—	—	—	<0,5	0,3-1	95-92	0,5-1	—
Britanniametall	6-1	—	80-94	—	16-4	—	—	—	—	—	—
Deltametall	54-58	39-42	—	<2	—	—	≈1	≈1	—	—	—
Duralumin	2,5	—	—	—	—	—	≈0,7	<0,8	93-96	0,5-0,8	≈0,55% Si
Duranametall	65	29	≈2	—	—	—	≈2	—	≈2	—	—
Elektron	—	<4	—	—	—	—	—	—	<4	96-99	—
Geschützbronze	88-93	—	12-7	—	—	—	—	—	—	—	—
Glockenbronze	75-80	—	25-20	—	—	—	—	—	—	—	—
Hartblei	—	—	—	80-97	20-3	—	—	—	—	—	—
Hartlot	40-60	60-40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hohenzollernbronze	≈52	≈40	—	—	—	1	1	<4	<2	—	—
Konstantan	60	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—
Kunstbronze	80-90	10-1	8-3	3-1	—	—	—	—	—	—	—
Lagermetall	8-1	—	80-85	—	15-10	—	—	—	—	—	—
Lautal	4,5-6	—	—	—	—	—	<0,5	0,5-0,8	95-92	—	0,25-1,2% Si
Letternmetall	—	—	7-2	70-75	23-20	—	—	—	—	—	—
Lötzinn(Weichlot)	—	—	64	36	—	—	—	—	—	—	—
Manganin	82,1	—	—	—	—	2,3	0,6	15	—	—	—
Messing(Gelbguß)	55-80	45-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Monelmetall	30-27	—	—	—	—	67-68	<6	<6	—	—	—
Neusilber(Alpaka)	50-55	30-25	—	—	—	22-18	—	—	—	—	—
Nickelin	56	13	—	—	—	31	—	—	—	—	—
Phosphorbronze	80-90	—	20-10	—	—	—	—	—	—	—	Spuren P
Rotguß	75-90	8-1	18-3	<8	—	—	—	—	—	—	—
Tombak	80-92	20-8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Woods Metall	—	—	13-20	24-37	—	—	—	—	—	—	35-50% Bi 10% Cd

Tabelle 28: Elektro-chemische Spannungsreihe.

1. Spannungsreihe gegen ihre normale Metallsalzlösung:		2. Spannung in 1% Kochsalzlösung gegen Kalomel-Elektrode):	
Magnesium	−1,87	Magnesium	−1,60
Aluminium	−1,34	Zink	−1,04
Zink	−0,77	Eisen, Stahl	−0,75
Chrom	−0,51	Kadmium	−0,74
Kadmium	−0,42	Aluminium	−0,74
Eisen	−0,34	Blei	−0,48
Kobalt	−0,23	Zinn	−0,42
Nickel	−0,20	Messing	−0,28
Zinn	−0,15	Kupfer	−0,22
Blei	−0,13	Bronze	−0,15
Wasserstoff	0	Nickel	−0,08
Kupfer	+0,35	Silber	+0,00
Silber	+0,80	Chrom	+0,15

Die Stellung der Metalle in der Spannungsreihe liegt nur relativ fest und hängt von der Ionen-Konzentration in ihrer Lösung ab. Es ist daher die elektro-mechanische Spannungsreihe für zwei verschiedene Elektrolytflüssigkeiten angegeben.

Tabelle 29: Eigenschaften von Metallen.

Metall	spez. Widerstand ρ	spez. Leitfähigkeit G	Temperaturkonstante $\alpha \cdot 10^3$
Aluminium	0,0286	35	4,1
Antimon	0,385	2,6	5,4
Arsen	0,345	2,9	3,9
Blei	0,208	4,8	4,2
Cadmium	0,076	13,2	4,2
Cäsium	0,21	4,75	4,4
Calcium	0,046	21,8	3,3
Cer	0,77	1,3	—
Chrom	0,0257	39,0	—
Eisen (Elektrolyt)	0,1	10,0	6,6
Gallium	0,5	2,0	4,0
Gold	0,022	45,4	4,0
Indium	0,0835	12,0	4,3
Iridium	0,053	19,0	4,1
Kalium	0,071	14,1	5,8
Kobalt	0,096	10,4	6,6
Kupfer	0,0173	57,8	4,3
Lanthan	0,588	1,7	—
Lithium	0,085	11,8	4,4
Magnesium	0,0425	23,5	4,1
Mangan	0,044	22,8	—
Molybdän	0,0427	22,9	4,7
Natrium	0,046	21,7	5,5
Nickel	0,1175	8,5	6,7
Osmium	0,095	10,5	4,2
Palladium	0,102	9,8	3,7
Platin	0,105	9,5	3,9
Quecksilber 0° Cels.	0,94	1,063	9,9
Rhenium	0,21	4,77	—
Rhodium	0,06	16,6	4,4
Rubidium	0,125	8,0	5,2
Ruthenium	0,145	6,9	—
Silber	0,016	62,5	4,1
Strontium	0,303	3,3	3,8
Tantal	0,147	6,8	3,5
Thallium	0,175	5,7	4,8
Wismut	1,17	0,855	4,5
Wolfram	0,053	18,9	4,8
Zink	0,059	17,0	4,2
Zinn	0,110	9,1	4,6

Tabelle 30: Die chemischen Elemente.

Name	Abkürzung	Atomgewicht	Name	Abkürzung	Atomgewicht
Aluminium	Al	26,97	Neodym	Nd	144,27
Antimon	Sb	121,76	Neon	Ne	20,18
Argon	Ar	39,94	Nickel	Ni	58,69
Arsen	As	74,96	Niobium	Nb	93,5
Barium	Ba	137,36	Osmium	Os	190,9
Beryllium	Be	9,02	Palladium	Pd	106,7
Blei	Pb	207,21	Phosphor	P	31,02
Bor	B	10,82	Platin	Pt	195,2
Brom	Br	79,92	Polonium	Po	210,0
Cadmium	Cd	112,41	Praseodym	Pr	140,92
Caesium	Cs	132,81	Quecksilber	Hg	200,6
Calcium	Ca	40,07	Radium	Ra	226,0
Cassiopeium	Cp	175,0	Rhenium	Re	186,31
Cerium	Ce	140,2	Rhodium	Rh	102,9
Chlor	Cl	35,46	Rubidium	Rb	85,45
Chrom	Cr	52,01	Ruthenium	Ru	101,7
Dysprosium	Dy	162,46	Samarium	Sm	150,43
Eisen	Fe	55,84	**Sauerstoff**	**O**	**16,00**
Erbium	Er	167,7	Scandium	Sc	45,10
Europium	Eu	152,0	Schwefel	S	32,06
Fluor	F	19,00	Selen	Se	79,2
Gadolinium	Gd	157,3	Silber	Ag	107,88
Gallium	Ga	69,72	Silicium	Si	28,06
Germanium	Ge	72,60	Stickstoff	N	14,008
Gold	Au	197,2	Strontium	Sr	87,63
Hafnium	Hf	178,6	Tantal	Ta	181,5
Helium	He	4,00	Tellur	Te	127,5
Holmium	Ho	163,5	Terbium	Tb	159,2
Indium	In	114,8	Thallium	Tl	204,39
Iridium	Ir	193,1	Thorium	Th	232,12
Jod	J	126,92	Thulium	Tu	169,4
Kalium	K	39,10	Titan	Ti	47,90
Kobalt	Co	58,97	Uran	U	238,14
Kohlenstoff	C	12,00	Vanadium	V	50,95
Krypton	Kr	82,9	Wasserstoff	H	1,008
Kupfer	Cu	63,57	Wismut	Bi	209,0
Lanthan	La	138,9	Wolfram	W	184,0
Lithium	Li	6,94	Xenon	X	130,2
Lutetium	Lu	175,0	Ytterbium	Yb	173,5
Magnesium	Mg	24,32	Yttrium	Y	88,93
Mangan	Mn	54,93	Zink	Zn	65,38
Molybdän	Mo	96,0	Zinn	Sn	118,70
Natrium	Na	23,00	Zirkonium	Zr	90,22

Tabelle 31: Isolierstoffe.

Werkstoff	Dielektrizitätskonst. ε	$\frac{\Delta C}{C}$ in 10^{-4} je 1^0 C bei $20-80^0$ C	Verlustfaktor tg δ in 10^{-4} bei 20^0 C				
			bei λ 1000 bei f 300	300 1000	100 3000	30 10000	6 m 50000 kHz
Amenit	3,5	—	11	—	—	8	—
Bakelit	2 8	—	100	160	200	220	260
Calan	6,6	—	3,6	3,2	2,8	2,6	2,5
Calit	6,5	+1,2	4,1	3,8	3,7	3,4	3,2
Condensa N	40	−3,4 .. −3,8	8,5	6,9	5,5	4,6	4,2
Condensa F	65	−7,0 .. −7,4	4,3	4,0	3,8	3,5	3,3
Condensa C	80	−7,0 .. −7,4	7,2	5,6	4,1	3,2	2,8
Frequenta	5,6	+1,0	—	5,0	3,0	2,8	2,6
Frequenta D	5,6	+1,0	—	4,0	3,0	2,0	2,0
Frequentit	5,9	—	—	10	8,5	7,0	6,0
Glimmer	7	—	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Hartgummmi	3	—	65	64	61	57	53
Kerafar R	80	−6,0	—	10	—	5—10	—
Kerafar S	70	−6,0	—	15	—	5—10	—
Kerafar T	40	−5,0	—	15	rd. 5	rd. 5	—
Kerafar U	60	—	—	—	rd. 5	rd. 5	—
Mycalex	8	—	19	18	18	18	18
Pertinax	5,4	—	220	280	350	720	1000
Porzellan	5,4	—	70	55	49	63	85
Quarz	4,7	—	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1
Quarzgut	3,9	—	5,0	5,2	5,5	5,8	7,0
Sipa H	5	—	—	70	—	40	—
Steatit	6,4	—	21	20	18	17	15
Tempa N	12,5	−0,2 .. −0,4	15	13	11	9,8	8,4
Tempa S	14	+0,3 .. +0,5	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
Trolitul	2,2	—	4,1	3,9	3,7	4,5	5,4
Ultra-Calan	7,1	+1,0	—	1,0	1,0	1,0	1,1

Tabelle 32: Keramische Isolierstoffe.

Eigenschaft	Werkstoff: Hochspannungsporzellan	Calit	Calan	Ultracalan	Frequenta (Frequenta D)	Condensa N [Condensa F] (Condensa C)	Kerafar R, S, T, U	Sipa H	Tempa N (Tempa S)
Spezifisches Gewicht in g/cm³	2,4	2,6—2,7	2,8	2,7—2,8	2,76	3,7 [3,9]	3,6	2,2	3,1
Biegefestigkeit in 100 kg/cm²	9—10	14—16	10,1	16	14—16	15 [10,4]	15	5—6,5	8—11
Schlagbiegefestigkeit in cmkg/cm²	2—2,2	4—4,5	2,9—3,2	3,6	4—5	3,3 [3,1]	2,8–3,3	1,9—2,1	2,6—3,1
Zugfestigkeit in 100 kg/cm²	4—5	6,5 9,5	4—5	4—5	5,5—8,5	6,2-7,3 [6,5-8,2]	3—6	2,6—3,5	6—8
Druckfestigkeit in 1000 kg/cm²	5—5,5	9,5—10	5—6	8	9—9,5	ca. 6 [6,2-8,7]	9,5—12,9	3—5	5—6
Elastizitätsmodul in 10^6 kg/cm²	ca 0,7	1,086	1,2	1,1	0,9—1,1	1,1 [1,3]	1,1	0,9	1,1
Linearer therm. Ausdehnungskoeffizient in 10^{-6} bei 20—100° C	3,5—4	7,8	7,6	8,6	7—8	6,7 [7,3]	R, S = 7—8 T, U = 6—7	ca. 1	4
Erweichungstemperatur in ° C	—	1440	1390	1580	rd. 1400	1430 [1480]	rd. 1500	rd. 1400	1400
Oberflächenwiderstand VDE-Vergleichszahl	2	4	4	4	4	4	—	4	4
Durchgangswiderstand in 10 Ohm • cm bei 300 C	—	3,2	4.5	110	2,5—3	0,012 [0,025]	0,25	$6 \cdot 10^{-4}$ .. $7 \cdot 10^{-3}$	0,012 (3)
Dielektrizitätskonstante ε	5,4	6,5	6,6	7,1	5,6	40 (80) [65]	T = 40 S = 70 R = 80 U = 60	5	12,5 (14)
$\frac{\triangle C}{C}$ in 10^{-4} je 1° C bei 20—80° C	ca. + 5	+1,2	+1,2	+1,0	+1,0	−3,4 .. −3,8 (−7 .. −7,4)	T = −5,0 R,S = −6,0	—	−0,2 .. −0,4 (+0,3 .. +0,5)
Verlustfaktor tg δ							R,S T,U		
in 10^{-4} bei λ 3000 m	70	ca. 4,1	ca. 3,6	—	rd. 7		rd. 20 rd. 5	—	ca. 15 (ca. 0,8)
(bei 20° C) bei 150 m	49	ca. 3,7	ca. 2,8	1,0—1,8	rd. 3 (rd. 2)	8,5 (7,2) [4,3]	10—15 rd. 5	rd. 70	ca. 11 (ca. 0,8)
bei 30 m	63	3,4	2,6	1,0—1,8	rd. 2 (< 2)	5,5 (4,1) [3,8]	5—10 rd. 5	rd. 40	9,8 (0,7)
bei f 50 Hz	—	10—15	8—10	—	rd. 10—15	4,6 (3,2) [2,5]	— —	—	— —
Durchschlagsfestigkeit in kV/mm									
bei Gleichspannung	34—38	—	—	—	35—45	— —	— —	—	— —
bei 50 Hz	—	35—45	35—45	35—45		15-20 [10]	10	20	20
bei 1500 m	—	—	—	—		— —	— —	—	—

Tabelle 33: Kunstharze.

Eigenschaft	Amenit	Pollopas	Trolitan SD	Trolitul	Trolitul-folie	Trolon
Spez. Gewicht in g/cm³	1,5	1,48—1,55	1,4	1,04	1,04	a. 1,35
Biegefestigkeit in 100 kg/cm²	6	8—10	8—9	6,5	6,5	12
Schlagbiegefestigkeit in cm kg/cm²	6	ca. 10	6—8	8,5	8,5	25—30
Zugfestigkeit in 100 kg/cm²	—	5	3,5	4	4	6
Druckfestigkeit in 100 kg/cm²	—	20	17	9,5	9,5	13
Brinellhärte in 100 kg/cm² .	—	17	17	11	11	12
Wasseraufnahme in %	—	(7Tage) 0,35	(7Tage) 0,6	0	0	(24Std.) 0,06
in mg/100 cm² nach 7 Tagen	—	150	250	0	0	—
Wärmeleitfähigkeit in Kal/cm · sec · C⁰ · 10⁻⁵	—	33,6	—	19	19	21,1
Wärmebeständigkeit in Martensgraden	110	ca. 110	ca.130	60—70	60—70	55
Glutsicherheit VDE-Gütegrad	1	3	3	—	—	3
Linearer therm. Ausdehnungskoeff. in 10⁻⁶	1000	40	48,6	102	102	96
Innerer Widerstand (direkt) in Megohm	—	180000	1 Mill.	>3Mill.	>33Mil	ca. 1.20000
Oberflächenwiderstand (dir.) in Megohm	>1Mill.	650000	0,5—1 Mill.	>3Mill.	>3Mill.	ca. 10000
Dielektrizitätskonstante (direkt) ε	3,5	5	—	2,4	2,4	7—8
Verlustwinkel tg δ in 10⁻⁴ bei 800 Hz		250	500	1	1	400
bei λ 20—3000 m	8—10			rd. 4	rd. 4	
Durchschlagsfestigkeit in kV/mm	26	ca. 17	—	ca.100	ca.100	ca. 30

KAPITEL X.

Akkumulatoren und Elemente.

1. Der Bleiakkumulator.

a) Allgemeines.

Blei-Akkumulatoren sind in Gefäße aus säurefestem Material, also Glas von besonders hoher Festigkeit, Hartgummi oder Zelluloid eingebaut, die mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt sind. In die Schwefelsäure tauchen Platten ein, deren Grundmasse Blei ist, und zwar bestehen die positiven Elektroden beim geladenen Akkumulator, d. h. diejenigen Platten, aus denen elektrischer Strom in den äußeren Stromkreis fließt, aus Bleisuperoxyd (PbO_2), die negativen Elektroden, mithin jene, durch die der Strom aus dem äußeren Stromkreis in den Akkumulator zurückfließt, aus Bleischwamm, d. h. aus einfachem, porösem Blei (Pb).

Zwischen diesen Elektroden befindet sich der Elektrolyt, nämlich verdünnte Schwefelsäure H_2SO_4, die bei Neufüllung als solche von 1,24 spez. Gewicht (28° Bé) eingegossen wird, so daß die Platten vollständig bedeckt sind.

Bei der Entladung findet eine chemische Umwandlung der Elektroden sowohl als des Elektrolyten statt, die so lange andauert, bis beide Elektroden zu Bleisulfat ($PbSO_4$) geworden sind und daher keinen praktisch verwendbaren Spannungsunterschied mehr aufweisen. Durch das Laden des Akkumulators, also durch Hineinschicken von elektrischem Strom, wird aber der chemisch verschiedene Zustand der beiden Elektroden wieder hergestellt, so daß auch der elektrische Spannungsunterschied zwischen der positiven und negativen Elektrode wieder vorhanden und das Element als Stromquelle wieder brauchbar ist.

Eine Einzelzelle hat beispielsweise bei 10stündiger Entladung eine Leistung von 28 Amperestunden bei ununterbrochener Entladung mit 2,8 Ampere; bei 100stündiger Entladung hat diese Zelle eine Leistung von 50 Amperestunden bei 0,5 Ampere Entladestrom.

1 Watt ist die Leistung eines Stromes von 1 Ampere bei 1 Volt Spannung,

1 Ampere ist eine Stromstärke bei 1 Volt Spannung und 1 Ohm Widerstand,

1 Amperestunde ist 1 Ampere bei einer Stunde Dauer,
1 Kilowattstunde ist eine Leistung von 1000 Watt bei einstündiger Dauer.

b) Laden von Akkumulatoren.

Zur Ladung kann nur Gleichstrom benutzt werden. Ist solcher nicht vorhanden, muß der Wechselstrom mittels besonderer Vorrichtung (Gleichrichter) in Gleichstrom umgewandelt werden.

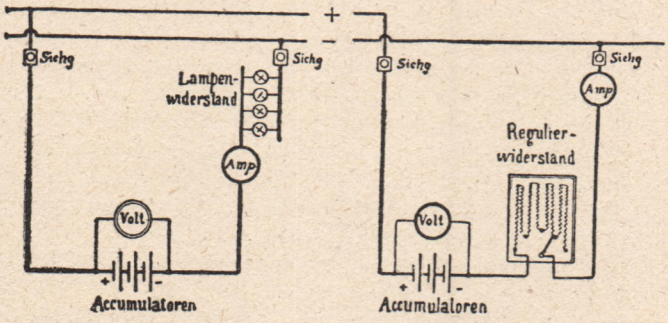


Abb. 153. Laden des Akkumulators am Gleichstromnetz.

Man beachte zunächst folgendes:

1. Der Sammler muß sauber sein, d. h. aller äußere Schmutz ist zu entfernen, die Anschlußklemmen sind auf tadellosen Kontakt zu untersuchen und gegebenenfalls zu reinigen.

2. Die Schwefelsäure soll mindestens $1/2$ cm über dem oberen Plattenrande stehen, andernfalls ist nachzufüllen, und zwar mit destilliertem Wasser. Der Grad der Säure wird mit einem Aräometer gemessen.

3. Die einzelnen Zellen sind auf ihre Spannung zu prüfen, die am Ende der Ladung 2,6 bis 2,65 Volt pro Zelle betragen soll. Hierzu benutzt man ein Taschenvoltmeter. Die Spannung soll bei allen Zellen gleichmäßig hoch sein. Zeigt eine Zelle eine von den anderen abweichende Spannung, so ist sie nicht in Ordnung und muß untersucht werden, ob die Kontakte gut sind oder eine Beschädigung vorliegt. Ist ein Kurzschluß, d. h. eine unmittelbare Verbindung von zwei benachbarten Platten des Akkumulators vorhanden, so muß der Kurzschluß auf jeden Fall beseitigt werden, da sich solche Zellen nicht aufladen lassen.

4. Die Spannung der Leitung, aus der geladen wird, muß höher sein als die Spannung des zu ladenden Akkumulators, sonst fließt der Strom aus dem Sammler zurück, und es findet unter Umständen eine weitere Entladung statt.

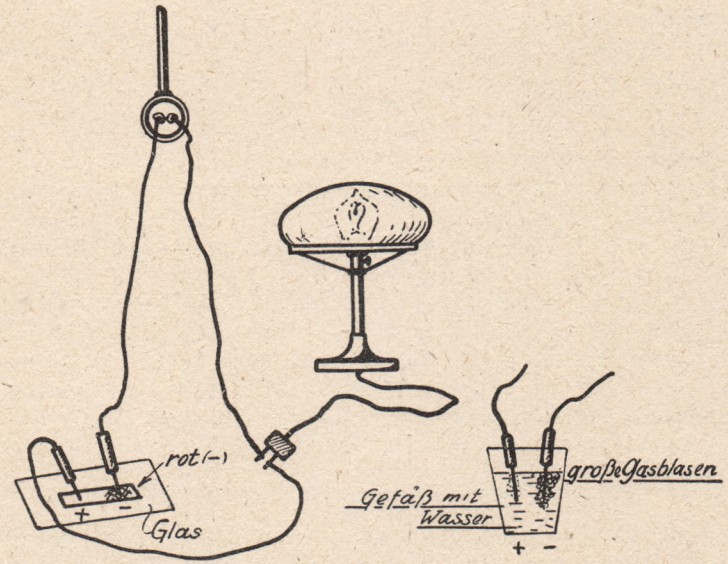


Abb. 154. Die Ermittelung der Polarität des Gleichstromanschlusses (eine Stehlampe als Sicherung gegen Kurzschluß).

5. Die Anschlüsse müssen in der richtigen Polordnung vorgenommen werden, der positive (+) Pol der Lichtleitung muß mit dem positiven Pol des Sammlers verbunden werden, der negative Pol der Lichtleitung mit dem negativen (—) Pol des Sammlers.

Um festzustellen, welches die richtigen Pole der Ladeleitung sind, prüft man mit Polreagenzpapier in der Weise, daß man einen Streifen anfeuchtet und die beiden Drahtenden der Ladeleitung nahe aneinander darauf hält. Der negative Pol färbt dann rot. Eine andere Prüfungsart besteht darin, daß man die beiden Ladungsenden in ein Glas mit Leitungswasser hält und sie auf ca. 5 cm Entfernung nähert (Vorsicht! Drähte nicht miteinander berühren, sonst Kurzschluß!) Das Drahtende, an dem sich kräftige Gasblasen entwickeln, ist der negative (—) Pol. Bei richtigem Anschluß steigt

die Spannung des Sammlers sofort um 0,05 bis 0,1 Volt, bei falschem Anschluß sinkt sie augenblicklich und fällt dauernd, bis der Akkumulator umgepolt ist.

6. Die Ladung darf nicht mit höherer als zulässiger Stromstärke erfolgen. Die Ladestromstärke ist gewöhnlich auf dem Sammler angegeben. Im Interesse einer größeren Lebensdauer des Akkumulators ladet man zweckmäßig nicht mit der größten, sondern mit einer etwas geringeren Stromstärke.

In den Ladestationen wird manchmal der Fehler gemacht, daß man mit zu hohem Strom ladet, weil man Zellen verschiedener Größen in Serie schaltet und möglichst schnell mit der Ladung fertig werden möchte. In Wirklichkeit müßte jeder Akkumulator nach seinem jeweiligen Ladezustand individuell behandelt werden, keinesfalls darf die höchstzulässige Ladestromstärke überschritten werden.

Da durch den inneren Widerstand des Akkumulators eine bestimmte Energiemenge sowohl bei der Ladung als auch bei der Entladung aufgezehrt wird, ist es erforderlich, ca. 20 bis 25% mehr in den Akkumulator hineinzuladen, als Amperestunden angegeben sind. Dies würden bei einer Zelle von 35 Amperestunden Kapazität ca. 42 Amperestunden sein $\left(35 + \frac{35 \cdot 20}{100}\right)$. Ratsam ist es, die Stromstärke während des ganzen Ladevorganges auf gleichbleibender Höhe zu halten, was durch allmähliches Ausschalten des Regulierwiderstandes oder Zuschalten von Lampen erreicht wird.

Nachstehende Tabelle gibt einen Ueberblick über den Stromverbrauch verschiedener Sorten Kohlefadenlampen, die als Ladewiderstände in Betracht kommen:

220 Volt 16 Kerzen = 0,25 Ampere,
220 Volt 32 Kerzen = 0,50 Ampere,
110 Volt 16 Kerzen = 0,50 Ampere,
110 Volt 32 Kerzen = 0,90 Ampere,
65 Volt 16 Kerzen = 0,85 Ampere,
65 Volt 32 Kerzen = 1,60 Ampere.

Um beispielsweise eine Ladestromstärke von 3 Ampere bei einer Netzspannung von 220 Volt zu erreichen, würde man sechs Lampen von 32 Kerzenstärken benötigen. Zum Laden kleinerer Zellen genügt ein einfacher Ladestöpsel, den man in jede beliebige Gleichstrom-Lichtleitung einschrauben und zum Laden bis 1 Ampere Stromstärke benutzen kann. Auf richtigen Polanschluß achten!

7. Gegen Ende der Ladung, beginnend bei etwa 2,4 Volt pro Zelle, steigen aus dem Elektrolyten, also aus der Schwefelsäure, Gasblasen auf, die von der Wasserzersetzung herrühren. Damit diese Gase entweichen können, sind die Zellenstöpsel zu öffnen. Zersetztes Wasser (Wasserstoff und Sauerstoff) ist Knallgas, daher feuergefährlich, und es darf deshalb kein brennendes Licht oder Zündholz in die Nähe eines ladenden Akkumulators gebracht werden. Die positive Platte nimmt im geladenen Zustande eine tiefbraune, die negative Platte eine dunkelgraue Färbung an.

8. Die elektrochemischen Vorgänge im Akkumulator während der Ladung vollziehen sich in der Weise, daß aus dem an beiden Platten des entladenen Akkumulators vorhandenen schwefelsauren Blei (Bleisulfat = 2 $PbSO_4$) unter dem Einfluß des Stromes und mit dem in der Schwefelsäure enthaltenen Wasser (H_2O) sich an der positiven Platte braunes Bleidioxyd (PbO_2) bildet, an der negativen dagegen dunkelgraues Blei (Pb), wobei sich wieder Schwefelsäure zurückbildet. Die chemische Formel für den Ladevorgang ist daher:

$2\,Pb\,SO_4$	$+\,2\,H_2O$	$=\,Pb\,O_2$	$+\,Pb$	$+\,2\,H_2\,SO_4$
Bleisulfat an beiden Platten	Wasser im Elektrolyten	pos. Platte Bleidioxyd	neg. Platte Blei	Schwefelsäure als Elektrolyt

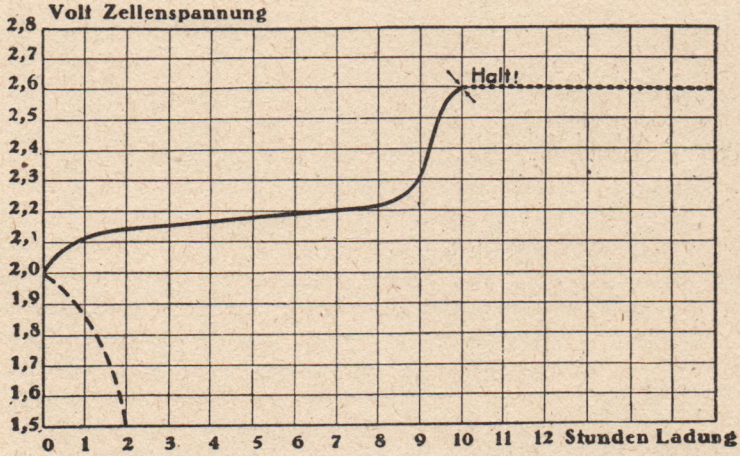


Abb. 155. Ladekurve eines Akkumulators.

2. Der Edison-Akkumulator.

Er besteht in seinem mechanischen Aufbau durchweg aus bestem, vernickeltem Stahlblech und ist deshalb sehr wider-

standsfähig gegen äußere Beschädigungen. Die ebenfalls aus vernickeltem Stahlblech hergestellten Elektrodengitter sind auch stark vernickelt, dienen aber nur als Träger der wirksamen Masse. Diese wird in kleinen Kästchen, sogenannten Taschen, aus sehr fein gelochten und vernickelten Stahlblechstreifen untergebracht und besteht bei der negativen Platte aus feinpulverisiertem Eisenoxyd, bei der positiven Platte aus einer mit Graphit oder Nickelflocken gemischten Nickelverbindung.

Die aktive Masse.

Die aktive Masse wird in diese Taschen, die teilweise auch Röhrenform haben, mit Maschinen eingestampft, worauf die Taschen in die Gitter unter hohem Druck eingepreßt werden.

Der Elektrolyt.

Der Elektrolyt besteht aus Kalilauge mit dem spezifischen Gewicht 1,2. Verdunstete Flüssigkeit wird durch Nachfüllen von destilliertem Wasser ersetzt.

Luftsauerstoffelemente und -batterien.

Um das Jahr 1900 wurden die ersten elektrischen Elemente und Batterien fabrikmäßig hergestellt. Es waren Leclanché-Salmiak-Typen. Sie bestanden aus einem Zinkzylinder, der aus Braunstein und Graphit zusammengepreßten Puppe — und einer Salmiaklösung als Elektrolyt. Schon wenige Jahre danach gelang ein für die Zukunft enorm wichtiger Fortschritt: Der Elektrolyt wurde durch eine Weizenmehlpaste ersetzt —, das „Trockenelement" war erfunden. Damit begann der Siegeszug der elektrischen Taschenlampe; damit war aber auch mit einem Male eine leicht transportable elektrische Kleinstromquelle geschaffen, die wie ein wirklicher Gebrauchsgegenstand absolut keiner Wartung bedurfte. Die Sache hatte nur einen Haken: Die Lagerfähigkeit der Batterien war recht gering. Aber man lernte im Laufe der Zeit, auch dieses Problem zu beherrschen durch möglichst sorgfältige Auswahl der Rohstoffe und eine besonders ausgeklügelte Bilanz des Wasserhaushalts im Element: Wenn das Element arbeitet, entwickelt und verbraucht es Wasser. Wenn es lagert, verdunstet Wasser. Der Wasserhaushalt muß so ausbalanciert sein, daß die Zelle weder im Wasser ersäuft — noch vertrocknet. Nur durch sehr sorgfältige Konstruktion und genaueste Prüfung der Rohstoffe

auch während der Fabrikation kann man den Wasserhaushalt gerade so einrichten, daß das Element eine große Lagerfähigkeit und genügende Belastbarkeit erreicht.

Die Firma Pertrix, Berlin, ersetzte kurz nach dem Weltkrieg den Salmiak-Elektrolyt durch Chlormagnesium. Dadurch stieg die Lagerfähigkeit bedeutend — und das war besonders für die Anodenbatterien wichtig, die ja grundsätzlich in langen Unterbrechungen, aber mit sehr geringen Strömen entladen werden. Das Chlormagnesium-Element ist unter diesen Voraussetzungen dem Salmiak-Element überlegen. Letzteres behielt aber seine Bedeutung auf dem Markt, weil es sich hoch belasten läßt und bei Dauerentladung mit verhältnismäßig hohem Strom besonders günstig arbeitet. Batterien, die mit für den Zellentyp großen Strömen entladen werden, wie Taschenlampenbatterien, werden deshalb zweckmäßig als Salmiak-Batterien gebaut, während man für Taschenlampenbatterien, die für Meßgeräte gebraucht werden, Chlormagnesium nimmt.

Der Umsetzungsvorgang des gewöhnlichen Braunstein-Elements ist folgender: Durch langsame Auflösung des Zinks (Zn) wird elektrische Energie frei. Es entsteht neben Zinkchlorid ($Zn\,Cl_2$), Wasserstoff (H_2), der unschädlich gemacht werden muß, da er die elektrische Spannung des Elements vermindern würde (Polarisation). Der im Element enthaltene Braunstein ($Mn\,O_2$) „verbrennt" ihn zu unschädlichem Wasser (H_2O) nach der Bruttoformel $2\,Mn\,O_2 + H_2 = H_2O + Mn_2O_3$. Neben diesem Hauptprozeß laufen aber noch eine Reihe Sekundärreaktionen. Dadurch bilden sich unlösliche Verbindungen, die die feinen Poren der Puppe verstopfen und allmählich verhindern, daß der Elektrolyt — der Stromträger — an die tiefer in der Puppe liegenden Braunstein-Körnchen gelangt. Der elektrische Widerstand des Elements wächst, und die Depolarisation — die Beseitigung des Wasserstoffs — wird unvollkommen. Die meisten Braunstein-Elemente versagen schließlich, nicht weil der Vorrat an Zink oder Braunstein erschöpft ist, sondern infolge Verkrustung. Sie sterben an hohem „inneren Widerstand".

Luftsauerstoff-Elemente.

Auch bei dem neuen Luftsauerstoff-Element wird der Strom durch Auflösung des Zinks in Elektrolyten erzeugt. Aber der zur Depolarisation benötigte Sauerstoff wird nicht mehr einer chemischen Verbindung entnommen, sondern unmittelbar der Außenluft. Zu diesem Zweck enthält die Puppe

außerordentlich feinkörnige Aktivkohle, die den Luftsauerstoff gierig an sich reißt. Diese Kohle wird aus Holz gewonnen und meist schon bei der Verkokung aktiviert, d. h. sauerstoffanziehend gemacht. Die Elementfabriken erhalten sie als staubförmiges Pulver. Mindestens die Hälfte der Puppenmasse besteht aus Aktivkohle. Sie gibt im Betrieb Sauerstoff an den Elektrolyt ab — und nimmt genau wieder soviel aus der Luft auf. Die Kunst des Luftsauerstoff-Elementbaues besteht darin, neben der Wasserbilanz, von der wir oben sprachen, auch die Sauerstoffbilanz über die ganze Lebensdauer der Zelle hinweg in Ausgleich zu halten. Während Braunstein-Elemente auch im Ruhezustand langsam Sauerstoff durch den Elektrolyt an das Zink abgeben — sich also selbst entladen —, arbeitet das Luftsauerstoff-Element erst, wenn es in Betrieb gesetzt wird.

Die Pertrix-Aerodyn-Anode — um eine besonders sorgfältig durchgebildete Luftsauerstoff-Batterie zu nennen — hat vier Atmungskanäle. Wenn man die Batterie belastet, dürfen nur so viele davon geöffnet werden, als Strom verbraucht wird. Man löst also zunächst nur den Verschluß eines Kanals, später den eines zweiten, dann den dritten — und zuletzt den vierten. Auf diese Weise erzielt man eine sehr lange Gebrauchsdauer, die bei unterbrochener Entladung merklich höher liegt als bei Braunstein-Anoden. Hinzu kommt, daß auch die Verkrustung der Puppe beträchtlich langsamer vor sich geht, weil die Luftsauerstoff-Puppe ja viel poröser ist. Natürlich gilt bei einem so anpassungsfähigen Stromerzeuger in besonders hohem Maße, daß nur bei richtiger Behandlung die volle Leistung und Lebensdauer erzielt wird. Luftsauerstoff-Elemente dürfen deshalb noch weniger überlastet werden als Braunstein- oder Salmiak-Batterien. Insbesondere darf ihr Wasserhaushalt nicht dadurch gestört werden, daß man zum Beispiel Wasser in die Luftkanäle hineingießt!

Die allgemeine Normung der Trockenbatterien hat auch die Luftsauerstoff-Elemente erfaßt. Gegenwärtig sind folgende Typen von Heizelementen im Handel:

Px.-Kat.-Nr.	VDE-Type	Abmessungen	Max. Belast.	Gewicht
2302	EKL	38 × 38 × 100	50 mA	0,18 kg
2303	ELL	55 × 55 × 110	100 mA	0,45 kg
2322	EML	66 × 160	200 mA	0,7 kg
2306	ENL	80 × 80 × 180	300 mA	1,6 kg
2308	EQL	105 × 105 × 195	400 mA	2,8 kg
2311	ERL	158 × 158 × 195	1000 mA	5,6 kg

KAPITEL XI.

Messen und prüfen.

Die für elektrische Messungen in Frage kommenden Meßinstrumente werden entweder direkt angeschlossen oder in Verbindung mit anderen Apparaten, Verstärkern und Schreibgeräten benutzt. In beiden Fällen sind einige wichtige Punkte zu beachten, wenn man zuverlässige Ergebnisse erzielen will.

a) Der Einfluß der jeweiligen Lage des Instrumentes auf das Meßergebnis wird oft unterschätzt. Es ist nicht gleichgültig, ob zum Beispiel ein liegend geeichtes Instrument bei der Messung in stehender oder schräger Lage benutzt wird. Und zwar sind die sich ergebenden Fehler um so größer, je mehr das Instrument gegen die bei der Eichung innegehaltene Lage geneigt wird. Dies bedeutet also, daß zum Beispiel ein stehend geeichtes Instrument auch nur in dieser Lage „richtig anzeigt". Bei sehr guten und entsprechend teuren Instrumenten ist die bei der Eichung innegehaltene Lage daher auch stets angegeben. Der starke Einfluß der Lage auf das Meßergebnis wird sofort klar, wenn man bedenkt, daß bei senkrechter Stellung der Achse ein erheblich kleinerer Teil des „Drehmomentes" von der „Reibung" in den Lagern der Achse verzehrt wird, als dies bei horizontaler Stellung der Achse der Fall ist. Naturgemäß ist daher der Einfluß der Lage um so größer, je kleiner das „Drehmoment", je empfindlicher also das Instrument ist.

b) Bei der Mehrzahl der Instrumente übt auch die Temperatur des sie umgebenden Raumes einen Einfluß auf das Meßergebnis aus. Dies ist ohne weiteres verständlich, da ja alle im Instrument vorhandenen Metallteile temperaturempfindlich sind. Besonders stark wirkt der Einfluß der Temperatur auf den elektrischen Widerstand der im Instrument vorhandenen Drahtwicklungen ein. Er macht sich um so stärker bemerkbar, je größer die Empfindlichkeit des Instruments ist. Da die Eichung der Instrumente gewöhnlich für eine Umgebungstemperatur von etwa 20° C gilt, ist diese Temperatur nach Möglichkeit auch bei allen Messungen einzuhalten. Geringe Temperaturunterschiede wirken sich allerdings noch nicht aus, da hierfür gewöhnlich geeignete Kompensationsmaßnahmen im Instrument selbst getroffen sind. Man hat zwar vielfach auch Instrumente mit automatischer Kompensation versehen, aber diese sind für den Amateur meist zu teuer.

c) Nun zum Einfluß äußerer Störfelder! Meist handelt es sich um magnetische Felder, die das Meßergebnis fälschen können. Am größten ist ein solcher Einfluß bei Weicheiseninstrumenten. Doch auch bei Drehspulinstrumenten können äußere magnetische Felder störend wirken, allerdings nur dann, wenn sie sehr stark oder nahegelegen sind. Viele neuen Instrumente haben eine Kompensationseinrichtung für äußere Störfelder.

d) Mitunter tritt auch eine Fälschung des Meßergebnisses ein, wenn zur Erweiterung der Meßbereiche zusätzliche Nebenschluß- oder Vorschaltwiderstände verwendet werden*). Erfolgt der Anschluß dieser Widerstände wahlweise über einen Rastenschalter, so werden nur dann richtige Ergebnisse erhalten, wenn der Schalter sauber ist und sichere Kontaktgebung gestattet. Die geringste Verunreinigung an den Kontakten fälscht das Meßresultat, und zwar um so mehr, je kleiner die zu messenden Werte sind. Wesentlich zweckmäßiger ist es daher, die gewünschte Meßbereicherweiterung durch einzeln anzuschließende Widerstände herzustellen, deren Anschlüsse zweckmäßig in Form sauberer starker Metallfahnen gehalten werden.

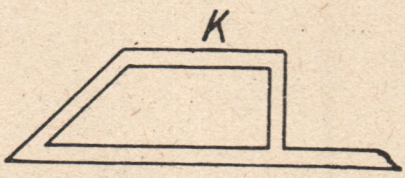


Abb. 156. Rähmchenzeiger.

e) Sehr wichtig ist auch die richtige Ablesung des Zeigerausschlages. Bei Instrumenten mit sogenanntem „Fahnenzeiger", der hauptsächlich bei billigen Instrumenten benutzt wird, ist eine genaue Ablesung nur dann möglich, wenn sich der Zeiger dicht über der Skala befindet, wenn also der Luftzwischenraum zwischen Zeiger und Skala sehr klein ist. Besitzt das Instrument jedoch einen Messerzeiger und eine Spiegelskala, so ist die Ablesung dann richtig, wenn der Zeiger sich mit seinem Spiegelbild deckt. Neuerdings werden Instrumente ohne Spiegelskala vielfach mit einem „Rähmchenzeiger" versehen, wie ihn die Abb. 156, von der Seite gesehen, zeigt. Bei einem solchen Rähmchenzeiger liest man richtig ab, indem man auf die mit K bezeichnete Kante sieht, wobei nur

*) Vgl. auch das Kapitel: „Einige wichtige Formeln".

diese Kante, nicht aber ein — wenn auch noch so kleiner — Teil des Rähmchens zu sehen sein darf.

f) Weiter ist darauf zu achten, daß man nach Möglichkeit oberhalb der Skalenmitte arbeitet, denn dort ist die Genauigkeit bei jedem Instrument am größten. Am Skalenanfang ist die Genauigkeit wegen des kleinen Drehmomentes stets am kleinsten. Diese Forderung läßt sich durch Wahl eines geeigneten Meßbereiches stets erfüllen.

g) Bezüglich der Verwendung ganzer Meßanordnungen müssen wir uns auf einige kurze Angaben beschränken.

Bei Wheatstoneschen Meßbrücken für Widerstandsmessungen spielt die Gleichmäßigkeit des Brückendrahtes eine große Rolle. Selbst wenn man voraussetzt, daß der Brückendraht anfänglich in seiner ganzen Länge genau gleichmäßig ist — was aber praktisch nicht immer zutrifft —, ist dies nach längerer Benutzung nicht mehr der Fall. Die Schuld hieran trägt die ungleichmäßige Abnutzung des Brückendrahtes durch den Gleitkontakt. Es sind daher von Zeit zu Zeit geeignete Prüfungen mit Hilfe geeichter fester Widerstände vorzunehmen.

Bei Kapazitäts-Meßbrücken können leicht Veränderungen in der Leitungszuführung oder im Vergleichskondensator auftreten, die natürlich das Meßergebnis mehr oder weniger beeinflussen. Eine von Zeit zu Zeit erfolgende Kontrolle der Eichung ist daher auch hier zu empfehlen. Dies gilt in gleicher Weise auch für Wellenmesser, bei denen noch Veränderungen in den Spulen bzw. in der Röhre und den Stromquellen auftreten können. Auch die Eichung von Röhrenvoltmetern wird zweckmäßig öfter kontrolliert.

h) Bei allen Messungen, ganz gleich, ob sie nur mit Instrumenten oder mit ganzen Meßanordnungen durchgeführt werden, sind noch folgende Punkte zu beachten. Alle Verbindungen sollen aus möglichst starker Litze bestehen. Vorhandene Kontakte und Schalter müssen unbedingt sauber sein. Wird dies nicht beachtet, so entstehen Fehler, die um so größer sind, je schwächer der fließende Strom ist. Man sehe zweckmäßig an geeigneten Stellen der Meßanordnung Sicherungen vor, damit nicht durch zufällig auftretende Ueberbelastungen die Instrumente beschädigt oder gar zerstört werden.

Der Glimmprüfer.

Zur Prüfung einer Leitung auf Spannung gegen Erde faßt man den Glimmprüfer am hinteren Ende, wobei man den dort

befindlichen Metallkontakt mit der Hand berührt. Die Spitze des Prüfers legt man an die zu untersuchende Leitung; hat diese Leitung gegen Erde Spannung, so leuchtet die Glimmröhre auf (Abb. 157).

Beispiele:

1. Prüfung auf Gleich- und Wechselstrom. Bei Gleichstrom leuchtet nur eine Hälfte der Glimmröhre auf, bei Wechselstrom beide Hälften.

2. Prüfung auf + oder —. Leuchtet die der Spitze des Glimmprüfers zugewandte Hälfte der Glimmröhre auf, so berührt die Spitze des Prüfers den negativen Pol (—). Leuchtet die andere Hälfte auf, so berührt die Spitze den positiven Pol (+). (Bei dieser Prüfung wird von der Eigenschaft der Glimmröhre Gebrauch gemacht, daß sich nur die mit dem negativen Pol verbundene Elektrode mit Glimmlicht bedeckt.)

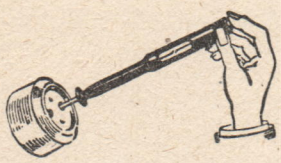


Abb. 157. Der Glimmprüfer zur Polbestimmung.

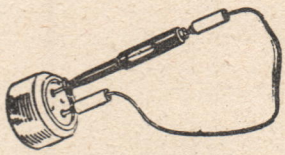


Abb. 158. Prüfung einer Leitung auf Spannung.

3. Prüfung auf Isolationsfehler (Berührungsgefahr): Man berührt mit der Spitze des Glimmprüfers das Metallgehäuse des zu prüfenden elektrischen Gerätes (siehe Abb. 159). Bei guter Isolation darf die Glimmröhre nicht aufleuchten. Den gleichen Versuch wiederholt man bei umgepoltem Anschlußstecker. Bei Wechselstromnetzen beobachtet man zuweilen trotz guter Isolation ein schwaches Aufleuchten (kapazitiver Stromübergang).

4. Prüfung auf Spannungshöhe. Je nach der Höhe der Spannung, die man an den Glimmprüfer legt, leuchtet die Glimmröhre stark oder schwach auf. Bei 110 Volt ist nur die Mitte der Glimmröhre schwach aufgehellt, während bei 220 Volt die eine oder beide Hälften der Röhre voll aufleuchten. Mit einiger Uebung kann man auch Zwischenwerte der Spannung abschätzen.

5. Prüfung einer Leitung auf Spannung. Um zwei Leitungen, zum Beispiel die Kontakte einer Steckdose,

auf Spannung zu prüfen, verlängert man den Glimmprüfer gemäß Abb. 158 durch Aufstecken einer mit Bananensteckern versehenen Leitungsschnur. In den Pol, der gegen Erde Spannung hat, steckt man den Bananenstecker (Prüfung gemäß Beispiel 2) und in den anderen die Spitze des Glimmprüfers. Die Glimmröhre leuchtet auf, wenn die Leitung unter Spannung liegt.

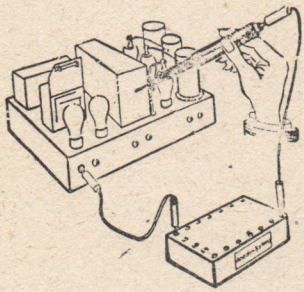


Abb. 159.
Prüfung von Geräten, Schaltungen, Röhren u. dgl.

6. Prüfung von Geräten, Schaltungen, Radioröhren und dergleichen. Hierzu verwendet man vorteilhaft eine 110-Volt-Batterie und verfährt gemäß Abbildung 159. Die Glimmröhre leuchtet auf, wenn die geprüfte Leitung (Heizfaden, Sicherung) keine Unterbrechung aufweist. Bei Kondensatoren zeigt sich zunächst ein Aufleuchten, weil sich der Kondensator über die Glimmröhre auflädt. Bei guter Isolation des Kondensators hört die Glimmentladung fast ganz auf, bei schlechter Isolation bleibt sie voll bestehen.

Selbstgebauter Wellenmesser.

Seit Beginn des Rundfunks sind eine große Anzahl Bastler-Wellenmesser erdacht und beschrieben worden. Ein einfaches Detektorgerät stellt schon einen Wellenmesser dar, da man es ja, wenn man es mit einem schwingenden Rundfunkempfänger in Resonanz bringt, über seine ganze Skala eichen kann, um dann nachher durch die umgekehrte Methode unbekannte Sender zu messen. Ein solches Gerät läßt sich auch mit einem Summer versehen und stellt dann den bekannten Summerwellenmesser dar. Die Meßgenauigkeit aller dieser Geräte ist aber fast immer ungenügend und entspricht bei weitem nicht der großen Trennschärfe moderner Empfangsgeräte und besonders nicht der außerordentlichen Ein-

stellschärfe von Kurzwellenempfängern. Ein einwandfrei arbeitender Wellenmesser läßt sich nur unter Anwendung von Röhren bauen. Auch hier sind die verschiedensten Konstruktionen aufgetaucht, die fast alle mit unmodulierten Schwingungen arbeiten. Der hier beschriebene Wellenmesser hat den großen Vorzug, daß er nicht nur ungedämpfte Schwingungen aussendet, sondern daß bei stärkerem Anheizen ein niederfrequenter Ton erzeugt wird, welcher die hochfrequenten Schwingungen moduliert und in seiner Höhe durch die Einstellung der Heizung veränderlich ist. Man kann also mit diesem kleinen Gerät ohne weiteres ungedämpfte und modulierte Schwingungen jeder beliebigen Frequenz erzeugen. Diese Tatsache mag dem Bastler merkwürdig erscheinen, besonders, da wir bei genauer Betrachtung sehen, daß das Raumladegitter in dieser Schaltung eine höhere positive Spannung hat als die Anode. Dieses ist aber gerade die Ursache der Entstehung von Schwingungen in dieser Schaltung. Es gibt eine ganze Reihe von Möglichkeiten, auf andere Art Schwingungen zu erzeugen als auf die allgemein bekannte Art mittels der Rückkopplung. Eine derselben ist die in der vorliegenden Schaltung benutzte. Als Röhre wird eine Doppelgitterröhre verwandt, die nach Abb. 160 geschaltet wird. Der Heizwiderstand kann bis 50 Ohm haben. Die Größe von C 1 und C 2 und W richtet sich danach, ob man die Schaltung hauptsächlich als Wellenmesser für kurze oder für Rundfunkwellen benutzen will. Für das Messen kurzer Wellen wählen wir für C 1 einen Wert von 100 cm oder doch wenigstens nicht höher als 250 cm, für C 2 100 bis 200 cm, für W 3 bis 5 Megohm. Der aus dem Drehkondensator C 1 und der Spule L gebildete Schwingkreis liegt einerseits am Pluspol der Anodenbatterie, andererseits direkt am Raumladungsgitter und über dem Blockkondensator C 2 am Steuergitter. Als Drehkondensator muß ein gutes Fabrikat verwendet werden, da es im anderen Falle nicht möglich ist, am gleichen Skalenteil stets die gleiche Wellenlänge wieder zu finden. Beim Auftreten von Handempfindlichkeit befestigt man am Einstellknopf am einfachsten eine 20 bis 30 cm lange Einstellstange aus Holz oder Hartgummi. Als Spulen sollten ebenfalls nur gute Spulen verwendet werden, deren Windungen sich auf keinen Fall gegeneinander verschieben können. Die geringste Verschiebung würde die Eichung verändern.

An die Heizung kann ein Voltmeter zur Ueberwachung der Heizspannung angeschlossen werden; im allgemeinen ist

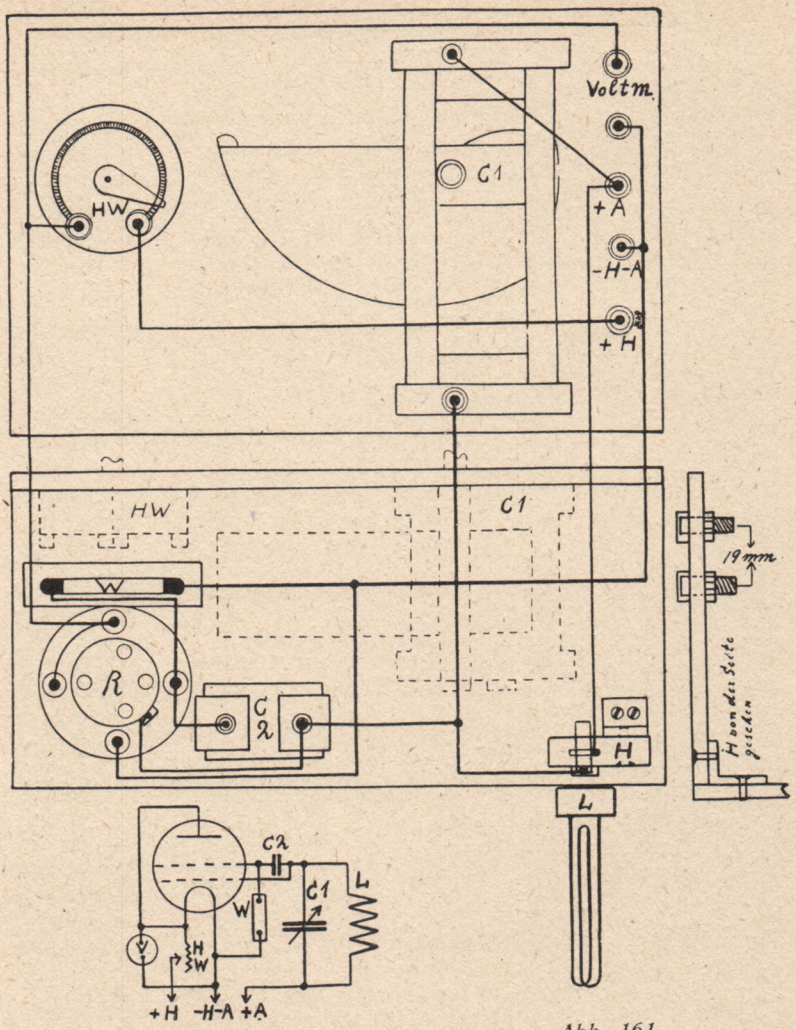


Abb. 160.
Schaltbild des Wellenmessers.

Abb. 161.
Bauplan des Wellenmessers.

dieses jedoch nicht nötig, so daß diese Buchsen fortgelassen werden können. Der Aufbau der Schaltung erfolgt am besten nach Abb. 161.

Für die Vorderplatte genügt die Größe 26 × 13 cm und für die Grundplatte von 20 × 10 cm.

Für die Spule, die hinten aus dem Apparat hervorragen soll, und vertikal steht, wird aus einer schmalen Trolitulleiste ein Halter angefertigt, welcher zwei Buchsen trägt, die untereinander stehen.

Die Anschlüsse für Akku und Anode, welche beide auch durch Taschenlampenbatterien ersetzt werden können, können durch Buchsen an der Vorderplatte geschehen, jedoch kann man auch hierfür eine kleine Leiste an der Hinterseite vorsehen oder die Leitungen zusammenfassen und als Mehrfachschnur direkt mit Akku und Anode verbinden.

Als Röhre eignet sich eine RE 074 d oder eine Valvo U 409 d. Letztere beansprucht meist zum Schwingen etwas höhere Anodenspannungen, während die RE 074 d oft schon bei sehr geringen Anodenspannungen schwingt.

Will man prüfen, ob das Gerät arbeitet, so könnte man an Stelle der Spule einen Kopfhörer einsetzen. Man wird dann beim Heizen den entstehenden Summerton hören. Meistens aber wird man den Wellenmesser lose mit einem Detektorkreis oder einem Empfänger koppeln durch Nebeneinanderstellen der Geräte, so daß Wellenmesserspule und Antennenspule parallel stehen, und dann die entstehenden niederfrequenten Schwingungen im Kopfhörer oder Lautsprecher abhören. Geht man mit der Heizung etwas zurück, hören die modulierten Schwingungen auf, und der Wellenmesser sendet nur noch unmodulierte Schwingungen, die man ebenfalls durch Anziehen der Rückkopplung im Empfänger überlagern und dann abhören kann.

Die Eichung ist außerordentlich einfach. Man stellt mit seinem Kurzwellenempfänger eine Anzahl einwandfrei zu hörender Stationen fest, neben dem Kurzwellenempfänger stellt man den Wellenmesser auf und dreht dessen Skala so lange, bis seine Schwingung mit der der Kurzwellenstation übereinstimmt. Nachdem man so mehrere Wellenlängen für den Wellenmesser festgestellt hat, zeichnet man nach diesen Fixpunkten eine Eichkurve, die dann späterhin durch Nachmessungen beim Vergleichen mit anderen Kurzwellenstationen noch verbessert und verfeinert werden kann. Es lassen sich aber noch eine ganze Anzahl anderer Versuche und Messungen mit diesem Instrument ausführen.

Das Transitron — ein neuer negativer Widerstand.

Die bekannte Schaltung des Dynatrons erfordert eine Doppelgitterröhre. Da aber solche Röhren schon seit län-

gerer Zeit nicht mehr überall zu haben sind, ist es für den Bastler schwer, ein Dynatron aufzubauen. Eine allgemein gängige Röhre ist die Fünfpolröhre (Hochfrequenzpentode oder Endpentode). Sie eignet sich noch viel besser zur Herstellung eines negativen Widerstandes, weil sie weniger Alterserscheinungen durch das stark beanspruchte Fanggitter unterworfen ist als das Dynatron. Die Amerikaner, die die neue Schaltung erfunden haben, gaben ihr den Namen Transitron. Mit ihr kann man Schwingungen erzeugen, die von der niedrigsten Hörfrequenz bis zu den Ultrahochfrequenzen reichen und sich durch eine sehr große Oberwellenfreiheit auszeichnen. Daher eignet sich das Transitron vorzüglich zum Aufbau von Wellenmessern, Tonfrequenzgeneratoren und ähnlichen Schwingungserzeugern.

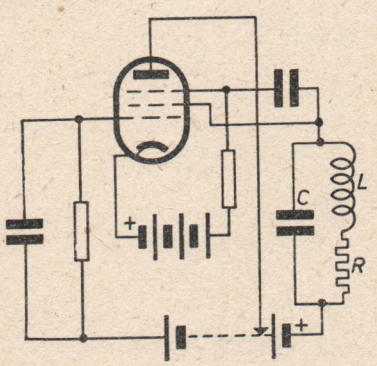


Abb. 162. Das Transitron.

Das Prinzip ist folgendes: Das negative Fanggitter bremst die von dem positiven Schirmgitter beschleunigten Elektronen ab und beugt sie zum Teil darauf zurück. Verringert man die positive Spannung des Schirmgitters, so vergrößert sich automatisch (weil ja eine einzige Anodenbatterie benutzt wird) die negative Vorspannung des Fanggitters. Es stößt also mehr Elektronen zurück als vorher. Baut man den Schwingungserzeuger nach Abb. 162 auf und wählt die Spannungsverhältnisse so, daß der Arbeitspunkt im fallenden Teil der Kennlinie liegt, dann entstehen Schwingungen. Die Frequenz ist bestimmt durch L und C, wobei zwischen beiden ein Scheinwiderstandsverhältnis bis 1 : 1 000 000 bestehen kann. Mit einer gewöhnlichen Endpentode erreicht man Schwingungen

bis 10 000 000 Hertz. Die Amplitude derselben ist sehr konstant. Um auch bei ganz niedrigen Frequenzen noch ein sicheres Einsetzen der Schwingungen zu erreichen, kann man einen Widerstand R von 50 bis 500 Ohm in den Schwingungskreis legen. Wählt man einen Drehwiderstand — etwa von 0 bis 1000 Ohm —, so kann man sogar Kippschwingungen erzeugen, da mit größer werdendem R die Schwingungsform immer mehr von der Sinuslinie abweicht. Für Wellenmesser kommt die Zuschaltung von R natürlich nicht in Betracht, schon deswegen nicht, weil dieser Widerstand auch die Frequenz beeinflußt.

Die Wahl der Spannungen ist keineswegs kritisch. Wählt man zum Beispiel die Anodenspannung zwischen 2 bis 50 Volt, so muß die Schirmgitterspannung zwischen 4 und 200 Volt liegen. Die Fanggitterspannung ist Null. Aus der Tatsache der großen Spannungsvariation läßt sich entnehmen, daß man sogar mit einer Anodenspannung von 2 Volt und einer Schirmgitterspannung von 4 Volt noch tadellose Schwingungen erhält, also sehr kleine Batterien verwenden kann (z. B. zwei 3-Volt-Taschenlampenbatterien hintereinander). Widerstand und Kondensator in der Steuergitterleitung sind ebenfalls nicht kritisch — z. B. 1000 Ohm und 0,01 µF (kleine negative Vorspannung). Die Größen L und C richten sich nach dem gewünschten Frequenzbereich und sind für Wellenmesser ebenso groß zu wählen wie beim Rundfunkempfänger (Mittelwelle 0,11 mH, Langwelle 1,25 mH). Der Kondensator im Fanggitterkreis kann mit 500 pF, der Widerstand mit 10 000 Ohm eingesetzt werden. Die Werte sind in keiner Weise kritisch und richten sich natürlich nach dem Frequenzbereich, mit dem der kleine Sender arbeiten soll.

Für Wellenmesser genügt die kleine Hochfrequenzpentode KF 4 oder KF 7, mit der sich ein ganz besonders einfaches Transitron aufbauen läßt.

Die Beschäftigung mit der neuen Kleinstsender-Schaltung dürfte ernsthaften Bastlern viele Anregungen geben.

Empfindliches Röhrenvoltmeter mit Fünfpolröhre*).

Für viele Zwecke ist ein Röhrenvoltmeter erforderlich, das mit nur einer Röhre auch recht kleine Spannungen

*) Aus DRB. Bd. 34: *Funk-Meßtechnik* für Radio-Bastler- und Techniker. Von Ing. Kurt Nentwig. V. erweiterte und verbesserte Auflage mit 155 Abbildungen und 6 Tafeln. Preis: kart. 3,60 RM., Leinen 4,80 RM.

— unter etwa 1 Volt — zu messen gestattet, ohne daß ein hochempfindliches und entsprechend teures Anzeigeinstrument benötigt wird. Bei der Verwendung einer Fünfpol-Schirmröhre ist dies ohne weiteres möglich. An Hand des in der Abb. 163 wiedergegebenen Schemas sei kurz auf ein solches Röhrenvoltmeter eingegangen.

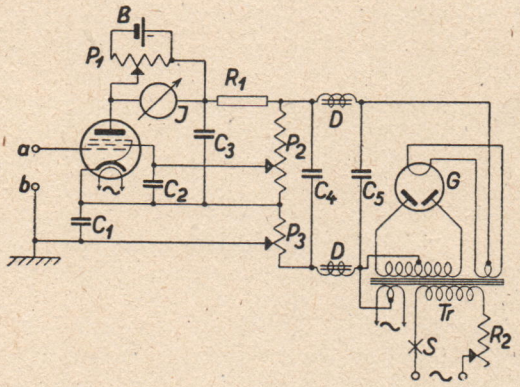


Abb. 163. Empfindliches Röhrenvoltmeter mit Fünfpol-Schirmröhre.

Die Röhre des Gerätes ist als Anodengleichrichter geschaltet. Das Anzeigeinstrument (J) soll bei etwa 1 bis 2 mA Vollausschlag erreichen und tunlichst eine 150teilige Skala besitzen. Im ersten Fall (Meßbereich 1 mA) ergibt sich ein Meßbereich des Röhrenvoltmeters bis zu etwa 1,6 Volt eff; im zweiten Fall dagegen ein solcher bis zu etwa 3 Volt eff. Um den bei Kurzschluß der Klemmen a/b noch vorhandenen kleinen Anodenstrom von etwa 0,1 mA zu kompensieren, wird dem Instrument von der Batterie B über das Potentiometer P_1 eine kleine Gegenspannung aufgedrückt. Für B genügt ein Trockenelement von etwa 1,5 Volt. Die Größe von P_1 soll etwa $2 \cdot 10^4$ Ohm betragen. Der Hochohmwiderstand R_1 soll eine Größe von etwa 0,2 Megohm und der Kondensator C_3 eine Kapazität von etwa 4 µF besitzen.

Ueber das Potentiometer P_2 ($5 \cdot 10^4$ Ohm) wird dem Schirmgitter der Röhre eine Spannung von 45 Volt und über P_3 (500 Ohm) dem Steuergitter eine negative Vorspannung von — 2 Volt zugeführt. Die Kapazität der Kondensatoren C_1 und C_2 beträgt je 2 µF.

Alle Spannungen werden von einem Netzteil geliefert, der aus dem Transformator Tr („Erka“ Nv/30/250), der Gleichrichterröhre G (Valvo G 504 bzw. Telef. RGN 504), den beiden Drosseln D („Erka“ FD/30/50) und den Kondensatoren C_4, C_5 besteht. Der mit Ringkern ausgerüstete Transformator und die Drosseln haben den Vorteil, kein Streufeld zu besitzen, was gerade bei einem empfindlichen Gerät, wie dem hier geschilderten Röhrenvoltmeter, sehr wichtig ist. Die Kapazität von C_4 und C_5 ist mit 4 µF ausreichend gewählt.

Auf der Primärseite des Transformators liegt neben dem Ausschalter S noch ein veränderlicher Widerstand (R_2) von etwa 2000 Ohm. Dieser Widerstand bietet die Möglichkeit, stets die bei der Eichung vorhanden gewesene Netzspannung einzustellen.

Nach Fertigstellung des Gerätes werden zunächst die Buchsen a/b miteinander verbunden. Dann wird durch geeignete Einstellung von R_2 dafür gesorgt, daß der Transformator eine etwa 10% unter der normalen Netzspannung liegende Spannung erhält, wobei zur Kontrolle ein Wechselstromvoltmeter mit dem Netz verbunden wird. Hierauf wird P_3 so verändert, daß eine negative Vorspannung von —2 Volt am Gitter der Röhre liegt. Desgleichen wird an P_2 die Schirmgitterspannung von 45 Volt eingestellt. Nunmehr wird J einen kleinen Ausschlag anzeigen, weshalb P_1 solange zu verändern ist, bis der Zeiger auf dem Nullpunkt der Skala steht.

Während der Eichung und auch bei der praktischen Benutzung sind von Zeit zu Zeit die Klemmen a/b miteinander zu verbinden, damit R_2 zur Herstellung der bei der Eichung vorhanden gewesenen Betriebsbedingungen entsprechend verändert werden kann. Der richtige Zustand ist stets dann vorhanden, wenn der Zeiger des Instrumentes auf dem Nullpunkt steht. Bei allen Messungen ist darauf zu achten, daß Punkt b geerdet ist. Etwa geerdete Punkte des jeweiligen Meßbereiches sind also stets mit der Buchse b zu verbinden.

Hochfrequenz-Meßgenerator für Musikprüfungen.

Der hier dargestellte Generator dient folgendem Zweck: Die Untersuchung von Rundfunkempfängern auf Klanggüte ist eine der schwierigsten Aufgaben, weil die meßtechnische Erfassung der Klanggüte ja nur einzelne Bestimmungsstücke betrifft — Frequenzgang, Frequenzumfang, Klirrgrad und Dynamik-

umfang —, der Klangeindruck selbst aber in Wirklichkeit kaum jemals klar definierbar ist, da er sich aus psychologischen, physiologischen und physikalischen Komponenten zusammensetzt. Die Praxis hat gezeigt, daß eine derartige Untersuchung nur dann alle Komponenten umfaßt, wenn sie tatsächlich mit wirklicher Musik, nicht aber mit physikalischen Tonerzeugern ausgeführt wird. Da es notwendig ist, die Klangwirkung „über alles", d. h. vom Eingang des Empfängers bis zum Ohr des Zuhörers, zu erfassen, so muß man natürlich die wirkliche Musik einem hochfrequenten Träger aufmodulieren, dessen Spannung an den Eingang des Empfängers gegeben wird. Unter Beachtung der hierbei notwendigen Vorsichtsmaßnahmen hinsichtlich Uebersteuerung der Eingangsröhre und Uebermodulation erhält man tatsächlich ein genaues Bild der wirklichen Klanggüte des Empfängers. Man benutzt als Modulation die Musik einer Schallplatte, deren klanglicher Inhalt sehr genau bekannt und deren Amplituden- und Frequenzumfang genügend groß ist. Der Verfasser verwendet für diesen Zweck meistens Columbia LWX 37 „Ouvertüre zur seidenen Leiter" für Orchester — Tiana Lemnitz „Lied von der Weide" aus „Othello", Electrola DB 4595 für Sopran — Electrola DB 1700 Schaljapin „Die Legende von den zwölf Briganten" für Baß — und Electrola DB 1481 (Duett) für die Untersuchung des Zusammenklangs mehrerer Stimmen.

Wenn man die Musik der Platte wirklich genau kennt, so daß man auf jede Schwingung hören kann, ergibt sich aus einer solchen Untersuchung ein sehr zuverlässiges Bild von dem, was man im allgemeinen die Musikalität eines Empfängers nennt. Der im Schaltbild gezeigte Generator ergibt am Ausgang eine Hochfrequenzspannung von 5 bis 10 Millivolt bei einer Frequenz von rund 1000 kHz, wobei zur vollständigen Durchmodulierung, die unbedingt auf 30% zu beschränken ist, eine Tonfrequenzspannung von etwa 10 Volt eff. notwendig ist.

Der Aufbau eines derartigen Meßinstrumentes ist keineswegs leicht und erfordert außerordentlich hohe Präzision und erstklassige Abschirmung jeder einzelnen Stufe und des Gesamtgerätes. Wenn wir das Schaltschema trotzdem in diesem Buch veröffentlichen, so aus dem Grunde, weil in der sonstigen Literatur gerade ein derartiger Apparat nicht beschrieben ist und der Verfasser gefunden hat, daß mit der oben angegebenen Methode bei sehr sorgfältiger Auswahl der Schallplatten und genauer Beachtung der technischen Voraus-

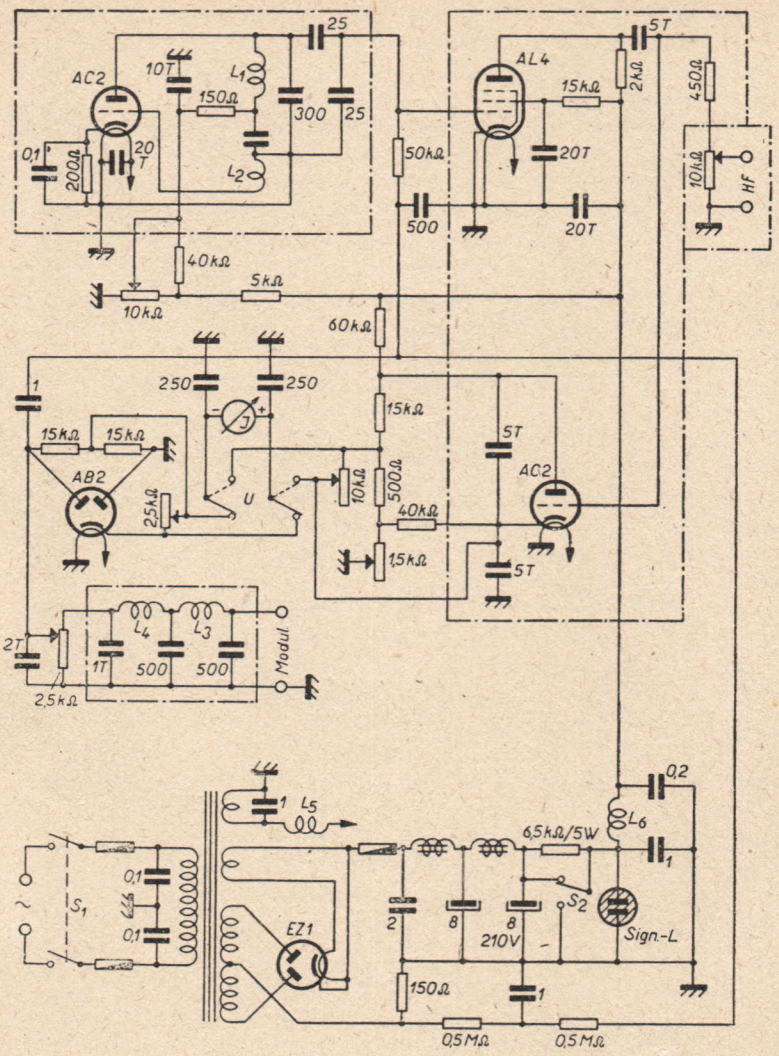


Abb. 164. Hochfrequenzmeßgenerator.

setzungen eine wirklich einwandfreie Untersuchung des Empfängers auf seine Musikalität durchgeführt werden kann.

KAPITEL XII.

Bastlerwinke.

Trimmen von Empfängern.

Seitdem bei Mehrkreisempfängern alle Drehkondensatoren auf einer gemeinsamen Achse sitzen — und keine Ausgleichmöglichkeiten mehr für Kapazitätsänderungen durch Verdrehen eines Stators oder Verbiegen der Endplatten vorhanden sind, geschieht der genaue Abgleich der Kreise auf Gleichlauf durch sogenannte „Trimmer". Das sind Kleinblockkondensatoren sehr geringer Kapazität (10 bis 50 pF) auf keramischem Isolierkörper mit einer drehbaren Deckplatte. Die verschiedenen Typen derselben unterscheiden sich hauptsächlich hinsichtlich Verlustfreiheit und Temperaturgang voneinander. Die sogenannten Temperaturausgleichtrimmer sind durch Plus- und Minusgrade auf der Deckplatte gekennzeichnet. Das Isoliermaterial ist rutilhaltig. Ihre Kapazität ändert sich n i c h t, wenn man die Trimmerschraube dreht. Was sich ändert, ist lediglich der Temperaturgang. An solchen Trimmern darf man also nichts verstellen. — Die geringsten Hochfrequenzverluste und die kleinsten Toleranzen sind bei den Trimmern im Oszillatorkreis des Superhets erforderlich.

Die Trimmerblocks liegen immer parallel zu dem Kondensator, dessen Kapazität auf Gleichlauf nachgestimmt werden soll. Die Einstellung der Trimmer soll möglichst nur im unteren Teil des Wellenbereiches vorgenommen werden. Als Meßfrequenz kann im Mittelwellenband der Sender Gleiwitz dienen — bei Langwellen Kalundborg.

Neben dem Kapazitätsausgleich ist bei Spulen mit Hochfrequenzeisen auch die Induktivität veränderlich — und zwar entweder durch Abgleichscheiben oder drehbare Eisenkerne. Induktivitäten sollen nur im oberen Teil des Wellenbereichs nachgestimmt werden. Hierfür kann man die Sender Stuttgart oder Wien im Mittelband — und Hilversum im Langwellenband verwenden. Grundsätzlich beachte man, daß bei Scheibentrimmern die Kapazität durch Rechtsdrehung vergrößert wird — und durch Linksdrehung verkleinert. Bei den Eisenkernspulen gilt das gleiche für die Induktivität.

Ob ein Apparat getrimmt (nachgestimmt) werden muß, erkennt man daran, daß der Stationszeiger nicht mehr genau im Abstimmfeld steht — die Einstellung der Stationen verschiebt sich auf der Skala. Ist sie in allen Bereichen nach links verschoben, dann hat sich wahrscheinlich die Anfangs-

kapazität des Drehkondensators verändert. Sind im linken Bereich der Skala (wir setzen die normalisierte Skala voraus, bei der der Wellenbereich links mit der niedrigsten Welle beginnt) die Stationen nach rechts verschoben, also nach Richtung längerer Wellen, so müssen die Trimmer auf größere Werte eingestellt werden (Rechtsdrehung) — sind sie aber nach links verschoben, so muß die Trimmerkapazität durch Linksdrehung verkleinert werden.

Grundsätzlich beginnt das Trimmen mit der Ausrichtung des Zeigers und seines Triebwerks; denn es kommt ja vor, daß sich die Kreise elektrisch gar nicht verändert haben, aber die Anzeigevorrichtung mechanisch nachgestellt werden muß. Arbeitet ein Super nur auf der Welle Kalundborg, so kann man darauf schließen, daß der Oszillator nicht mehr schwingt, weil bei dieser Station durch die Oberwelle ein Empfang auf der Zwischenfrequenz direkt möglich ist.

Zum Trimmen gehören zwei Instrumente: Ein Eichsender und ein Outputmeter. Hat man diese Instrumente nicht zur Hand, so kann man bei genügender Sorgfalt auch mit den obengenannten Eichstationen zurecht kommen, indem man auf größte Lautstärke abstimmt, wobei es aber zweckmäßig ist, den Schwundkanal am Zwischenfrequenztrafo nach Chassis kurzzuschließen, da ja der Schwundausgleich bei Verstimmung die Lautstärke wieder auf den anfänglichen Wert hochschieben würde. Bei Rückkopplungsempfängern ist die Rückkopplung auf den kleinsten Wert einzustellen. Der Lautstärkeregler ist auf volle Lautstärke zu drehen.

Bei Einkreisempfängern ist gewöhnlich für die Mittelwelle ein Trimmer und eine veränderliche Selbstinduktion vorgesehen, für die Langwelle nur der Spulenabgleich. Man stellt im Mittelbereich den Sender Gleiwitz ein oder — unter Ausschaltung von Antenne und Erde — mit dem Eichsender die entsprechende Frequenz. Dann wird der Trimmer langsam verstellt, bis am Outputmeter der höchste Ausschlag auftritt oder im Lautsprecher die größte Lautstärke erzielt wird. Danach stimmt man durch Veränderung der Selbstinduktion den oberen Teil dieses Wellenbereichs ab. Ist ein Spulenabgleich nicht vorhanden, so hält man den Drehkondensator in der Abstimmstellung fest — und rückt den Zeiger nach, bis er im Feld der Station steht. Hierauf wird im unteren Wellenbereich der Trimmer fein nachgestellt . . ., dann im oberen die Spule oder der Zeiger — und so fort, bis die Skala wieder stimmt. — Im Langwellenbereich wird nur die Selbstinduktion nachgestellt.

Bei Mehrkreisempfängern ist für die Kurzwelle Trimmerabgleich vorgesehen, für die Mittelwelle Trimmer- und Spulenabgleich, für die Langwelle Trimmer- und Spulenabgleich — oder nur der Spulenabgleich. Die Nachstimmung auf Kurzwelle erfolgt im 25-m-Band. Bei der Mittelwelle wird der untere Eichpunkt durch Trimmer — und der obere durch Induktion korrigiert. Der Vorgang ist wie immer so lange zu wiederholen, bis die Eichung stimmt. Bei der Langwelle stimmt man den unteren Eichpunkt durch Trimmer, den oberen durch die Spule nach.

Hat ein Zweikreiser keine verstellbaren Spulen, so wird nach Einstellung des unteren Eichpunktes durch den Trimmer der obere bei festgehaltenem Drehkondensator durch Nachrücken des Zeigers getrimmt. Man trimmt immer erst die Kurzwelle, dann die Mittelwelle und zuletzt die Langwelle — und zwar beginnt die Arbeit beim Audion- respektive dem an der Diode liegenden Kreis und endet beim Antennenkreis. Nur bei Reflexempfängern kann man auch mit dem Antennenkreis beginnen. Bei allen Rückkopplungsempfängern prüft man zweckmäßig vor der Trimmung, ob der Apparat von unten bis oben bei angezogener Rückkopplung durchschwingt. Ist dies der Fall, dann kann man meist annehmen, daß der Gleichlauf noch stimmt.

Bei Superhets ist es besonders wichtig, daß sie von Zeit zu Zeit nachgestimmt werden. Der Super arbeitet mit einer Oszillatorfrequenz, die um die Zwischenfrequenz höher ist als die Empfangsfrequenz, wobei einfach ein entsprechender Serienkondensator oder Serientrimmer hintereinander mit dem Abstimmkondensator des Oszillatorkreisers geschaltet ist. Dieser Serientrimmer kann sich natürlich im Laufe der Zeit ein wenig verstimmen — und dann leidet der Empfang in allen Wellenbereichen ungemein. Bei den neueren Superhets mit nur zwei Drehkondensatoren wird ein Zwischenfrequenzleitkreis in die Antenne geschaltet, der für die Zwischenfrequenzwelle als Kurzschluß wirkt. (Sonst würde ein Sender, der zufällig auf der Zwischenfrequenz arbeitet, auf allen Wellen durchschlagen.) Entsprechend dem Aufbau eines Superhets sind sowohl für die Zwischenfrequenz und den Leitkreis wie den Oszillator und den Vorkreis Trimmer und veränderliche Selbstinduktionen vorgesehen. Beim Oszillator wird der Serientrimmer in jeden Wellenbereich mit umgeschaltet, so daß also hier soviele Serientrimmer vorhanden sind, wie der Apparat Wellenbereiche hat.

Das Abgleichen eines Superhets erfordert eine beträchtliche Arbeit und große Sorgfalt. Zuerst wird der Eichsender auf die Zwischenfrequenz eingestellt und an die Antennen- und Erdbuchse des Empfängers angeschlossen. Dann stellt man den Mittelwellenbereich im Apparat ein und dreht den Drehkondensator fast bis zum Anschlag ein. Eine eventuelle Rückkopplung wird bis kurz vor den Schwingungseinsatz angezogen. Parallel zum Lautsprecher wird das Outputmeter geschaltet. Bei den meisten Mischröhren kann man direkt an das Steuergitter herangehen, das über einen Widerstand von 50 000 Ohm mit dem Chassis verbunden wird (bei Allstromgeräten natürlich mit der Erdbuchse). Das Steuergitter liegt bekanntlich fast immer oben an der Röhre, so daß die Verbindung sehr einfach herzustellen ist.

Die Arbeit beginnt mit dem an der Diode befindlichen Zwischenfrequenzkreis. Bei manchen Empfängern ist es zweckmäßig, die jeweils nicht benutzte Seite des Bandfilters mit einem Widerstand von 30 000 Ohm zu überbrücken. Im Kurzwellenbereich werden die Trimmer bei 20 oder 25 m, die Selbstinduktionen bei 50 m auf Höchstausschlag eingestellt. Im Mittelbereich und auf langen Wellen kann man die gleichen Einstellpunkte wählen, die oben genannt sind. Hat ein Super Bandfilter mit veränderlicher Durchlaßbreite, so stellt man diese auf höchste Bandbreite ein. Man kann jedoch hierfür eine allgemein gültige Vorschrift nicht geben. Denn die veränderlichen Bandfilter sind sehr verschieden gebaut. Daher geben die Firmen für jeden Apparat eine Abgleichvorschrift heraus, nach der man sich richten muß. Normalerweise geht man beim Trimmen eines Supers in der Reihenfolge vor: Diodenseite des zweiten Bandfilters, Anodenseite des zweiten Bandfilters, Sekundärseite des ersten — und Primärseite des ersten Bandfilters. Dann wird der Leitkreis auf Kleinstausschlag des Ausgangsinstrumentes eingestellt. Hat man aber vorher die Meßsenderenergie über das Steuergitter des Mischers zugeführt, so muß natürlich zur Einstellung des Leitkreises der Meßsender an die Antennenbuchse angeschlossen werden.

Richtig trimmen ist natürlich genau so eine Frage der Uebung wie Klavierstimmen. Wer diese Arbeit das erstemal durchführt, kann sich dadurch vor Fehlgriffen schützen, daß er systematisch und sorgfältig vorgeht — und die Eichung immer wieder kontrolliert, bis er wirklich überzeugt ist, daß sie genau stimmt.

Beseitigung des Brummens beim DKE.

Das Brummen eines DKE liegt meistens an der nicht oder nicht genügend abgeschirmten Gitterkombination — und tritt besonders leicht beim Betrieb an Gleichstromnetzen auf. Um es zu beseitigen, schneidet man ein Blech nach der Zeichnung 165 aus 0,5 bis 1 mm starkem Aluminiumblech, und zwar

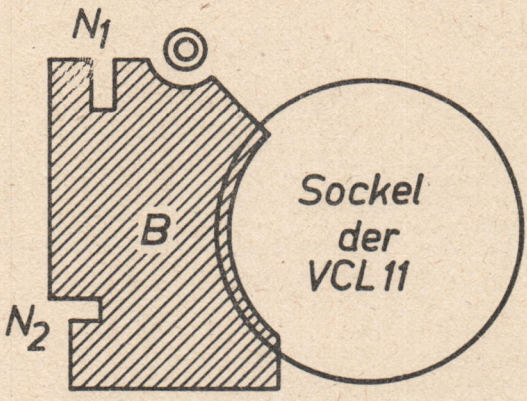


Abb. 165.
Schutz der Gitterkombination des DKE durch ein Blech B.

im Maßstab 1 : 1. Dieses schiebt man unter den Rand des Sockels der VCL 11, wie die Zeichnung zeigt. Bei N 1 und N 2 werden kleine Einschnitte gemacht, die man nach oben abbiegt. Bei N 2 wird das Blech mit der gemeinsamen Minusleitung verlötet.

Tonabnehmeranschluß für DKE.

Der DKE 38 kann in sehr einfacher Weise mit einem Tonabnehmeranschluß versehen werden: Man kauft sich eine im Handel fertig erhältliche Steckerbuchsenleiste St, die zwei federnde Buchsen enthält. Mit zwei verdrillten Haltedrähtchen H von etwa 0,7 mm Stärke wird sie neben der Antennenbuchsenleiste P des DKE befestigt. Man braucht dazu nur ein Loch H (links) vorsichtig zu bohren, während für die rechte Befestigung H bereits ein Loch vorhanden ist, das gerade paßt. A 1 in der Zeichnung ist die Antennenbuchse. Die Steckerbuchse 1 wird mit dem Gitter des Dreipolröhrenteils des VCL 11 verbunden. Man geht an dasjenige Anschlußdrähtchen des Gitterkondensators heran, das mit dem Röhren-

sockel direkt in Verbindung steht. Die Gitterkombination liegt in dem kleinen Abschirmblech B, so daß die Leitung sehr kurz wird. Die Buchse 2 ist mit Isolierband zu umwickeln, damit sie das Abschirmblech nicht berührt. Sie wird über einen Blockkondensator von 50 000 pF mit der Minusleitung verbunden, die zum Beispiel das Abschirmblech B sein kann. Zum Schluß wird der Ausschnitt der Rückwand des DKE so weit ausgesägt, daß die Tonabnehmerbuchsen von außen leicht zugänglich sind.

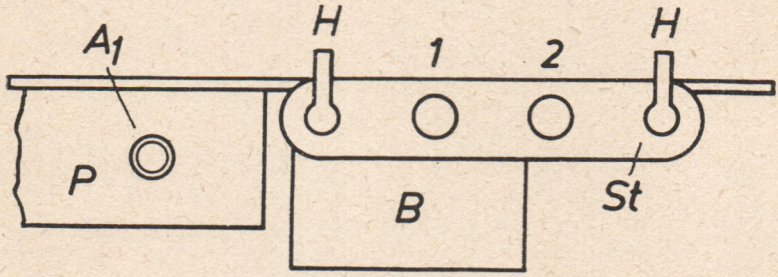


Abb. 166. Tonabnehmeranschluß für DKE.

Am besten geeignet ist für den DKE ein Kristall-Tonabnehmer, weil er die Bässe anhebt. Bei magnetischen Tonabnehmern kann unter Umständen die Spannung nicht ausreichen, um das Gerät durchzusteuern. Dann muß man einen Tonfrequenz-Uebertrager 1 : 10 bis 1 : 20 vorschalten. Der Tonabnehmer selbst muß natürlich einen Lautstärkeregler haben, weil im DKE keiner enthalten ist.

Verbesserung eines Geradeausempfängers für Kurzwellenempfang.

Will man einen älteren Ein- oder Zweikreiser für Kurzwellenempfang adaptieren, so kommt es besonders darauf an, den Rückkopplungseinsatz weicher zu machen. Abbildung 167 zeigt, wie man dies in einfachster Weise erreichen kann. Vor der Hochfrequenzdrossel Dr liegt gewöhnlich ein Ableitkondensator von 80 pF. Nun schaltet man parallel hierzu einen Trimmerblock von 10 pF Kapazität hintereinander mit dem Rückkopplungskondensator, dessen Maximalkapazität meist 100 bis 250 pF beträgt. Dann kann die Gesamtkapazität des Zweiges nicht größer werden als 80 + 7 pF = 87 pF — wodurch sich eine außerordentlich feine Reguliermöglichkeit der

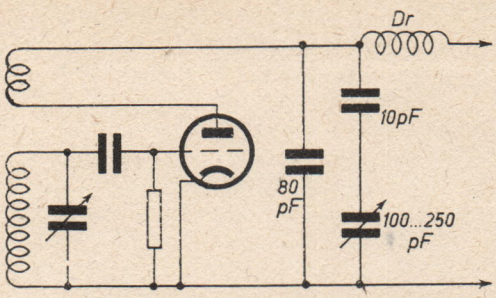


Abb. 167.
Verbesserung eines Geradeausempfängers für Kurzwellenempfang.

Rückkopplung ergibt. (Nimmt man die Nullkapazität des Drehkos mit 20 pF an, so wird die Zweigkapazität $\frac{10 \cdot 20}{10 + 20}$ ≃ 7 cm, die sich zu den 80 pF addieren.)

Der richtige Tonabnehmeranschluß.

Bei normalen Audionschaltungen kann man den Tonabnehmeranschluß einfach parallel zum Gitterableitwiderstand schalten, wie die Abb. 168 zeigt. Dabei ist aber Voraussetzung, daß die Impedanz des T.-A. nicht sehr groß ist. Bei magnetischen Tonabnehmern ist diese Voraussetzung immer erfüllt.

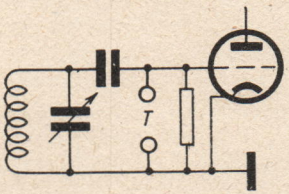


Abb. 168. Tonabnehmeranschluß für magnetische Tonabnehmer mit kleiner Impedanz.

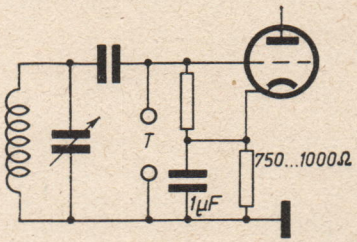


Abb. 169. Tonabnehmeranschluß für Kristall-Tonabnehmer mit sehr hoher Impedanz.

Hat man aber einen Kristall-Tonabnehmer, dessen Impedanz sehr hoch ist (über 10 000 Ohm bei 1000 Hz), dann würde der Gitterstrom den Tonabnehmer zu sehr belasten, weil ja in der einfachen Audionschaltung praktisch keine negative Vorspannung vorhanden ist. Man muß also in die Kathode der Röhre

einen Widerstand mit Kondensator legen, damit das Gitter eine negative Vorspannung bekommt. Nach Abb. 169 besteht diese Kombination aus einem Widerstand von 750 bis 1000 Ohm (je nach der Röhre) und einem Block von 1 µF.

Trotzdem die Schaltung einfach ist, muß bei der praktischen Ausführung darauf geachtet werden, daß keine kapazitive Störungsübertragung auftritt. Die Leitung von der Tonabnehmerbuchse zum Gitter muß daher unbedingt als Abschirmkabel ausgeführt sein und in der Nähe geerdeter Metallteile verlegt werden. Daß sie möglichst kurz sein soll, ist selbstverständlich. Damit die Kapazität des Gitters gegen Masse durch diese Leitung nicht allzusehr erhöht wird, verwende man abgeschirmtes Antennenkabel. Die Anschlußbuchse für den Tonabnehmer ist hinter dem Chassis so zu verlegen, daß sie durch dieses vollkommen abgeschirmt wird.

Beim Gleichstromempfänger darf die Abschirmung nicht direkt geerdet werden, sondern ist über eine Kapazität von 5000 cm an Masse zu legen. Auch die beiden Leitungen vom Tonabnehmer werden über Sperrkondensatoren mit den entsprechenden Punkten der Empfängerschaltung verbunden. Dabei soll zur Verminderung des Netztones durch kapazitive Uebertragung auf den Tonabnehmer die erdseitige Kapazität wesentlich größer sein als die gitterseitige. Wählt man letztere bei einem Gitterableitwiderstand von 1 Megohm zweckmäßig 10 000 pF, so muß die erdseitige Sperrkapazität mindestens 30 000, besser 50 000 pF betragen. Auch wenn man einen Uebertrager zum Tonabnehmer verwendet, darf der Anschluß an die entsprechenden Schaltungspunkte des Gleichstrom- oder Allstrom-Empfängers nur über Sperrkondensatoren erfolgen, weil die Isolation des Transformators ja gewöhnlich nicht so hoch ist, daß eine Gefahr bei Allstromschaltungen sicher ausgeschlossen wäre, wenn man ohne Sperrkapazitäten direkt an die entsprechenden Empfängerleitungen herangehen würde.

Der Empfänger atmet!

Manchmal hört man bei einem Empfänger ein An- und Abschwellen der Musik, für das man auf der Hochfrequenzseite keine Ursache finden kann. Schaltet man den Empfänger ein, dann ist die Lautstärke groß, aber nach kurzer Zeit nimmt sie ab und bleibt dann auf einem mittleren Niveau stehen. Es kann auch sein, daß sich die Erscheinung mitten im Betrieb wiederholt, was sich so anhört, als ob der Emp-

fänger von Zeit zu Zeit tief Luft holen müßte. Besonders bei Empfängern mit Pentoden-Endröhren kann man diese Erscheinung beobachten.

Wir haben unter Weglassung aller unwichtigen Teile die normale Endstufe mit Pentode in Abb. 170 a dargestellt. Der Gitterableitwiderstand hat meist ein Megohm und ist in der Zeichnung besonders dick gekennzeichnet. Dieser Widerstand

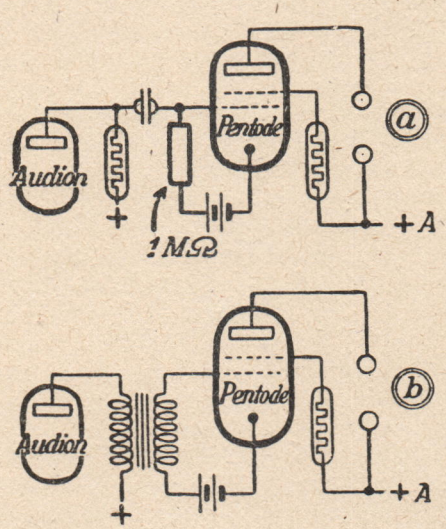


Abb. 170. Ersatz des Gitterwiderstandes durch einen Transformator oder einen Widerstand niedrigeren Ohm-Wertes.

trägt meist die Schuld an dem Atmen des Empfängers! Wenn er zu groß ist, so sperrt er bei hoher Lautstärke das Gitter der Pentode plötzlich ab. Der Empfänger schweigt oder gibt nur noch ganz geringe Lautstärken. Nach einer kurzen Zeit aber hat sich der vor dem Widerstand liegende Kondensator wieder so weit aufgeladen, daß seine Spannung ausreicht, den hohen Widerstand zu überbrücken: Die Absperrung hört auf — die Musik klingt wieder normal. Wenn man nämlich die Entladezeit des Kondensators C und dieses Widerstandes zusammen berechnet, dann ergibt sich eine bestimmte Zeit; zum Beispiel eine tausendstel Sekunde. Ist der Widerstand sehr groß, etwa 1 Megohm oder mehr, so wird diese Zeit länger dauern, und die Erscheinung der Sperrung durch ein starkes Signal kann auftreten: Der Emp-

fänger atmet. Aus den beiden Größen Kondensator und Widerstand ergibt sich die Lade- und Entladezeit des Systems und damit unter Umständen eine Modulation der Niederfrequenz in diesem Zeitrhythmus, was man „Endröhren-Audion-Effekt“ heißt.

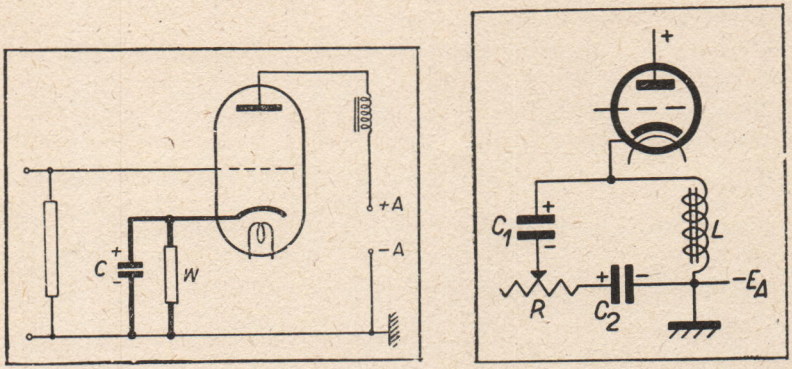
Die einfachste Abhilfe ist die Auswechslung der Pentode gegen eine andere. Ideal ist das aber nicht; denn die Pentode kostet Geld, und schuld an dem Atmen ist ja nicht sie, sondern eben dieser Widerstand, den man kleiner wählen müßte, zum Beispiel statt 1 Megohm nur 100 000 Ohm. Ja, unter Umständen muß man sogar bis zu 20 000 Ohm heruntergehen! Aber hierbei tritt nun eine andere unangenehme Erscheinung auf: Die Lautstärke läßt sehr erheblich nach! Daher sollte man dieses Mittel nur anwenden, wenn der Empfänger eine genügend große Gesamtverstärkung hat.

Grundsätzlich läßt sich das „Atmen des Empfängers“, oder technisch ausgedrückt: der Endröhren-Audion-Effekt, dadurch beseitigen, daß man in der Endstufe einen Transformator an Stelle der Widerstandskopplung benutzt. In der Tonfilmtechnik werden die Endröhren grundsätzlich mit Transformator angekoppelt. Man müßte überhaupt den Grundsatz befolgen: „Endröhren, welche größere Leistungen abgeben, ausschließlich mit Transformator anzukoppeln!“ Abgesehen von der hohen Betriebssicherheit würde man bei Transformatorenkopplung auch gewisse Klangkorrekturen in einfachster Weise vornehmen können.

Verbesserung der Baßwirkung.

Bei älteren Rundfunkempfängern entspricht die Baßwirkung oft nicht mehr den heutigen Anforderungen der Hörer. Will man eine wesentliche Besserung erzielen, so ist — abgesehen vom Lautsprecher — in vielen Fällen die Möglichkeit gegeben, wenn man den Parallelkondensator zum Vorspannungswiderstand der Endröhre wesentlich vergrößert. Die Schaltung wird gewöhnlich nach Abb. 171 a ausgeführt. Die Gittervorspannung wird als Spannungsabfall an einem Widerstand gewonnen, der zwischen dem gemeinsamen Minuspol und der Kathode der Endstufe liegt. Um für den Wechselstrom einen Kurzschlußweg zu schaffen, wird der Widerstand W (je nach der Endröhre einige hundert bis tausend Ohm groß) durch einen Kondensator überbrückt. Derselbe hat für die hohen Frequenzen einen sehr geringen Wider-

stand. Bei den tiefsten Bässen aber kann er einen erheblichen Wert erreichen, wenn seine Kapazität nicht groß genug ist. Bei den neuen Empfängern wird deshalb an dieser Stelle gewöhnlich ein Kondensator von 25 bis 100 µF verwendet, der aus Raumgründen meist ein Elektrolytkondensator ist. Rechnet



a) b)

Abb. 171. Verbesserung der Baßwirkung: a) durch Vergrößerung des Kathodenblockkondensators oder b) durch Einbau eines Baßgliedes.

man die erforderliche Kapazität dieses Kondensators für den tiefen Ton von 50 Hz durch, dann findet man, daß schon bei einer Kapazität von 50 µF der Wechselspannungsverlust etwa 10% beträgt. Wollte man für diesen Ton bis auf 1% Verlust herunterkommen, dann müßte der Kondensator mehrere hundert µF groß sein. Wir können nun leicht feststellen, wie groß der Kondensator in unserem alten Apparat ist. Finden wir dabei, daß er eine kleinere Kapazität als 10 µF aufweist (der Wert ist aufgedruckt), dann wissen wir, daß er für die tiefen Töne einen beträchtlichen Widerstand darstellt, also dazu beiträgt, diese in erheblichem Umfange zu verschlucken. Wir kaufen uns einen Elektrolyt-Blockkondensator, der für eine Spannung von etwa 40 Volt gebaut sein soll — und dabei eine Kapazität von mindestens 50 µF aufweisen muß. Solche Kondensatoren sind billig und brauchen auch nur wenig Raum, so daß man sie gut unterbringen kann. Der alte Kondensator wird herausgenommen und der neue an seine Stelle gesetzt. Dabei muß man nur auf die Polung achten, die so sein muß, wie sie unsere Zeichnung zeigt. (Bei Elektrolyt-Kondensatoren ist nämlich — im Gegensatz zu gewöhnlichen

Kondensatoren — die Polung nicht gleichgültig!) Wenn nun der Lautsprecher die tiefen Baßtöne überhaupt abstrahlen kann, werden wir durch diese einfache und billige Verbesserung erreichen, daß jetzt die Bässe erheblich stärker herauskommen als früher, wo der zu kleine Kondensator einen Teil davon verschluckt hatte.

Baßanhebung durch Baßglied.

Die vielfach verwendete Baßanhebung dient dazu, das Klangbild, das die Pentode in der Endstufe in gewissem Umfange verfälscht, durch Baßverstärkung wieder richtig zu machen. Zu diesem Zwecke kann man die Gittervorspannung der ersten Niederfrequenz-Verstärkerstufe oder der Endstufe, wenn keine besondere Niederfrequenzstufe vorhanden ist, mit einem sogenannten „Baßglied" an Stelle des einfachen Vorschaltwiderstandes gewinnen. Abb. 171 b zeigt die einfache Schaltung und ihre Daten. Da der Gittervorspannungswiderstand gewöhnlich in der Größenordnung von 150 bis 800 Ohm liegen muß, kann er ohne weiteres durch den Gleichstromwiderstand der Drossel ersetzt werden. Durch Regulierung von R kann die Anhebung der Bässe wunschgemäß verändert werden.

C_1 = 50 µF Elektrolyt
C_2 = 4 bis 10 µF
R = 0,25 MΩ
L = 35 Henry, R = 500 Ohm
—EA = negativer Pol der Hochspannung

Eine Doppel-Tonblende.

Bei vielen älteren Apparaten fehlt die Tonblende, die man so gern verwendet, wenn eine Stimme zu hoch kommt oder eine Störung den Genuß der Sendung beeinträchtigt. Auch für Schallplattenwiedergabe hat sich die Tonblende sehr gut bewährt. Sie schneidet ja die hohen Frequenzen über 4000 Hertz ab . . . und gerade bei ihnen liegt der Hauptenergieanteil der Nadelstörungen. Alte Platten, die schon sehr abgespielt sind, kratzen. Dieses Kratzen ist mit der Tonblende zu einem gewissen Teil zu beseitigen, weil die Kratzgeräusche ebenfalls im Frequenzgebiet über 4000 Hz liegen. Wenn der Apparat selbst schon eine Blende enthält, ist der Einbau unserer Doppelblende trotzdem zu empfehlen; denn sie ist ja eine Doppelblende! Während die Blende im Radioapparat

gewöhnlich nur eine Verdunkelung des Klanges zuläßt, können wir mit unserem kleinen Apparat auch aufhellen. Wir haben es so eingerichtet, daß man die Blende einfach an die Buchsen

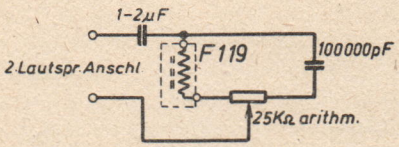


Abb. 172.
Doppeltonblende ohne Trafo, im zweiten Lautsprecher eingebaut.

für den zweiten Lautsprecher anschließt, damit keine großen Eingriffe in das Innere des Empfängers vorgenommen werden müssen, vor denen der Laie oft zurückschreckt. Aus Abb. 172 ersehen wir das Schaltschema. Montiert

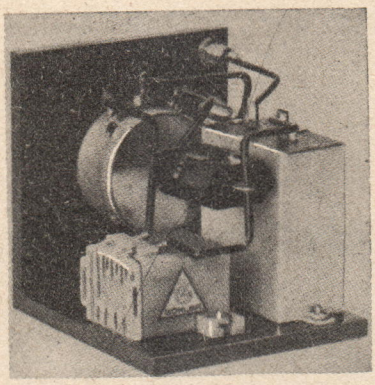


Abb. 173. Doppeltonblende nach Abb. 172 im praktischen Aufbau.

wird einfach auf einem Pertinaxbrettchen, das durch einen Winkel mit einem entsprechenden Grundbrett verbunden ist. Wir brauchen folgende Teile: Einen Becherkondensator 1 bis 2 Mikrofarad mit Spannungssicherheit mindestens 500 Volt, einen Blockkondensator von ungefähr 100 000 cm (nach der neuen Bezeichnung 100 000 pF [gesprochen pico-Farad]), eine Mittel-Frequenzdrossel besonders kleiner Kapazität mit etwa $^1/_2$ Henry Selbstinduktion (moderne Eisendrossel!) — und einen Lautstärkeregler von 25 000 Ohm mit arithmetischer Kennlinie. Die zu verwendenden Teile müssen gute Fabrikate, zum Beispiel Görler sein. Wir raten jedem Bastler,

Markenteile zu wählen, weil in der hier gezeigten Anordnung Wechselspannungen von 100 Volt und mehr vorkommen.

Störschutzfilter.

Es gibt besonders im Zentrum der Städte zahlreiche Empfangsorte, bei denen trotz der erfolgreichen Arbeit der Störhilfe der Reichspost ein wirklich brauchbarer Empfang von kleineren Feldstärken auch mit Hochantennen mit abgeschirmter Zuführung noch nicht möglich ist. In solchen Fällen untersuche man zuerst, ob die Hochantenne einwandfrei arbeitet und die Abschirmung der Zuführung die Störung wirklich fernhält. Zu diesem Zweck borgt man sich einen Batterieempfänger und schaltet ihn am Empfangsort ein. Ist nun der Empfang einwandfrei, dann weiß man sicher, daß die Störungen nicht mehr durch die Antenne und deren als Erde benutzte Abschirmung in das Gerät hineinkommen. Also bleibt ihnen nur der eine Weg über das Lichtnetz. Die modernen Empfänger enthalten zwar alle ein Netzstörfilter, aber die Störungen können manchmal doch so stark sein, daß das nicht ausreicht.

Hier hilft man sich nun durch eine Wellensperre zwischen Lichtnetzsteckdose und Apparat, die man auch Entstörungsfilter oder kurz Netzfilter nennt. Abbildung 174 zeigt den

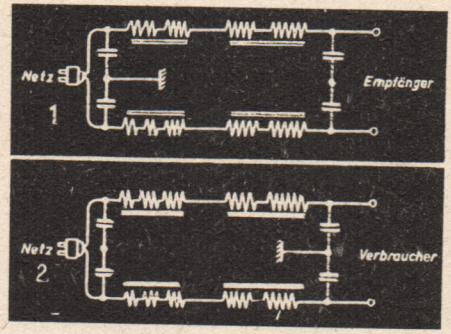


Abb. 174. Netzfilter: 1. am Empfänger und 2. am Störer angebracht (nach Görler).

Aufbau eines solchen Filters, das aus einer Anzahl Blockkondensatoren und gegeneinandergeschalteter Hochfrequenzdrosseln mit Eisenkern besteht, die sich durch sehr geringe Kapazität der Wicklung auszeichnen. Wenn man das Filter zwi-

schen Netzsteckdose und Apparat einschaltet, arbeitet es in der mit 1 bezeichneten Schaltung: Die Störungen gelangen über die beiden Blockkondensatoren direkt zur Erde des Filters. Die Hochfrequenzdrosseln dahinter bilden gleichsam einen Staudamm, über den sie nicht hinweg können. Der Netzstrom aber zum Betrieb des Empfängers geht ungeschwächt durch das Filter hindurch.

Durch einen Kunstgriff kann man das gleiche Filter aber auch dazu benutzen, ein störendes Gerät, zum Beispiel den Staubsauger, zu entstören (Abb. 174, 2). Das Filter wird diesmal zwischen den Netzstecker des Störgerätes und die Steckdose geschaltet. Die Störungen kommen jetzt aus dem Verbraucher, eben dem Staubsauger, und müssen wieder durch die beiden Blockkondensatoren direkt zur Erde abfließen. Die Hochfrequenzdrosseln sperren ihnen den Weg ins Netz.

Entstörungsfilter für Gleichstromnetze.

Wenn man bei Allstromempfängern an einem Gleichstromnetz besonders große Schwierigkeiten wegen der Netzstörungen hat — und zur Ueberzeugung gekommen ist, daß es sich

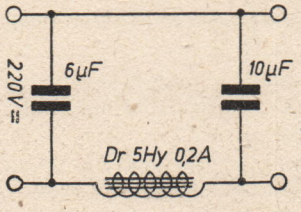


Abb. 175. Entstörungsfilter für Gleichstromnetze.

tatsächlich um Störungen handelt, die aus dem Netz zugetragen werden, kann man ein Entstörungsfilter zwischen Netz und Apparat legen. Ausprobierte günstige elektrische Werte hierfür sind in der Zeichnung Abb. 175 angegeben: Die Drossel soll eine Selbstinduktion von etwa 5 Henry (oder mehr) bei der gegebenen Belastung von 0,2 bis 0,3 Ampere haben. Die beiden Querkondensatoren werden mit 6 bis 10 µF gewählt.

Störende Hochfrequenz-Drosseln.

Zuweilen treten bei Rundfunkgeräten Störungen in Gestalt von Heul- und Pfeiftönen, ähnlich der akustischen Rückkopplung, auf, deren Ursache nicht immer leicht gefunden werden

kann. Häufig werden nun diese Störungen durch die Hochfrequenz-Drosselspulen verursacht, mit denen viele Schaltungen ausgerüstet sind. Diese Hochfrequenzdrosseln liegen im Anodenkreis der Audionröhre, um ein Abfließen der hochfrequenten Schwingungen über die Anodenbatterie zu verhindern.

Die Abhilfe, die verhältnismäßig einfach ist, läßt sich auf zwei Arten durchführen. Man überbrückt die Hochfrequenzdrossel mit einem veränderlichen Hochohmwiderstand von etwa 0,01 bis 0,2 Megohm. Dieser Hochohmwiderstand wird dann beim Empfang so einreguliert, daß die Störungen verschwinden. Genaue Angaben über die Größe des Widerstandes lassen sich nicht gut machen, da sie von verschiedenen Faktoren abhängig ist.

Die zweite Methode besteht in einer Auswechselung der Hochfrequenzdrossel. Dieses Verfahren ist jedoch etwas umständlicher, da man meist eine Reihe von Versuchen machen muß, bis man eine passende Drossel gefunden hat.

Alle Drosselspulen haben eine gewisse Eigenschwingung, die jedoch nicht stört, wenn die Werte der Drossel im richtigen Verhältnis zu den übrigen Teilen des Apparates stehen. Wenn der Empfänger mit einem transformatorisch angekoppelten Niederfrequenzteil versehen ist, kann durch ein unglückliches Zusammentreffen die Eigenschwingung der Hochfrequenzdrossel so ungünstig beeinflußt bzw. verändert werden, daß die oben erwähnten Störungen auftreten können, die meist noch mit einer mehr oder weniger großen Verzerrung der Wiedergabe verbunden sind.

Der eigentliche Grund dieser Störungen ist darin zu suchen, daß bei einem transformatorisch gekoppelten Verstärker die Primärwicklung des Eingangs-Niederfrequenz-Transformators und die Hochfrequenzdrossel hintereinander geschaltet sind. Die Wicklung des Transformators hat natürlich ebenfalls eine gewisse Eigenschwingung, die aber von der der Drossel stark abweicht. Wenn sich die beiden Felder ungünstig beeinflussen, treten die genannten Störungen auf, unter denen besonders der Langwellenempfang erheblich zu leiden hat.

Spannungsverdopplung bei Allstromempfängern.

Mit zwei indirekt geheizten Einweg-Gleichrichterröhren (z. B. CY 1) kann man eine Spannungsverdopplung erreichen, die mit besonders einfachen Mitteln betriebssicher und billig arbeitet. Die Abb. 176 zeigt oben die beiden indirekt geheizten Einweg-Gleichrichter-Systeme als normale Einweg-

Gleichrichterschaltung, unten als Spannungsverdoppler. Wenn es sich um Netzspannungen unter 160 Volt handelt, ist die Verdopplungsschaltung besonders vorteilhaft und wirtschaft-

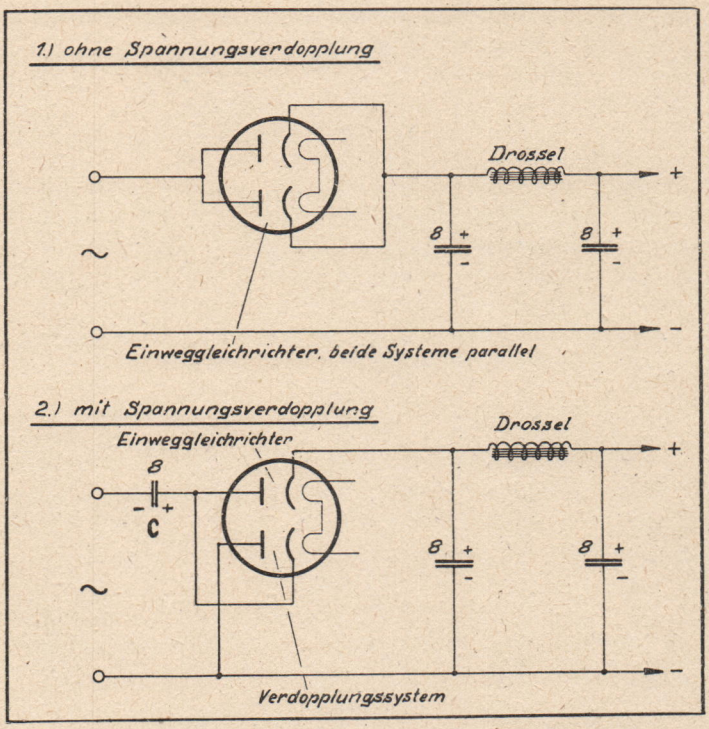


Abb. 176.
Spannungsverdopplerschaltung nach Löwe, Radio A.-G.

lich für Allstromempfänger zu verwenden. Bei höheren Netzspannungen dagegen wird man das System zweckmäßig in gewöhnlicher Doppelweg-Gleichrichterschaltung verwenden. Die Größe des Eingangs-Kondensators C richtet sich natürlich nach der Belastung. Bei 8 µF kommt man bis zu 35 Watt, die Kapazität steigt bis zu 20 µF an, wenn dem System 50 bis 60 Watt entnommen werden sollen. Die Schaltung hat sich in Industrie-Empfängern schon seit Jahren sehr gut bewährt.

Bessere Lautstärkeregulierung mit ‚T'- und ‚L'-Gliedern.

Die Abbildungen 177 bis 181 zeigen verschiedene Anwendungsmöglichkeiten der modernen „T"- und „L"-Dämpfungsglieder.

Beim L-Glied ist die Belastungs-Impedanz — bezogen auf die Generatorseite (Eingang) — bei allen Stellungen des Reglers konstant. Bei Anlagen, welche zentral von einem Verstärker gespeist, wo an die Wiedergabe hohe Anforderungen gestellt werden, ist die Verwendung von L-Gliedern zu empfehlen.

Beim T-Glied ist die Belastungs-Impedanz — bezogen auf die Generatorseite (Eingang) — und auf den Verbraucher (Ausgang) bei jeder Stellung konstant. T-Glieder sind in allen Fällen zu empfehlen, in denen an die Wiedergabe höchste Anforderungen gestellt werden.

L- oder T-Glieder finden hauptsächlich Verwendung in:

1. Eingangs-Schaltungen:

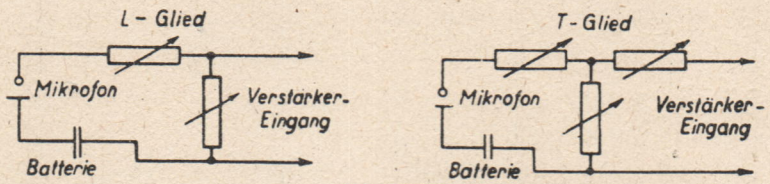


Abb. 177.

a) zur Regelung des Mikrophones ähnlich obenstehender Schaltung Abb. 177,

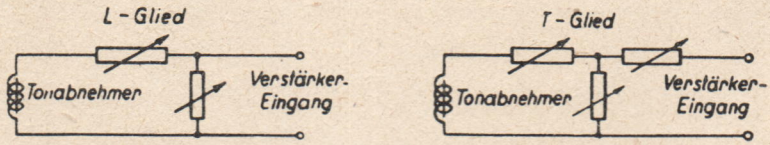


Abb. 178.

b) zur Regulierung der Spannung eines Tonabnehmers (Pick-up) nach Abb. 178,

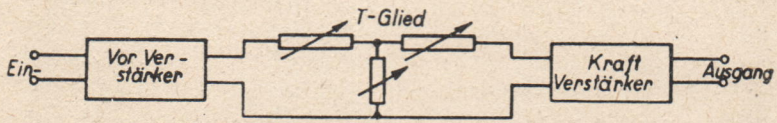


Abb. 179.

c) als Dämpfungsglieder zwischen Vor- und Kraftverstärker nach Abb. 179.

2. Ausgangs-Schaltungen:

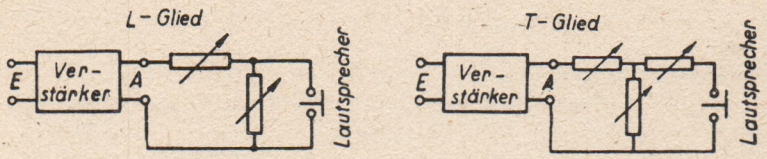


Abb. 180.

a) als Lautstärkeregler zwischen Verstärker-Ausgang und Lautsprecher nach Abb. 180,

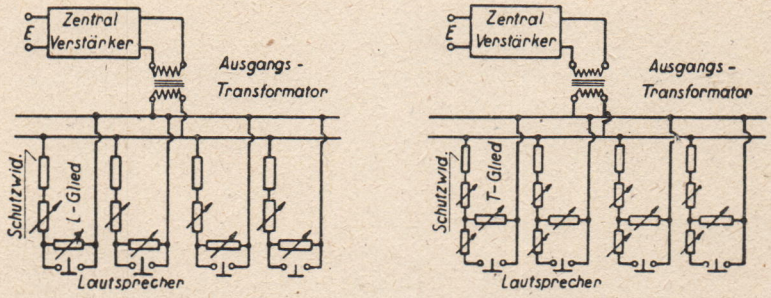


Abb. 181.

b) als Lautstärkeregler in Zentralanlagen nach Abb. 181.

Die normalen Lautstärkeregler, welche entweder in Reihen-, Parallel- oder Potentiometer-Schaltung im Ausgang oder Eingang eines Verstärkers verwendet werden, verursachen

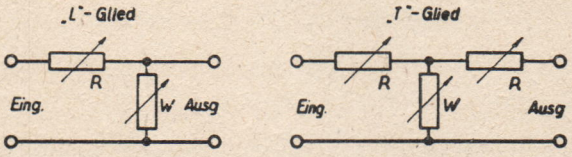


Abb. 182. Grundsätzliche Schaltung von „L"- und „T"-Gliedern.

lineare Verzerrungen, weil der Widerstand des Lautstärkereglers praktisch frequenzunabhängig ist, während der Widerstand des Eingangs-Trafos oder des Lautsprechers mit zunehmender Frequenz wächst. Infolgedessen werden durch die

Regelung mittels gewöhnlicher Widerstände oder Potentiometer die hohen Töne gegenüber den niedrigen Tonlagen benachteiligt. Bei Empfängern oder Verstärkern mit nur wenigen Lautsprecheranschlüssen macht sich dieser Nachteil nicht besonders bemerkbar, da der Frequenzgang dieser Anlagen meist nicht ideal abgestimmt ist, obwohl man dies auch bei kleineren Anlagen berücksichtigen sollte.

Anders verhält sich dies bei hochwertigen Anlagen, besonders, wenn von diesen zentral eine größere Anzahl von Lautsprechern gespeist werden soll. In diesen Fällen ist die Anwendung von verzerrungsfreien Lautstärkereglern unbedingt erforderlich.

Von schlechten Kontakten.

Man kann bei irgendwelchen Fehlern in seiner Empfangsanlage ziemlich sicher in 90% aller Fälle darauf schwören, daß ein schlechter Kontakt an dem Uebel schuld hat. Beginnen wir beim Netzstecker! Unten hat er eine Deckscheibe. Diese bricht am Rand aus. Dadurch wird der eine Stecker lose und wackelt. Aus Bequemlichkeit benutzt man ihn weiter, aber

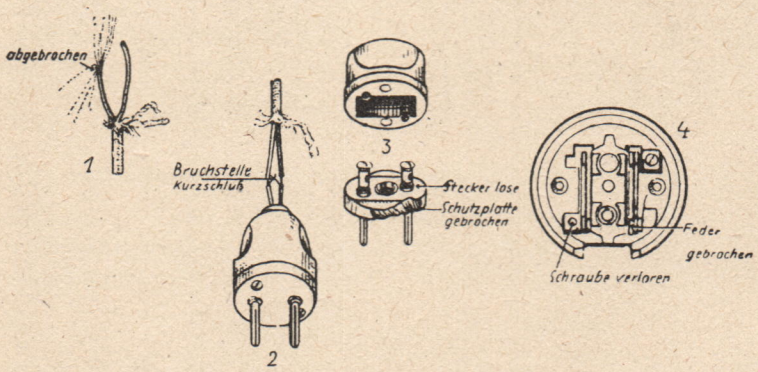


Abb. 183.
Häufig vorkommende Fehlerquellen in Drähten und Kontakten.

eines Tages, nachdem man einen ordentlichen Schlag bekommen hat, muß man sich doch entschließen, einen neuen Stecker anzumontieren! Dann ist die Litze, die in den Stecker hineinführt, oft verletzt. Die mechanische Belastung der „Schnur" ist dort am größten, wo die Schnur aus dem Stecker herauskommt. Hier löst sich oft die äußere Umspinnung, und dann bleiben schließlich die beiden mit Gummi umpreßten

Leiter übrig. Im weiteren Verlauf der Krankheit wird der Gummi hart und bröckelt ab; dann bricht schließlich das eine oder andere Drähtchen ab — und wenige Tage darauf entsteht an dieser Stelle ein Kurzschluß. Man hätte gleich zu Anfang den Stecker abmontieren müssen und die Steckerschnur um das beschädigte Drahtstückchen verkürzen sollen. Ein häufiger Störenfried ist die Steckdose. Schrauben wir die Deckelkappe ab, so sehen wir in recht vielen Fällen eine schon seit Jahren altersschwache Dose vor uns. Auf der einen Seite ist die Feder abgebrochen, auf der anderen Seite fehlt die Schraube, welche den Draht festklemmt! Man merke sich: Lose Kontakte in Starkstromleitungen verursachen die unangenehmsten elektrischen Störungen beim Empfang! Was wir hier bei Starkstromleitungen gezeigt haben, trifft selbstverständlich auch auf Antenne und Erde sowie den Lautsprecher zu. Tatsächlich gibt es noch Hunderttausende von Anlagen, bei denen zum Beispiel der Antennenerdschalter so verschmutzt und oxydiert ist, daß die Antenne überhaupt keinen Kontakt mehr mit der Zuleitung zum Apparat gibt. Das äußert sich in viel zu leisem Empfang. Wenn der Bananenstecker, der in die Antennenbuchse des Empfängers kommt, keinen guten Kontakt mehr mit der Zuleitungsschnur hat, treten dieselben Empfangsverschlechterungen auf wie beim schadhaften Antennenerdschalter! Aehnlich wirken schlechte Kontakte innerhalb der Drahtleitung (Drahtbruch oder Drahtverletzung) auch dann, wenn die äußere Umspinnung noch einwandfrei ist.

Gelockerte Sockel bei Stiftkontakt-Röhren.

Gelockerte Röhrensockel haben schon manchem Rundfunkhörer Aerger und Unkosten verursacht, da derartige Beschädigungen leicht zur völligen Zerstörung der Röhrenkontakte führen können. Verursacht wird diese Lockerung des Glaskolbens vom Sockel in der Regel dadurch, daß beim Umstecken und Auswechseln der Röhren nur der Glaskolben an Stelle des Sockels angefaßt wird.

Die Lockerung macht an und für sich die Röhren nicht sofort unbrauchbar, aber es kann dann sehr leicht vorkommen, daß die innerhalb des Röhrenfußes verlaufenden Zuführungsdrähte zu den einzelnen Steckern bei einer unbeabsichtigten Drehung des Glaskolbens gegen den Sockel Kontakt miteinander erhalten. Hierdurch wird dann Kurzschluß hervorgerufen, der nicht nur die betreffende Röhre, sondern

auch noch sonstige Teile des Empfangsgerätes in Mitleidenschaft ziehen kann. Zwar sind auch diese Zuführungsdrähte durch übergezogene Glasröhrchen gegen Berührung untereinander gesichert, aber es besteht die Gefahr, daß die Drähte bei einer Drehung einfach abreißen bzw. abgescheuert werden. In diesem Falle wird die Röhre natürlich auch wertlos, da eine Reparatur in den meisten Fällen nicht möglich ist.

Alle diese Gefahrenpunkte lassen sich aber vermeiden, wenn man rechtzeitig den Glasballon wieder mit dem Sockel verkittet. Den hierzu erforderlichen Kitt kann man sich leicht selbst aus etwas Wasserglas und Schlämmkreide herstellen. Die beiden Bestandteile werden zu etwa gleichen Teilen gut miteinander vermischt und verrührt, bis eine dickflüssige, zähe Masse entstanden ist. Diesen Kitt streicht man nun reichlich zwischen Glaskolben und Sockel und preßt die beiden Teile fest zusammen. Da es jedoch eine geraume Zeit dauert, bis der Kitt vollkommen erhärtet ist, kann man die Teile nicht gut die ganze Zeit mit der Hand zusammenpressen, sondern klemmt die Röhre in zweckentsprechender Weise ein oder belastet wenigstens den Röhrenkolben etwas, so daß der entsprechende Druck vorhanden ist. Wenn man derartige Schäden von vornherein vermeiden will, so mache man sich ein für allemal zur Regel, daß Radioröhren nur am Sockel angefaßt werden sollen. Für die Stahlröhren gibt es besondere „Röhrenentferner" zu kaufen.

Emissionsprüfung von Röhren.

Beim Netzempfänger ist das Nachprüfen der Emission einer Röhre im Empfänger nicht möglich, wenn nicht ein besonderer Kunstgriff angewendet wird:

Man stellt sich einen Röhrenzwischensockel her, der also an der Unterseite Röhrenstifte, an der Oberseite Röhrenbuchsen enthält. Dann verbindet man die zugehörigen Buchsen mit den zugehörigen Stiften bis auf diejenigen Paare, welche die Anodenverbindung ergeben. An den Anodenstift und die Anodenbuchse legt man einen gut isolierten Draht, den man seitwärts aus dem Zwischensockel herausführt.

Die Anwendung.

Dann steckt man den Zwischensockel in den Röhrensockel des Empfängers und die Röhre in den Zwischensockel und schaltet den Empfänger ein. Jetzt zeigt das Meßinstrument den Anodenstrom der betreffenden Röhre an. Auf diese Weise kann man ohne Zuhilfenahme eines Röhrenprüfgerätes

den Anodenstrom jeder Röhre kontrollieren, und zwar den betriebsmäßigen Anodenstrom. Bei den Drucksockeln und den Stahlröhren sind besondere Zwischenstecker erforderlich.

Behandlung des Akkumulators.

Es erscheint oft unerklärlich, wenn ein erst frisch geladener Akku schon nach kurzer Zeit wieder entleert ist. Wenn es sich dabei um einen im guten Zustand befindlichen Akku handelt, so kann nur ein Fehler im Apparat liegen; dann ist wahrscheinlich Kurzschluß vorhanden, der durch eine falsche Verbindung oder durch einen durchgeschlagenen Kondensator hervorgerufen wurde. In diesem Falle tritt ein übermäßiger Stromverbrauch ein, der Akku entleert sich zu schnell. Solche Fehler sind an Hand der Verdrahtung nicht immer leicht festzustellen. Daher sei folgende Prüfung empfohlen: Man addiert den Heizstromverbrauch aller Röhren, den man an Hand der Röhrendaten nachprüfen kann. Wenn man jetzt die Kapazität des Akkus (auf der Gebrauchsanweisung abzulesen!) durch den Heizstromverbrauch dividiert, so erhält man die Stunden, die man mit einer Akkuladung hören kann. Genau stimmt das allerdings nicht, denn die Kapazität eines Akkus hängt in starkem Maße von der Entladestromstärke ab.

Kleine Koffer-Akkus haben zum Beispiel bei 1/4 Amp. Entladestromstärke 160 Amp.-Stunden; dann ergeben sich bei 3/4 Amp. Entladestromstärke eben $\frac{160}{3} = 53$ Betriebsstunden. Da man aber einen Akku nie voll entladen sollte, so rechne man hier mit 40 bis 45 Betriebsstunden.

Am einfachsten ist die Bestimmung des Heizstromverbrauchs mit Meßgeräten. Man legt in eine der Heizstromleitungen ein Amperemeter und vergleicht den angezeigten Strom mit dem errechneten. Bei fehlerfreier Schaltung müssen sich beide Werte annähernd decken. Ist aber der angezeigte Heizstromverbrauch wesentlich größer als der errechnete, so ist ein Fehler im Apparat vorhanden. Hat der Versuch einen normalen Wert ergeben, so ist bei einem zu schnell entleerten Akku der Fehler in diesem selbst zu suchen. Es können sich zwischen den Platten abbröckelnde Massen festgesetzt haben (Kurzschluß), so daß sich der Akku ohne Nutzleistung entlädt. Diese Masse muß durch kräftiges Schütteln zu Boden gebracht werden. Selbstverständlich wird durch abbröckelnde Bleistücke die wirksame Plattenoberfläche verringert, und da-

mit nimmt die Kapazität ab, der Akku muß also öfters geladen werden.

Bleibt der Akku zu lange in entladenem Zustand stehen, so tritt Sulfatierung ein, die ebenfalls die Kapazität verringert. Sie ist an den weißen Flecken auf den Platten zu erkennen; solche Platten sind nur sehr schwer zu retten.

Der Akku wird oft überladen.

Die Röhren des Batterieempfängers arbeiten wie alle Empfängerröhren auch bei 10% Unterspannung am Heizfaden noch sehr ordentlich. Mit 4-Volt-Röhren hat man also bei 3,6 Volt Fadenspannung noch recht guten Empfang. Aengstliche Leute schicken den Akkumulator oft schon zum Laden, wenn seine Klemmspannung gerade erst unter vier Volt gesunken ist. Jeder Akkumulator hält mindestens 100 Ladungen aus, wenn er anständig behandelt wird. Es schadet ihm gar nichts, wenn seine beiden Zellen bis zu $3^1/_2$ Volt herunter entladen werden; wohl aber bröckelt bei jeder Ladung gleichsam ein Stück seiner Lebensdauer ab, weil es in der Natur des Akkumulators liegt, daß die Zahl der Aufladungen eben begrenzt ist. Rechnen wir einmal pro Monat eine Ladung, dann würde für 100 Ladungen die respektable Lebensdauer von acht Jahren erreicht werden, die man tatsächlich bei Rundfunkakkumulatoren nicht selten auch in der Praxis vorfindet.

Automobilakkumulatoren hingegen, die genau so gut gebaut sind, halten erfahrungsgemäß im Durchschnitt nur zwei bis fünf Jahre. Der Grund hierfür liegt in der Tatsache, daß die Dynamomaschine den Autoakku dauernd ladet, wenn man fährt. Die dauernde Ladung, bei geringem Stromverbrauch, wirkt sich so aus, daß der Akkumulator überladen wird, obgleich in der Lichtmaschine ein Schutzregler vorhanden ist.

Bei einem pfleglich behandelten Rundfunkakkumulator ist es eine Kleinigkeit, die technische Höchstlebensdauer voll auszunutzen! Man braucht nur zu beachten, daß es erst dann notwendig ist, den Akku wieder aufzuladen, wenn seine Spannung 1,7 Volt bei einer Zelle unterschreitet. Den Röhren schadet es nichts, wenn sie mit kleiner Unterspannung betrieben werden. So spielen z. B. die neuen „D"-Röhren im Spannungsbereich von 1,25 bis 0,9 Volt herunter gleich gut. Es schadet dem Akkumulator kaum, wenn er gelegentlich einmal erst in sechs- oder gar achtwöchentlichen Abständen aufgeladen wird. Das unnötig oft wiederholte Laden beeinträchtigt seine Lebensdauer viel mehr als eine zu tiefe Entladung oder lange Lade-

pause. Der goldene Mittelweg ist hier, wie überall im Leben, selbstverständlich der beste! Hören Sie also mit Ihrem Akkumulator ruhig so lange, bis die Lautstärke merklich nachläßt, die Heizstromquelle dankt Ihnen dies durch längere Lebensdauer!

Vorsicht beim Arbeiten mit Schwefelsäure!

Durch unvorsichtiges Hantieren mit Schwefelsäure können leicht schwere Verbrennungen verursacht werden. Schon ein einziger Säurespritzer kann das Augenlicht gefährden, ganz abgesehen von den schweren Verbrennungen, die die Säure in den Schleimhäuten verursachen kann. Ferner sind auch Kleidungsstücke, Teppiche und Gewebe jeder Art vor der Berührung mit Schwefelsäure unbedingt zu schützen, da jeder Säurespritzer unweigerlich kleine, aber stets weiterfressende Löcher verursacht. Das Zerfressen der Stoffe kann man nur verhüten, wenn man die betreffende Stelle sofort mit lauwarmem Wasser sorgfältig auswäscht und gründlich reinigt. Säurespritzer stellen sich besonders leicht ein, wenn man das Verdünnen der Schwefelsäure falsch vornimmt, indem man in ein Gefäß mit Schwefelsäure einfach destilliertes Wasser schüttet. Die Säure fängt dann sofort zu kochen an und bewirkt ein kräftiges Umherspritzen der Säureteilchen.

Dieser Vorgang läßt sich jedoch vermeiden, wenn man auf dem umgekehrten Wege vorgeht und immer nur Schwefelsäure ins Wasser schüttet. Natürlich darf auch hierbei nicht gleich eine ganze Säureflasche in das Wasser gegossen werden.

Berechnung der Brummspannung bei Netzgeräten.

Die Brummspannung soll 5% der zur Erzeugung von 0,05 Watt Sprechleistung notwendigen Spannung nicht übersteigen. Sie ist für jedes Siebglied gesondert zu berechnen nach der Formel:

$$U_B = \frac{1000 \cdot J}{4\,f \cdot \sqrt{2} \cdot C}$$; hierin bedeuten:

U_B = Brummspannung in Volt
J = die dem Gleichrichter entnommene Stromstärke in mA
f = Frequenz des überlagerten Wechselstroms in Hz (50 Hz für Einweg = 100 Hz für Doppelweg-Gleichrichtung)
C = Kapazität des Ladekondensators in µF

Fehlersuchtabelle nach Mende.

Störung	Mögliche Fehlerquellen	Beseitigung
Keine Stromaufnahme	Stecker bzw. Netzkabel defekt	Reparieren bzw. Unterbrechung beseitigen
	Sicherung fehlt bzw. ist defekt	Ersetzen
	Netzschalter gibt keinen Kontakt	Auswechseln
	Netztrafo Primärwicklung unterbrochen	Auswechseln
Kein Empfang	**bei Allstrom:** Heizfadenbruch einer Röhre bzw. Beleuchtungslampe	Auswechseln
	Röhren defekt	Auswechseln
	Heiz- bzw. Anodenleitung unterbrochen	Unterbrechung beseitigen
	Erregerwicklung des Lautsprechers unterbrochen	Lautsprecher auswechseln
	Ausgangstrafo Primärwicklung unterbrochen	Lautsprecher auswechseln
	Lautsprecherklinkenbuchse schlechter Kontakt	Kontakt säubern bzw. Feder nachspannen
	Kondensatoren durchgeschlagen	Auswechseln
	Kopplungs-Kondensatoren in Gitterleitungen defekt	Auswechseln
	Netztrafo Sekundärwicklung Windungsschluß	Trafo auswechseln
	Leitungen Schluß durch Berührung untereinander oder mit dem Chassis	Beseitigen bzw. isolieren
	Leitungen unterbrochen	Unterbrechung beseitigen
	Sieb-Elektrolyt-Kondensatoren im Gleichrichterteil Schluß	Auswechseln
	Parallel-Kondensatoren zur Anodenwicklung der Gleichrichterröhre Schluß	Auswechseln

Fortsetzung.

Störung	Mögliche Fehlerquellen	Beseitigung
Aussetzen und Geräusche	Röhren Wackelkontakt	Auswechseln
	Röhrenfassung Kontaktfedern verschmutzt bzw. verklemmt	Federn reinigen, Verklemmung beseitigen
	Wellenschalterkontakte verschmutzt	Reinigen bzw. Federn nachspannen
	Spulen Windungsschluß bzw. Beschädigung	Auswechseln
	Lautsprecherklinke Kontakt verschmutzt, Feder defekt	Auswechseln
	Mangelhafte Lötstelle	Nachlöten
Klirren	Röhren	Auswechseln
	bei Allstrom: Vorwiegend Gleichrichterröhre	Auswechseln
	Lautsprechersystem	Vergleichslautsprecher anschließen, fehlerhaftes System auswechseln
	Skala Abdichtungsfilz bzw. Skala und Gehäuse verschoben, Zeiger berührt Skala	Abdichtungsfilz neu einkleben, Zeigerhaltung justieren
	Sonstige lockere Teile des Chassis	Befestigungsschrauben anziehen
Dröhnen (Akustische Rückkopplung)	Röhren	Auswechseln
	Drehkondensator	Auswechseln
Brummen	Sieb-Elektrolyt-Kondensator zu geringe Kapazität oder schlecht geerdet	Einwandfrei erden bzw. auswechseln, Auflagestelle für Befestigungsmutter säubern
	Kathoden-Elektrolyt-Kondensator zu geringe Kapazität	Auswechseln
	Röhre Elektrodenschluß	Auswechseln
	Schirmgitter- bzw. Anoden-Kondensatoren keine Kapazität	Auswechseln

Fortsetzung.

Störung	Mögliche Fehlerquellen	Beseitigung
Eichung verschoben	Zeigerantrieb verstellt	Zeiger neu einstellen
Eichung stimmt nicht im unteren Bereich der Skala	Trimmer verstellt	Trimmer abgleichen
	Induktion verstellt	Spulen abgleichen
Nicht eichbar	Drehkondensator keinen Gleichlauf	Drehkondensator auswechseln
	Serien-Kondensatoren im Oszillator defekt	Auswechseln
	Trimmer bzw. Spulenkerne defekt	Auswechseln
Zu leise	Röhren verbraucht	Ersetzen
	Eingangskreise defekt	Reparieren bzw. auswechseln
	Kreise verstimmt	Abgleichen
	Bandfilter verstimmt	Abgleichen
	Schirmgitterspannung fehlt	Fehlerhaften Widerstand auswechseln
Mag. Auge zeigt nicht an	Duodiode bzw. Mag. Auge defekt	Auswechseln
	Regelleitung, Widerstände oder Kondensatoren defekt	Auswechseln
	Verbindungen untereinander oder gegen Chassis Schluß	Schluß beseitigen bzw. isolieren
Schwingt	Kapazitäten in Anoden-, Schirmgitter- oder Regelleitung unterbrochen	Auswechseln
	Mangelhafte Erdung von Kondensatoren	Nachlöten bzw. Befestigungsschrauben anziehen
Pfeift	Spiegelfrequenzsperre defekt	Auswechseln
	Ungünstige Empfangsverhältnisse	Sperrkreis verwenden
	Für Empfangsort falsch gewählte Zwischenfrequenz	

Bei Wechselstrom beachten: Verschwindet mit Entfernen der Gleichrichterröhre die zu hohe Stromaufnahme bzw. der Kurzschluß, so ist damit die Störung auf den hinter der Gleichrichterröhre liegenden Teil festgelegt.

* * *

Anzapfen eines Transformators.

Manchmal entsteht die Forderung, einen älteren Netztransformator mit Anzapfungen zu versehen, die gestatten, dem neuen Verwendungszweck entsprechende Betriebsspannungen abnehmen zu können. Wie lassen sich die Anzapfungen errechnen?

Nehmen wir an, daß es sich um einen Transformator handelt, der primär 220 Volt, sekundär 35 Volt Spannung abgibt. Auf der Sekundärseite sollen vier weitere Spannungsabgriffe, und zwar für 30, 40, 45 und 50 Volt, vorgesehen werden.

Man kann die Primärwicklung unverändert lassen, dafür die Sekundärwicklung anzapfen.

Die Berechnung*).

Um die Anzapfungsstellen berechnen zu können, ist es notwendig, daß man die Sekundärspule abwickelt und feststellt, wieviel Windungen diese insgesamt hatte. Ist die Windungszahl ns, dann ergibt sich, daß für 30 Volt die sekundäre Windungszahl $ns \cdot \frac{30}{35}$ sein muß. Für die Spannungen 40, 45 und 50 Volt ergeben sich entsprechend die Werte $ns \cdot \frac{40}{35}$ $ns \cdot \frac{35}{45}$, und $ns \cdot \frac{50}{35}$. Hatte die Sekundärspule für 35 Volt ns gleich 40 Windungen, so sind nunmehr für 30 Volt 34, für 40 Volt 46, für 45 Volt 51 und für 50 Volt 57 Windungen erforderlich. Es ist nur die Frage, ob man diese Windungen im Wickelraum der Sekundärspule noch unterbringen kann.

Messung der Kapazität von Blockkondensatoren mit 220 Volt Wechselstrom 50 Perioden.

Wenn man einen gewöhnlichen Netztransformator aus dem Empfänger auf der Sekundärseite normal belastet, erhält man ziemlich genau die Sollspannungswerte, für die er gewickelt ist. Daher kann man mit einem solchen Transformator die Messung von Kapazitäten und Induktivitäten mit genügender Genauigkeit vornehmen, wenn man nur einen Strommesser für Netzwechselstrom zur Verfügung hat.

---

*) Vgl. DRB. Bd. 50: Dipl.-Ing. Paul-Eduard Klein: *Transformatoren und Drosseln, Selbstbau und Berechnung.* Ausführliche Bauanleitung mit 110 Abbildungen und vielen Tabellen und Schablonen. IV. verbesserte und erweiterte Auflage. Preis: 3,50 RM.

Um einen ungefähren Ueberblick zu bekommen, welche Stromwerte bei 4 Volt und 220 Volt für Kapazitäten und Induktivitäten zu erwarten sind, dienen nachfolgende zwei Tabellen:

Tabelle 34.
Stromstärke von Kapazitäten am Wechselstromnetz (f = 50) gemessen.

Kapazität	Schein-Widerstand	Strom bei Wechselspannung von 4 Volt	220 Volt
50 µF	63,5 Ω	63 mA	3,464 A
30 „	106 „	37,7 „	2,075 „
20 „	159 „	25,2 „	1,383 „
16 „	265 „	15,1 „	830 mA
10 „	318 „	12,6 „	692 „
8 „	398 „	10,05 „	553 „
6 „	530 „	7,5 „	415 „
4 „	795 „	5,03 „	277 „
2 „	1 590 „	2,5 „	138 „
1 „	3 180 „	1,25 „	69 „
0,5 „ (450 000 cm)	6 350 „	0,63 „	35 „
0,2 „ (180 000 „)	15 900 „	0,25 „	14 „
0,1 „ (90 000 „)	31 800 „	0,12 „	6,9 „
50 000 pF (45 000 „)	63 500 „	0,06 „	3,4 „
40 000 „ (35 000 „)	79 500 „	0,05 „	2,7 „
30 000 „ (27 000 „)	106 000 „	0,03 „	2,07 „
20 000 „ (18 000 „)	159 000 „	0,02 „	1,3 „
10 000 „ (9 000 „)	318 000 „	0,01 „	0,6 „

Tabelle 35.
Stromstärke von Induktivitäten am Wechselstromnetz von 50 Perioden gemessen.

Induktivität	Schein-Widerstand	Strom bei einer Spannung von 4 Volt	220 Volt
0,01 Hy (10 mHy)	3,14 Ω	1,273 A	—
0,02 „ (20 „)	6,28 „	637 mA	—
0,05 „ (50 „)	15,7 „	255 „	—
0,1 „ (100 „)	31,4 „	127 „	—
0,2 „ (200 „)	62,8 „	64 „	3,500 A
0,5 „ (500 „)	157 „	25 „	1,400 „
1 „ (—)	314 „	13 „	700 mA
2 „ (—)	628 „	6,4 „	350 „
5 „ (—)	1 570 „	2,5 „	140 „
10 „ (—)	3 140 „	1,3 „	70 „
20 „ (—)	6 280 „	0,63 „	35 „
50 „ (—)	15 700 „	0,25 „	14 „
100 „ (—)	31 400 „	0,12 „	7 „
200 „ (—)	62 800 „	0,06 „	3,5 „

Berechnung von Ohmschen Schwächungsgliedern.

Die Kurven Abb. 184 a ermöglichen die rasche Berechnung der Teilwiderstände von Schwächungsgliedern mit Ohmschen Widerständen, wenn das Schwächungsverhältnis und der charakteristische Widerstand des Gliedes gegeben sind. Das Diagramm gibt Verhältniszahlen für die Widerstände R_1 bis R_4 der untenstehenden Schaltbilder, die mit dem vorhergewählten Eingangswiderstand R_0 multipliziert werden müssen, um die tatsächlichen Werte der Widerstände R_1 bis R_4 zu erhalten.

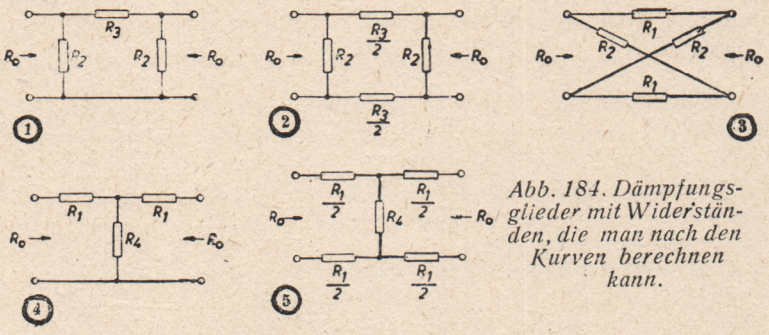


Abb. 184. Dämpfungsglieder mit Widerständen, die man nach den Kurven berechnen kann.

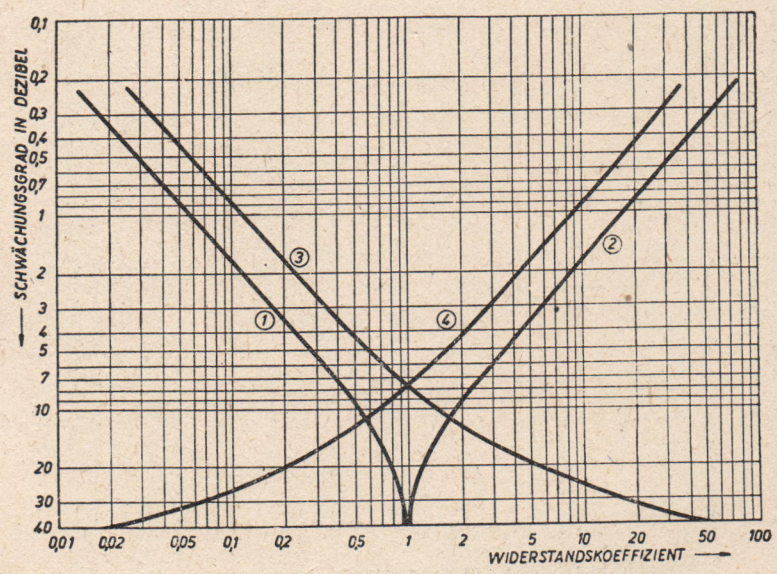


Abb. 184 a. Kurven für die Glieder nach Abb. 184.

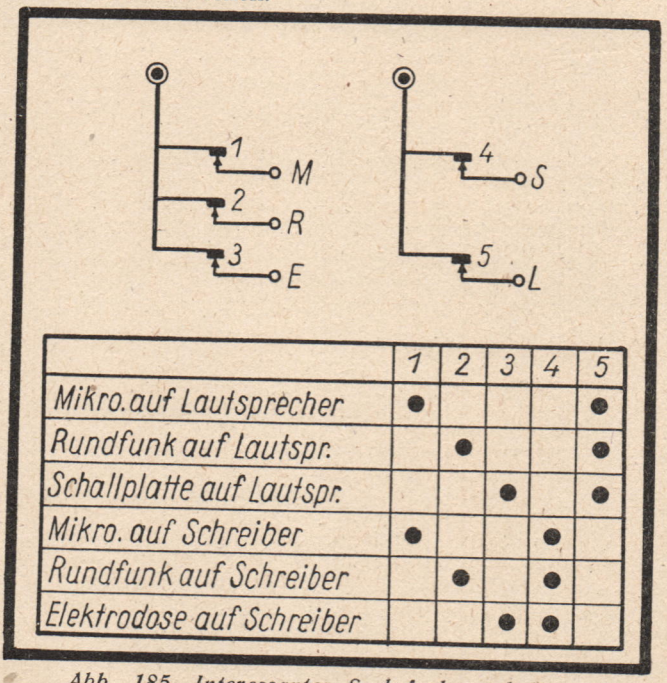
Beispiel: Es soll ein T-Glied (Abb. 4) bei einem Eingangswiderstand R_0 von 5 Ohm für eine Abschwächung von 10 db berechnet werden.

Aus der Kurve entnimmt man für R_1 die Verhältniszahl 0,52 und für R_4 0,7. Man findet daraus durch Multiplikation mit dem Eingangswiderstand von 5 Ohm die tatsächlichen Werte für R_1 mit 2,6 und für R_4 mit 3,5 Ohm.

(„Radio-Amateur", Wien)

Ein interessanter Sechsfachumschalter.

Abb. 185 zeigt einen sehr vielseitig anwendbaren Sechsfachumschalter. Er dient besonders als Universalschalter für Schneidgeräte und gestattet, wie die Zeichnung zeigt, die vollständige Umschaltung aller Teile, ohne einen Stecker betätigen zu müssen. Natürlich sind a l l e Leitungen abgeschirmt zu führen, weil sonst Rückkopplung zwischen Eingang und Ausgang des Verstärkers entstehen könnte. Der Schalter ist in elektrisch und mechanisch ganz erstklassiger Ausführung (Fabrikat A. Lindner, Machern, Bez. Leipzig) durch jeden Radiohändler zu beziehen.



	1	2	3	4	5
Mikro. auf Lautsprecher	●				●
Rundfunk auf Lautspr.		●			●
Schallplatte auf Lautspr.			●		●
Mikro. auf Schreiber	●			●	
Rundfunk auf Schreiber		●		●	
Elektrodose auf Schreiber			●	●	

Abb. 185. Interessanter Sechsfachumschalter.

Praktische Schaltbuchsen mit Federkontakt.

Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Technisch-Physikalische Werkstätten, Berlin N 65, Seestr. 64, bringt vielseitig verwendbare Schaltbuchsen nach Abb. 186 auf den Markt, die so ausgebildet sind, daß beim Einschieben eines Steckers

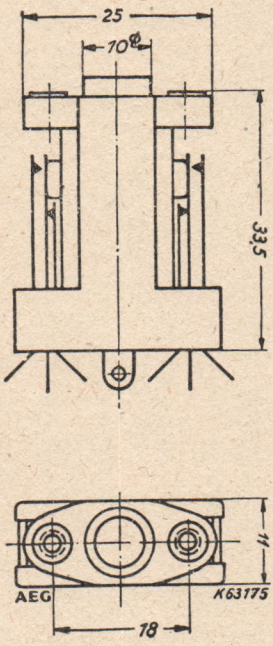


Abb. 186. Maßzeichnung der AEG-Schaltbuchse.

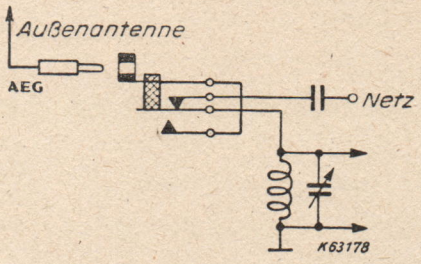


Abb. 187. Umschaltung einer Netz- auf eine Außenantenne im Rundfunkempfänger.

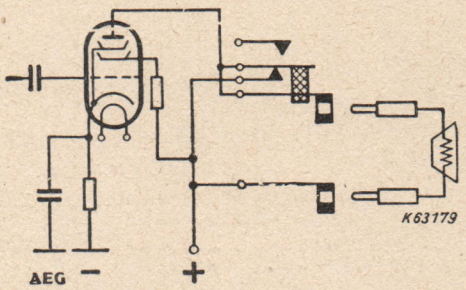


Abb. 188. Die Schaltbuchse als Pentodenschutzbuchse.

ein Ruhekontakt- und ein Arbeitskontakt-Federpaket betätigt wird. Die Buchsen bestehen aus Kunstharzpreßstoff, die Federsätze sind mit Silberkontakten versehen. Die Schaltleistung geht bis zu 10 Watt, die Prüfspannung ist 1000 Volt, die Kapazität zwischen Buchse und Feder beträgt etwa 1,13 pF. Anwendungsbeispiele zeigen die Abb. 187 und 188.

Tabelle 36: Wechselstromwiderstände von Kondensatoren
(abgerundete Zahlen in Ohm)

Kapazität	Hochfrequenz						Niederfrequenz		
	Kurzwellen-Bereich		Mittel- und Langwellen-Bereich				Tonfrequenz-Bereich		
	30 MHz = 10 m	5 MHz = 60 m	1500 kHz = 200 m	600 kHz = 500 m	468 kHz = 640 m	200 kHz = 1500 m	5000 Hz	400 Hz	50 Hz
8 µF	0,00066	0,00398	0,0133	0,033	0,0425	0,100	3,98	49,7	398
6 µF	0,00088	0,0053	0,0177	0,044	0,057	0,133	5,30	66,4	530
2 µF	0,00265	0,0159	0,053	0,132	0,17	0,398	15,90	199,0	1 590
1 µF	0,00530	0,0318	0,106	0,265	0,34	0,795	31,80	398,0	3 180
0,5 µF	0,0106	0,0635	0,212	0,53	0,68	1,59	63,5	796	6 350
0,2 µF	0,0265	0,159	0,53	1,32	1,70	3,98	159,0	1 990	15 900
0,1 µF	0,053	0,318	1,06	2,65	3,40	7,95	318,0	3 980	31 800
0,05 µF	0,106	0,635	2,12	5,3	6,8	15,9	635	7 960	63 500
0,02 µF	0,265	1,59	5,30	13,3	17,0	39,8	1 590	19 900	159 000
0,01 µF	0,530	3,18	10,60	26,5	34,0	79,5	3 180	39 800	318 000
5000 pF	1,06	6,35	21,2	53	68	159	6 350	79 600	635 000
2000 pF	2,65	15,9	53,0	132	170	398	15 900	199 000	1 590 000
1000 pF	5,30	31,8	106,0	265	340	795	31 800	398 000	3 180 000
500 pF	10,6	63,5	212	530	680	1 590	63 500	796 000	6 350 000
200 pF	26,5	159,0	530	1 320	1 700	3 980	159 000	1 990 000	15 900 000
100 pF	53,0	318,0	1 060	2 650	3 400	7 950	318 000	3 980 000	31 800 000
50 pF	106	635	2 120	5 300	6 800	15 900	635 000	7 960 000	63 500 000
20 pF	265	1 590	5 300	13 200	17 000	39 800	1 590 000	19 900 000	159 000 000
10 pF	530	3 180	10 600	26 500	34 000	79 500	3 180 000	39 800 000	318 000 000

Tabelle 37: Wechselstromwiderstände von Induktivitäten
(abgerundete Werte)

Induktivität	Hochfrequenz						Niederfrequenz		
	Kurzwellen		Mittel- und Langwellen						
	30 MHz 10 m	5 MHz 60 m	1500 kHz 200 m	600 kHz 500 m	468 kHz 640 m	200 kHz 1500 m	5000 Hz	400 Hz	50 Hz
500 Hy	95000 MΩ	15700 MΩ	4700 MΩ	1890 MΩ	1480 MΩ	630 MΩ	15,7 MΩ	1,26 MΩ	0,157 MΩ
200 Hy	38000 MΩ	6300 MΩ	1890 MΩ	755 MΩ	590 MΩ	252 MΩ	6,3 MΩ	0,504 MΩ	0,063 MΩ
100 Hy	19000 MΩ	3140 MΩ	945 MΩ	377 MΩ	295 MΩ	126 MΩ	3,14 MΩ	0,252 MΩ	0,031 MΩ
50 Hy	9500 MΩ	1570 MΩ	470 MΩ	189 MΩ	148 MΩ	63 MΩ	1,57 MΩ	0,126 MΩ	15,7 kΩ
20 Hy	3800 MΩ	630 MΩ	189 MΩ	75,5 MΩ	59 MΩ	25,2 MΩ	0,63 MΩ	0,05 MΩ	6,3 kΩ
10 Hy	1900 MΩ	314 MΩ	94,5 MΩ	37,7 MΩ	29,5 MΩ	12,6 MΩ	0,30 MΩ	0,025 MΩ	3,14 kΩ
50 mHy	9,5 MΩ	1,57 MΩ	0,47 MΩ	0,19 MΩ	0,15 MΩ	63 kΩ	1,57 kΩ	126 Ω	15,7 Ω
20 mHy	3,8 MΩ	0,63 MΩ	0,19 MΩ	0,076 MΩ	0,06 MΩ	25,2 kΩ	0,63 kΩ	50 Ω	6,3 Ω
10 mHy	1,9 MΩ	0,314 MΩ	0,095 MΩ	0,038 MΩ	0,03 MΩ	12,6 kΩ	0,31 kΩ	25 Ω	3,14 Ω
5 mHy	0,95 MΩ	157 kΩ	47 kΩ	18,9 kΩ	14,8 kΩ	6,3 kΩ	157 Ω	12,6 Ω	1,57 Ω
2 mHy	0,38 MΩ	63 kΩ	18,9 kΩ	7,6 kΩ	5,9 kΩ	2,52 kΩ	63 Ω	5,04 Ω	0,63 Ω
1 mHy	0,19 MΩ	31,4 kΩ	9,5 kΩ	3,8 kΩ	2,9 kΩ	1,26 kΩ	31,4 Ω	2,52 Ω	0,314 Ω
0,5 mHy	95 kΩ	15,7 kΩ	4,7 kΩ	1,89 kΩ	1,48 kΩ	630 Ω	15,7 Ω	1,26 Ω	0,157 Ω
0,2 mHy	38 kΩ	6,3 kΩ	1,89 kΩ	0,755 kΩ	0,59 kΩ	252 Ω	6,3 Ω	0,504 Ω	0,063 Ω
0,1 mHy	19 kΩ	3,14 kΩ	0,95 kΩ	0,377 kΩ	0,295 kΩ	126 Ω	3,14 Ω	0,252 Ω	0,0314 Ω
0,05 mHy	9,5 kΩ	1,54 kΩ	470 Ω	189 Ω	148 Ω	63 Ω	1,57 Ω	0,126 Ω	0,0157 Ω
0,02 mHy	3,8 kΩ	630 Ω	189 Ω	75,5 Ω	59 Ω	25,2 Ω	0,63 Ω	0,0504 Ω	0,0063 Ω
0,01 mHy	1,9 kΩ	314 Ω	94,5 Ω	37,7 Ω	29,5 Ω	12,6 Ω	0,314 Ω	0,0252 Ω	0,00314 Ω

Messung der Kapazität von Elektrolytkondensatoren.

Erforderlich: Lichtnetz 110/220 V/50 Hz. — Anodenbatterie 150 Volt, ein Wechselstrom-Milliamperemeter und ein Wechselstromvoltmeter

oder ein Netztrafo mit Abgriffen, z. B. 220 V / 4 V und dementsprechend eine Gleichspannung, die größer ist als die Scheitelspannung (hier also größer als $\sqrt{2 \cdot 4} = 2{,}64$ Volt).

Benutzen wir zum Beispiel die Heizstromseite eines Netztrafos aus dem Empfänger, dann können als Gleichstromquelle zwei hintereinandergeschaltete Taschenlampenbatterien dienen. Die Schaltung ist in Abb. 189 gezeigt. Das Ergebnis errechnet sich zu:

$$C_x = \frac{J_{mA} \cdot 10^9}{U_{(Volt)} \cdot 314}$$

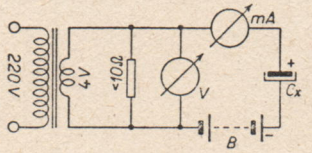


Abb. 189. Schaltung zur Messung der Kapazität von Elektrolytkondensatoren.

Bei Elektrolytblocks kleinerer Kapazität muß man entweder ein empfindliches Milliamperemeter benutzen oder eine hohe Meßspannung, zum Beispiel die 220-Volt-Netzspannung direkt. Dann braucht man aber wieder eine Gleichspannung von über 300 Volt, muß also drei Anodenbatterien hintereinander schalten, da ja die Gleichspannung nicht kleiner sein darf als der Scheitelwert der angelegten Wechselspannung.

(Nach „Funk", Berlin.)

Härtetafel von Mohs.

Mineral	Härtegrad
Talkum	1
Gips	2
Kalkspat	3
Fluorit	4
Apatit	5
Orthoklas	6
Quarz	7
Topas	8
Korund	9
Diamant	10

KAPITEL XIII.

Werkstattwinke.

Die richtige Behandlung von Werkzeug.

Gute Präzisionswerkzeuge, insbesondere Meßwerkzeuge, sind mit Sorgfalt zu behandeln. Sie dürfen ebensowenig wie alle anderen gehärteten Werkzeuge starker Wärme bzw. großen Temperaturschwankungen ausgesetzt werden. Weder die Nähe eines Ofens noch der Platz an der Sonne sind ein geeigneter Aufbewahrungsort. Meßwerkzeuge sollen stets in Werkzeugschränken aufbewahrt werden. Zur Entfeuchtung der Luft dienen kleine Schüsseln mit ungelöschtem Kalk. Werden Meßwerkzeuge zur Arbeit benötigt, so sollen dieselben stets auf einen weichen Lappen gelegt werden. Dadurch wird das Werkzeug geschont.

Werkzeug, welches längere Zeit unbenutzt aufbewahrt wurde, zeigt häufig unschöne Flecken. Die Ursache davon ist, daß das Oel, welches zum Einfetten verwendet wurde, eingetrocknet ist. Ein Mittel, um Werkzeuge oder Maschinenteile von ausgetrocknetem Oel zu reinigen, besteht darin, daß man in 1 Liter heißem Wasser 150 g Pottasche auflöst und dieser Lösung nach dem Erkalten 5 g Essigäther zufügt. Dieses Mittel greift die Metallteile nicht an und gibt auch keine Veranlassung zu Rostbildung; selbst ein etwaiger Farbanstrich wird dadurch nicht beschädigt. Sind Werkzeuge längere Zeit unbenutzt auf Lager zu halten, so seien im nachfolgenden zwei altbewährte Rezepte angegeben, deren Verwendung gegen Rost unbedingt schützt. 16 Gewichtsteile Schweinefett und 1 Gewichtsteil Kampfer werden mit Graphitpulver zu einer streichbaren Masse vermischt und damit die gut gereinigten Werkzeuge bestrichen. Nach ein bis zwei Tagen werden diese mit einem weichen Lappen wieder abgerieben und sind nun gegen Oxydieren gefeit. Die zweite Mischung ist: 1 Gewichtsteil weißer Lack und 16 Gewichtsteile Terpentin. Sie dient als Waschflüssigkeit der Werkzeuge. Auf polierten Gegenständen bemerkt man die Schicht kaum, doch schützt der Ueberzug die polierte Fläche sicher gegen Rost.

Das Sägen ist eine Arbeit, welche der Bastler recht oft vorzunehmen hat. In den meisten Fällen ist die Laubsäge das einzige Hilfsmittel, das ihm dabei zur Verfügung steht. Es

ist aber nicht angängig, dieselben Sägeblätter, mit denen die bekannten Holzlaubsägearbeiten ausgeführt wurden, auch für Metall oder Isoliermaterial zu verwenden. In jeder besseren Eisen- oder Werkzeughandlung sind mehrere Sorten Laubsägeblätter vorrätig, von denen sich auch jeder Bastler eine entsprechende Auswahl zulegen sollte. Für Metall muß das Sägeblatt feinzahnig und besonders als Metallsägeblatt bezeichnet sein. Wo es gilt, Material zu trennen, also zum Beispiel eine Messingachse abzusägen, verwendet man am besten ein ca. 3 bis 4 mm breites Blatt, welches auf „Stoß" eingespannt wird. Ueberhaupt ist das richtige Einspannen des Sägeblattes vielen Bastelfreunden noch unbekannt, und doch hängt sehr oft das gute Gelingen der Arbeit davon ab. Jedes Sägeblatt hat schräggestellte Zähne, so daß es nur in einer Richtung schneidet. Hat man nun zum Beispiel eine Messingachse im Schraubstock eingespannt, so wird die Säge waagerecht darüber hingeführt, und die Zähne des auf „Stoß" eingespannten Sägeblattes heben beim Vorwärtsschieben der Säge Span ab. Stets langsam sägen und niemals dabei aufdrücken! Messing trocken bearbeiten, Eisen wenig mit Oel schmieren, Stahl wird nicht gesägt, sondern ringsherum mit einer Dreikantfeile eingekerbt und dann abgebrochen! Sehr oft kommt es vor, daß der Bastler Bleche trennen muß, das geht natürlich vor allen Dingen bei größeren Abmessungen nicht mit der Säge. In Ermangelung einer Blechschere wird das Blech mit Lineal und Reißnadel oder einem abgebrochenen Messer von beiden Seiten angeritzt und dann über eine Kante gebrochen. Isoliermaterial erfordert grobzahnige Sägeblätter und Geduld bei der Bearbeitung, vor allen Dingen bei Pertinax. Wenn es gilt, Platten zu trennen oder gar einen Durchbruch auszuführen, dann bedient man sich am besten des bekannten Laubsägetisches. Das Sägeblatt muß in diesem Falle auf „Zug" eingespannt und ohne Druck bewegt werden. Bei Aussägearbeiten ist immer gut anzubohren, in schwierigen Fällen kann man sogar auf einer vorher angerissenen Linie sorgfältig ankörnen und Loch neben Loch bohren und dann aussägen. Beim Nachfeilen ist gut zu beachten, daß immer die „gute" (polierte) Seite nach dem Heft der Feile zeigt, damit der entstehende Grat auf der Rückseite bleibt.

Bearbeiten von Leichtmetallen.

Fast alle Leichtmetalle lassen sich viel rationeller als andere Metalle bearbeiten, d. h. wenn die Schneideausbildung

der Werkzeuge entsprechend berücksichtigt wird. Wichtig ist hierbei, daß alle Schneidkanten schmal bzw. die Schneidwinkel recht spitz gehalten werden, damit die zahlreichen sich bildenden Späne sich nicht festsetzen oder sogar angeschweißt werden. Reichliche Kühlung ist besonders wichtig: In der Praxis hat sich für Aluminium eine Mischung aus 5 Teilen Petroleum und 4 Teilen Terpentinölersatz, für Duralaluminium Rüböl, für Silumin Petroleum oder Terpentinöl und für Elektron keine Schmierung sehr gut bewährt.

Biegen von Blechen.

Jedes Blech ist dadurch entstanden, daß es gewalzt wurde. Das Walzen geschieht immer in einer bestimmten Richtung, der Walzrichtung. Biegt man ein Blech in kaltem Zustand in der Walzrichtung, dann bricht es. Ist das Blech weich, so entsteht der Bruch häufig erst beim Zurückbiegen; aber immer wird das Material auch beim ersten Biegen an der Biegestelle brüchig. Man muß demnach stets quer zur Walzrichtung biegen, die man an den durchgehenden, parallelverlaufenden Walzrissen erkennt. Soll ein Blech nicht nur in einer Richtung, sondern beispielsweise in vier Richtungen gebogen werden, so nimmt man als Biegerichtung die Neigung von 45 Grad gegen die Walzrichtung!

Wie kann man Hartgummiteile umformen?

Der Bastler ist beim Aufbau von Geräten oft gezwungen, irgendwelchen Hartgummiteilen, Streifen oder Platten eine andere Form zu geben. Das läßt sich verhältnismäßig leicht erreichen, indem man das betreffende Hartgummistück einige Minuten in kochend heißes Wasser legt. Dadurch wird der Hartgummi so weich und geschmeidig, daß er sich leicht mit der Hand in die gewünschte Form biegen läßt, ohne zu brechen.

Der Hartgummi hat natürlich das Bestreben, wieder in seine ursprüngliche Form zurückzugehen. Aus diesem Grunde muß das Stück in der gewünschten Form so lange fest eingespannt werden, bis der Hartgummi ganz erkaltet ist. Wenn man ganz sicher sein will, daß er sich nicht verzieht, läßt man das Teil am besten ein paar Stunden in dieser Form eingespannt.

Allerdings streckt sich in manchen Fällen der Hartgummi auch nach dem Erkalten noch eine Kleinigkeit zurück. Die Qualität des Hartgummis spielt hierbei eine große Rolle. In derartigen Fällen empfiehlt es sich, den Hartgummi noch

etwas mehr zu biegen, als eigentlich vorgesehen ist. Soll eine Platte beispielsweise im Winkel von 90 Grad gebogen werden, so biegt man sie vorerst etwa in einem Winkel von 100 bis 120 Grad. Nach dem Verlassen der Form streckt sich dann der Hartgummi noch etwas, so daß gerade der gewünschte Winkel erreicht wird.

Das Gewindeschneiden soll nicht trocken geschehen. Für Eisen, Stahl, Messing und auch Pertinax eignet sich am besten Talg. Bevor man das Gewinde einschneidet, wird ein Loch in das Material mit einem Spiralbohrer gebohrt. Die Größe des Bohrers richtet sich nach der Gewindegröße. Die Faustformel hierfür ist: Größe des zu schneidenden Gewindes mal 0,8. Also bei 3-mm-Gewinde ist ein 2,4-mm-Bohrer zu nehmen. Das Gewindeschneiden muß vorsichtig und in der Hand geschehen, da besonders bei kleinem Gewinde die Schneidbohrer leicht abbrechen. Das Arbeitsstück darf dazu also keinesfalls im Schraubstock eingespannt werden. Der Schneidbohrer muß durch wiederholtes Vor- und Rückwärtsdrehen in das vorgebohrte Loch hineingeschnitten werden. Auch beim Außengewindeschneiden ist das zu beachten. Beim „Anschneiden" ist auf genau geraden Sitz der Schneidwerkzeuge zu achten. Zum Beispiel lassen sich im Pertinax-Zylinder sehr gut haltbare Gewinde anbringen. Es eignet sich dafür am besten ein Durchmesser von 2,0 mm. In die Gewinde werden passende kleine Schrauben eingesetzt, an denen der Spulendraht festgelegt werden kann.

Sauberes Gewinde in Gußeisen schneiden.

Um gutes und sauberes, besonders feines Gewinde in Gußeisen schneiden zu können, ist der Gewindebohrer mit Wachs oder einer Mischung von Wachs und Talg einzufetten. Bei Benutzung von Oel bröckeln die Gewindegänge aus; bei Benutzung der oben erwähnten Mischung bleiben die Gewindegänge sauber.

Entfernen von abgebrochenen Bohrern.

In vielen Fällen wird es schon zum Ziel führen, wenn an einen etwas schwächeren Stahlstab Zapfen angearbeitet werden, welche in den Bohrer einfassen. Durch Aufsetzen eines Windeisens wird es möglich sein, den Bohrer durch vorsichtiges Vorwärts- und Rückwärtsdrehen in der Bohrung zu lockern und zu entfernen. Löst sich das abgebrochene

Stückchen Stahl nicht auf die bezeichnete Weise, so versucht man, mittels einer kleinen Röhre Benzin zwischen die Wandung des Bohrloches und des Bohrers zu bringen. Das Benzin löst die beim Bohren verwendeten, im Bohrloch vorhandenen öligen Teile auf und vermindert die Reibung, die durch die verdickten Oele erzeugt wurde, derart, daß man den Bohrer meist schon durch starkes Rütteln herausbekommt.

Bei durchgehenden Löchern, sofern es Form und Verwendungszweck des Werkstückes zulassen, wird von der entgegengesetzten Seite — Bohreraustritt — ein kleines Loch bis zum abgebrochenen Teil des Werkzeuges gebohrt und dann von dieser Seite aus mittels Durchschlag der abgebrochene Bohrer zurückgetrieben.

Ein langwieriges, viel Zeit und damit Geld kostendes Mittel, das dafür aber auch als fast unfehlbar betrachtet werden kann, besteht im Ausätzen oder Ausbeizen. Dies geschieht folgendermaßen: Auf den Rand und an den sichtbaren Wandungen des Bohrloches wird eine Wachsschicht warm aufgetragen. Nach Erkalten wird mit verdünnter Schwefelsäure unter Zusatz von Kochsalz geätzt. Sobald die entstehende Gasentwicklung aufhört, gekennzeichnet dadurch, daß sich keine Bläschen mehr bilden, muß die Flüssigkeit erneuert werden.

Schleifen von Spiralbohrern.

Soweit es sich um Bohrer mit höchstens 6 mm Durchmesser handelt, ist keine rotierende Schleifscheibe nötig, sondern es genügt ein vier- oder rechteckiger Schleifstein. Zum Schleifen wird der Bohrer in die rechte Hand zwischen Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger genommen, während die linke Hand den Schleifstein hält. Sind die Bohrer zu kurz, so nehmen Sie sie in die linke Hand, halten die Bohrerspitze gegen die Tischkante und schleifen mit dem von der rechten Hand gehaltenen Schleifstein die Schleifkanten an.

Für Pertinax ist ein scharfer Bohrer mit flacher Bohrerspitze und großem Schneidwinkel erforderlich. Eisen erfordert spitze Bohrer mit kleinem Schneidwinkel. Soll in Messing ein neues Loch gebohrt werden, dann wird ein spitzer Bohrer mit kleinem Schneidwinkel benötigt. Sollte das Messing reißen, dann wird die Innenkante des Bohrers mit einem Oelstein parallel zur Mittellinie nachgeschliffen. Beim Aufbohren von Löchern in Messing kommt ein Schneidwinkel in Frage, der etwa in der Mitte zwischen dem für Eisen und Pertinax liegt.

Der gleiche Schneidwinkel ist auch für das Bohren von Hartgummi, Trolit oder Schiefer vorteilhaft.

Hartgummi und Trolit sollten immer mit besonders harten Bohrern gebohrt werden. Weiche Bohrer lassen sich dadurch härten, daß Sie sie bis zur Hellglut erhitzen und dann dadurch abschrecken, daß Sie sie genau senkrecht in Wasser von 18 bis 20° C gleiten lassen. Stellen sich Risse oder Sprünge ein, dann muß mit Oel oder Petroleum abgeschreckt werden. Mit derart gehärteten Bohrern können Metalle nicht mehr gebohrt werden, weil die Bohrer abbrechen.

Oelen von Schrauben.

Schrauben ölt man bekanntlich ein, damit sie sich leicht wieder ausschrauben lassen. Es soll verhindert werden, daß die Schrauben einrosten. Oel allein ist aber ein schlechtes Mittel. Besser ist es, einen dünnen Brei von Oel und Graphit zu verwenden, in den man die Schrauben vor dem Einschrauben eintaucht.

Ausbessern von Bohrlöchern.

Fast bei jedem Bastler sind alte, verbohrte Hartgummi- oder Trolitplatten vorhanden; sie sind in diesem Zustande meist nicht verwendbar, lassen sich aber ohne große Mühe und Kosten leicht ausbessern.

Zunächst soll kurz ein Verfahren angegeben werden, das sich zur Ausbesserung von Hartgummiplatten und Trolitplatten gleich gut eignet. Man schmilzt etwa 10 Teile reines Wachs und fügt 1 Teil Ruß hinzu. Diese Bestandteile werden gründlich miteinander vermischt und einmal kurz aufgekocht. Dann gießt man die Masse in eine Form, am besten in eine kleine, an einer Seite verschlossene Papierröhre, da man auf diese Weise eine schwarze Wachsstange erhält, sobald das Gemisch erkaltet ist. Wenn dagegen braune Trolitplatten ausgebessert werden sollen, fügt man dem Wachs Ockerfarbe an Stelle von Ruß zu, und zwar soviel, bis die Farbe des Wachses mit der der auszubessernden Platte übereinstimmt. Bei der Ausbesserung der Platten werden die Bohrlöcher auf einer Seite mit etwas Papier verklebt und die Platte selbst auf eine flache Unterlage gelegt. Jetzt wird das gefärbte Wachs wieder flüssig gemacht und in die Löcher eingefüllt. Zweckmäßig wird man dabei nicht ein Stück der Wachsstange abschneiden und in einem Löffel erwärmen, sondern irgendeinen dünnen Metallgegenstand (Nagel, Schraubenzieher usw.) erhitzen und über

dem auszubessernden Loch an die Wachsstange halten, so daß nur die wirklich erforderliche Menge in das Loch tropft. Nach dem Erkalten werden die überflüssigen Wachsreste abgekratzt (vorsichtig, daß nicht die Plattenpolitur beschädigt wird) und die ausgebesserte Stelle überpoliert.

Eine weitere Methode ist dagegen nur für Trolitplatten geeignet. In einem Fläschchen mit säurefreiem Azeton löst man soviele kleine Trolitstückchen (Bruchstücke von alten Plattenresten) auf, bis die Lösung gesättigt ist. Nach kurzer Zeit bildet das Trolit zusammen mit dem Azeton eine zähe, dickflüssige Masse, die man in die auszubessernden Löcher streicht. Auch hier läßt man die Füllmasse etwas überstehen und entfernt diesen Teil nach dem Trocknen der Masse vorsichtig mit einem Schaber oder einem Messer. Wenn nun die Oberfläche des ausgefüllten Loches gleich dem der Platte ist, bearbeitet man die Stelle mit ganz feinem Schmirgelpapier, und zwar stets in kreisender Bewegung. Zum Schluß poliert man die ganze Platte mit Oel, Schlemmkreide und einem weichen Filzlappen solange, bis auf der ausgebesserten Stelle der gleiche Glanz ist.

Wenn es sich jedoch darum handelt, Bohrlöcher in Holzplatten auszufüllen, so benötigt man dazu eine Masse, die sich folgendermaßen zusammensetzt: 10 g Zelluloid werden in 90 g Azeton aufgelöst, dann werden 15 g Sägespäne zugefügt. (Durch Hinzufügung von ein paar Tropfen Beize läßt sich auch leicht der passende gewünschte Farbton erreichen.) Diese Füllmasse wird fest in die Löcher geknetet und erstarrt schon nach ganz kurzer Zeit. Aus diesem Grunde muß die überschüssige Menge auch in einer gut luftdicht verschlossenen Dose oder Flasche aufbewahrt werden.

Die besten Isolationsmaterialien.

Als besonders guter elektrischer Widerstand wird häufig heller Glimmer genannt, der etwa viermal so gut isoliert wie undurchsichtiger Glimmer. Hartgummi zeigt einen fünfmal so großen Widerstand wie klarer Glimmer, während die beste Bakelit-Isolation nur etwa den gleichen Widerstandswert aufweist wie klarer Glimmer. Einen viel höheren Isolationswert haben einige spezielle Paraffine, Ceresin und geschmolzener Quarz. Die höchsten Widerstandswerte erreichen die keramischen Sondermassen auf der Specksteinbasis und die Klasse der Calit-Massen.

Das Abisolieren von Drähten, insbesondere Litze, machen noch die meisten Bastler falsch. Es geschieht nicht etwa durch Einschneiden rings um die Isolation, sondern man schneidet 1 cm lang in der Längsrichtung die Isolation auf, schält dann den Draht aus der somit geöffneten Gummiisolation heraus und schneidet mit der Schere den Gummi ab. Auf diese Weise bleiben die feinen Drähte unverletzt.

Das Polieren fällt noch vielen schwer. Hartgummi, Galalith, Bakelite oder Trolitplatten — nicht Pertinax — lassen sich wie folgt polieren: Je nach der Beschaffenheit zuerst mit mittelfeinem und dann mit immer feinerem Schmirgelpapier und Oel vorschleifen und zuletzt mit weichem Lappen, Wiener Kalk und Stearinöl nachpolieren. Aber nur mit Fleiß und Schweißtropfen entsteht eine schöne Politur! Sperrholzplatten werden mit feinem Sandpapier ganz sauber glattgeschliffen, mit einem Wattebausch Beize aufgerieben und dann mit einem weichen Lappen mit Mattine oder auch Bienenwachs halbmatt nachpoliert. Aluminium-Frontplatten erhalten ein sehr nettes Aussehen, wenn man die Oberfläche mit feinem Schmirgel dicht bestreut und mit einem Kork, der in die Handbohrmaschine eingespannt wird, dicht nebeneinander kreisförmige Spiegel aufschleift. Die Maschine wird so auf die Platte gesetzt, als wolle man mit dem Kork Löcher bohren.

Bewährte Polituren.

Nachstehende Bestandteile werden gelöst und die betreffenden Flächen damit eingerieben; dann wird nach 24 Stunden mit einem Flanellappen poliert: Petroleum 1 kg, Ceresin weiß 0,2 kg ergibt 1,2 kg Politur. Oder: Leinöl 0,1 kg, Aether 0,75 kg, Terpentinöl 1 kg, Benzin 1 kg ergibt 2,85 kg Politur.

Wodurch können gebeizte Holzflächen fleckig werden?

Zeigen gebeizte Flächen ein fleckiges Aussehen, so kann das verschiedene Ursachen haben, zum Beispiel kann auf Wachsbeizen Wasser geraten und nicht sofort entfernt worden sein. In diesem Fall kann man sich leicht helfen. Man bürstet mit Bürste, nimmt ein paar Tropfen Terpentinwachs auf die Bürste und reibt die Flächen ab. Der Ton ist wieder gleichmäßig. Am besten ist ein Ueberziehen mit Mattierung. — Die Beize kann aber auch durch besondere Einflüsse, zum Beispiel Sonne, Gase usw., angegriffen werden. Hier hilft ein Mattieren allein nicht. Doch ist es nicht zu schwierig, wenn

der Beizton ein dunklerer ist und die Flecken heller aussehen. Nachbeizen ist wohl möglich, doch zu umständlich. Dann färbe man mit spirituslöslicher Beize die Mattierung nach dem Ton und überziehe den Schaden. Er ist meist bald behoben!

Schutz von polierten Einzelteilen.

Hochglanzpolierte Montage- und Einzelteile verlieren leider recht bald durch Oxydation den schönen Glanz, mithin ihr gefälliges Aussehen. Durch geeigneten Lack und entsprechendes Auftragen läßt sich dieser Uebelstand beheben. In der Praxis haben sich für die Zusammensetzung des Lackes und seine Anwendung durch jahrelange Erfahrungen folgende Vorschriften herausgebildet; 1. farblos bis matt: 1,5 Teile Schellack, gebleicht, 5 Teile Körnerlack, hell, 0,5 Teile Venetianischer Terpentin und 30 Teile Spiritus; 2. farblos: 25 Teile Schellack, 3 Teile Venetianischer Terpentin und 72 Teile Spiritus; 3. glänzend: 20 Teile Schellack, $^1/_2$ Teil Lavendelöl, 2 Teile Kampfer und 77 Teile Spiritus. Sollten die polierten Gegenstände eine andere Färbung bekommen, so eignen sich dafür 1. Spezialanilinfarben (käuflich nach Wunsch), 2. für gelb — Pikrinsäure (Vorsicht!) oder 3. für schwarz — spritlösliches Nigrofin.

Chemisches Schwarzfärben
von kleinen Zubehörteilen mit einfachen Mitteln.

Das Bad besteht aus 800 g Aetznatron (magnesiumsalzfrei), 100 g Natriumnitrat, 100 g Natriumnitrit oder 750 g Aetznatron, 150 g Natriumnitrit, 100 g Natriumgeroxyd. Die Tiefschwarzfärbung wird bei Siedetemperatur in einem vorhandenen schmiedeeisernen Kessel, in dem die Gegenstände in eisengeflochtene Drahtkörbe eingehängt werden, vorgenommen. Je nach der Tiefe der Tönung beläßt man die Teile vier bis acht Minuten in der Schmelze. Nach Entnahme spült man sofort in kaltem Wasser vor und dann in kochendem nach; infolge der bei der letzten Anwendung aufgenommenen Wärme verdunstet das anhaftende Wasser sehr schnell und meistens restlos, so daß das übliche Trocknen in Sägespänen nicht nötig ist. Die mit dem Grundmetall verwachsene Schutzschicht besteht im wesentlichen aus Eisenoxyduloxyd. Zur Erzielung einer besonderen tiefen Tönung wird der Färbvorgang einfach wiederholt. Das Bad arbeitet schnell und sicher und ist einfach zu bedienen.

Mattschwarzoxydieren von Eisen und Stahl.

Die gut entfetteten, zunder- und rostfreien Gegenstände aus Eisen oder Stahl werden mit Hilfe eines Schwammes mit Ferroxydinlösung benetzt, wobei darauf zu achten ist, daß sich an den Gegenständen keine Tropfen bilden, weil diese Flecken verursachen. Tropfen sind durch Betupfen mit einem Wattebausch oder ausgedrücktem Schwämmchen zu entfernen. Nach dem Bestreichen lassen Sie die Lösung bei mäßiger Zimmertemperatur eintrocknen und etwa 10 bis 12 Stunden auf die Gegenstände einwirken. Dann werden die Gegenstände etwa eine halbe Stunde lang in ein Gefäß mit kochendem Wasser gehängt und hinterher durch Erwärmen auf 40 bis 50 Grad getrocknet. Schließlich werden die Gegenstände an einer schnellrotierenden Zirkularstahldrahtbürste aus gewelltem Draht durchgekratzt, deren Drähte nicht stärker als 0,15 bis 0,25 mm sein sollten. Das Durchkratzen geschieht so lange, bis ein schwarzer matter Ueberzug entsteht.

Zeigen sich Oxydationsfehler, dann werden die Gegenstände nach dem Kratzen nochmals behandelt, aber nur etwa 4 bis 5 Stunden lang. Ist eine absolut gleichmäßige Oxydation erzielt, dann werden die erwärmten Gegenstände noch in eine warme Lösung aus gleichen Teilen Paraffin und Paraffinöl getaucht, das mit einem feinen weichen Lappen verrieben wird, bis der nötige Glanz erzielt ist.

Guter Metallack.

Einen guten Metallack erhält man, wenn man Schellack in hochprozentigem Spiritus auflöst. Die goldgelbe Färbung erreichen Sie durch einen Zusatz von Safran in Alkohol, körnerfrei aufgelöst bzw. vorher gut gesiebt.

Braunfärben von Messingteilen.

Messingteile kann man braun färben, wenn man einen Brei von Bronze-Barbédienne-Pulver auf die Messinggegenstände aufträgt. Zuvor sind natürlich die Gegenstände gut zu reinigen und zu entfetten. Das Auftragen des Breis erfolgt mit einem Pinsel. Dann setzt man die Gegenstände einer mittelmäßigen Erwärmung aus und entfernt das Pulver durch Ueberbürsten mit einer weichen Bürste. Das Verfahren wird so lange wiederholt, bis die gewünschte Farbe erzielt ist. Je nachdem, ob zum Anrühren Spiritus, Ammoniak, Schwefelammonium oder extra starkes Schwefelammonium verwendet wird, läßt sich ein mehr oder weniger dunkles Braun erzielen.

Kleine Messingteile.

Kleine Messingteile werden zweckmäßig folgendermaßen behandelt: Die entfetteten Messinggegenstände werden abwechselnd in eine, am besten heiße, Schwefelleberlösung und verdünnte Säure getaucht, zwischenzeitlich aber nicht abgespült. Die gefärbten Gegenstände werden dann an einer weichen Messingzirkularkratzbürste ein- bis zweimal durchgekratzt, um eine gleichmäßige Färbung zu erhalten. Die Schwefelleberlösung wird dadurch hergestellt, daß etwa 30 g Schwefelleber in einem Liter Wasser aufgelöst werden. An Stelle verdünnter Schwefel- oder Salzsäure empfiehlt sich unter Umständen eine Lösung aus 50 g Kupfervitriol und 50 g roher konz. Salzsäure auf einen Liter Wasser.

Eintauch-Glanzversilberung.

Diese dient dazu, eine glänzende Versilberung in ganz dünner Schicht herzustellen. Die zu versilbernden Gegenstände müssen vorher vollkommen rein und vor allem wirklich glänzend vorgearbeitet werden, weil auf einer matten Unterlage durch die darauf folgende Versilberung natürlich kein Glanz erreicht werden kann. Die zu versilbernden Teile aus Messing oder anderen Kupferlegierungen — auch vermessingte oder verkupferte Teile lassen sich versilbern — werden am besten mittels eines Steinzeugsiebes unter gutem Bewegen in das Spezialbad für die Eintauchglanzversilberung eingetaucht, das man zweckmäßig fertig angesetzt von der einschlägigen chemischen Industrie bezieht. Um einen schönen Glanz zu erreichen, muß man vor allem das richtige Zeitmaß durch Eintauchen, Herausnehmen und Abspülen einhalten. Man beläßt die Gegenstände nur ganz kurze Zeit in diesem Bad und verwendet die Lösung nur so lange, wie sie gute Resultate gibt.

Holz schwarz beizen.

Häufig kommt man in die Lage, Holz schwarz beizen zu müssen. Um das zu erreichen, verfahren Sie zweckmäßig auf folgende Weise: Sie kochen blaues Pernambukholz und zu Pulver zerriebene Galläpfel in Regen- oder Flußwasser so lange, bis die Lösung schwarz wird. Die Flüssigkeit wird dann gut filtriert und der zu beizende Gegenstand mit dieser Abkochung, ehe sie kalt ist, mit einem reinen Pinsel übergestrichen. Der Vorgang muß so oft wiederholt werden, bis

das Holz eine schwarze Färbung angenommen hat. Dann wird das Holz mit folgender Lösung überzogen: Eisenfeilspäne, Vitriol und Weinessig werden erhitzt, aber nicht zum Kochen gebracht. Die Lösung lassen Sie einige Tage stehen, damit sich der Satz absondert. Das Holz muß, selbst wenn es schwarz genug ist, auf jeden Fall mit dieser Lösung überzogen werden.

Mattieren von Hohlglas.

Ein Mattbad zum Mattieren von Hohlglas kann man auf folgende Art zusammenstellen: In einem Bleigefäß sind 250 g Flußsäure und 100 g schwefelsaures Ammoniak vorsichtig so lange zu erwärmen, bis sich das Ammoniak vollständig gelöst hat. Nach dem Erkalten ist unter beständigem Umrühren eine Menge von 300 g kohlensaurem Ammoniak in kleinen Mengen zuzuschütten. Dadurch entsteht ein dicker Brei, der durch 250 ccm Wasser zu verdünnen ist. Das Bad darf nur in einem Blei- oder Hartgummigefäß aufbewahrt werden. Um eine gleichmäßige Aetzung zu erzielen, müssen Sie das Glas mit Sodawasser gut reinigen. Das Bad ist vor Benutzung im Wasser- oder Sandbad auf 40 bis 50 Grad Celsius zu erwärmen. Die Aetzung erfolgt in zwei bis fünf Minuten.

Färben von Glühlampen.

Sie kaufen sich unter Hinweis auf den Verwendungszweck roten, blauen, grünen oder gelben Tauchlack, säubern den Glaskörper gut, wärmen ihn an und tauchen ihn dann in den Lack. Nun erwärmen Sie die Lampe nach, bis der Lack getrocknet ist. Bevor die Lampen endgültig gebraucht werden, werden sie in einem besonderen Raum unter elektrische Spannung gesetzt, damit der Azetongeruch verfliegt, der lästig ist.

Entfärben von Nickelteilen.

Gelb angelaufene Nickelteile kann man entfärben, wenn Sie sie etwa 10 bis 20 Sekunden lang in eine Mischung von 50 Teilen von rektifiziertem Spiritus und von einem Teil konz. Schwefelsäure legen, dann in warmem Wasser gut nachspülen und mit Sägespänen und einem weichen Tuch abtrocknen.

Wasserfesten Leim

fertigt man sich dadurch an, daß man Tafelleim in kaltem Wasser ziehen läßt, bis er weich wird, dann mit Leinöl übergießt und über leichtem Feuer oder noch besser im Wasserbad auflöst.

Leimmischung für Holz auf Metall.

Zur schraubenlosen Befestigung von Metallplättchen auf Holz wird Leim bester Qualität benutzt, der mit einem Zusatz von Glyzerin und Kalk gut durchsetzt und gekocht wird. Im fertigen Zustand muß die Mischung sirupartiges Aussehen haben. Nach Eintauchen der Plättchen in schwache Salpetersäure und gutem Abspülen und Abtrocknen werden sie erhitzt, mit heißem Leim bestrichen und heiß auf das Holz gedrückt.

Aufkitten von Metallplättchen auf Holz.

Metallplättchen werden auf Holz mit einem Leim aufgekittet, der aus Glyzerin und Kalk besteht und so lange gekocht werden muß, bis er einen syrupähnlichen Charakter erhält. Die Klebseite der Metallplättchen wird zweckmäßig vor dem Kleben mit Schmirgelpapier etwas aufgerauht.

Metalle (Kupfer) auf Sandstein zu befestigen.

Man bereitet einen kalten Kitt, bestehend aus 7 Teilen Bleiweiß, 6 Teilen Bleiglätte, 6 Teilen Bolus und 4 Teilen gestoßenem Glas mit 4 Teilen Leinölfirnis.

Ein guter Kitt für fast alle Zwecke ist das „Cohesan H". (In Tuben erhältlich.) „Cohesan H" ist im trockenen Zustand ein guter Isolierstoff.

Ein guter Glaskitt, zum Beispiel für zerbrochene Skalenscheiben, besteht aus pulverisiertem Glas, das man mit Eiweiß vermischt.

Zusatz zum Gips.

Um zu verhindern, daß einem der Gips nicht während der Arbeit unter den Fingern trocknet, so daß er sich nicht mehr verarbeiten läßt, setzen Sie ihm etwas Leim zu. Als solcher eignet sich gut sogenannter Sichelleim oder auch Dextrin. Im Notfall können Sie auch Roggenmehl verwenden. Besser noch ist es, den Gips mit dem mit Leim vermischten Wasser anzurühren.

Leder auf Metall kleben.

Ein Teil Galläpfel wird in 8 Teilen destilliertem Wasser gekocht, heiß auf das Leder gebracht, dann das erwärmte Metallstück mit heißer konzentrierter Leimlösung bestrichen

und schließlich das Leder fest auf das Metall gedrückt. Es haftet dann absolut fest.

Nachprüfung der Güte von Becherkondensatoren.

Die Güte jedes Becherkondensators hängt von seinem Isolationswiderstand ab. Derselbe nimmt mit der Zeit langsam ab; deshalb sind alte Kondensatoren so billig! Je höher der Isolationswiderstand eines Becherblocks ist, um so länger behält er die aufgeladene Spannung. Wenn das viele Stunden der Fall ist, so kann man mit ihm zufrieden sein. Sobald sich die Aufladung jedoch bereits nach wenigen Minuten nicht mehr nachweisen läßt, handelt es sich um ein minderwertiges Exemplar, von dessen Verwendung man Abstand nehmen sollte.

Wie läßt sich nun die Aufladung eines Kondensators nachprüfen? Nicht mit dem Schraubenzieher! Diese Kurzschlußmethode kann dem Becherblock sehr schlecht bekommen. Dagegen bietet die Glimmlampe ein vorzügliches Hilfsmittel. Wenn man sie zweipolig an den Kondensator anschließt, so entlädt er sich über die Lampe und gibt an der Stärke der dadurch verursachten Glimmerscheinung die Größe der Aufladung zu erkennen. Letztere kann nur mit Gleichstrom von mindestens 200 Volt, also an einer Netzanode oder am Gleichstromnetz, vorgenommen werden.

Eine zweckmäßige Vergußmasse für Kondensatoren.

Zum Vergießen von Becherkondensatoren bedient man sich zweckmäßig einer Vergußmasse, welche sich folgendermaßen zusammensetzt:

15 Teile Paraffin,
5 Teile Bienenwachs,
3 Teile pulveris. Harz,
1 Teil Asphalt.

Die einzelnen Bestandteile werden geschmolzen und bei mittlerer Temperatur gut miteinander vermischt und verrührt. Die so entstehende Masse gießt man in eine kleine Form und läßt sie erkalten. Von dem auf diese Weise entstehenden Block schneidet man jeweils bei Gebrauch die erforderliche Menge ab. Dieses Quantum schmilzt man dann in einem Metallöffel und vergießt damit die Kondensatoren. Auch zum Vergießen von einzelnen Elementen oder ganzen Batterien läßt sich diese Vergußmasse sehr gut verwenden.

Elementkohlen brauchbar machen.

Die Kohle ist in Holzkohlenfeuer zu durchglühen, was langsam bis zur Dunkelrotglut erfolgen muß. Das Abkühlen hat ebenfalls langsam, eventuell im Temperaturofen, zu erfolgen. In noch warmem Zustand ist dann der obere Teil der Kohle, auf den die Klemme aufgesetzt werden soll, in heißes Paraffin einzutauchen. Nach vollständiger Abkühlung der Kohle ist das auf der Oberfläche durch das Glühen herausgetretene noch anhaftende Zinkoxydul mit einer Kratzbürste zu entfernen.

Wir lernen löten.

Kurz-Kursus im Weich- und Hartlöten.

I. Das Weichlöten.

Erforderlich sind ein gewöhnlicher Lötkolben mit Spiritusbrenner, elektrischer Lötkolben, verschiedene Weichlote, Lötfett, Stearin, Salmiakstein, feuchter Lappen, Lötwasser, verdünnte Salzsäure, Säuberungswerkzeuge: Feile, Messer, Dreikantschaber, Sandpapier und als Werkstücke Kupferdraht verschiedener Stärke, Litzen, Weiß- und Schwarzblechstreifen, Bleistücke, Nägel usw.

1. Erwärmen des Lötkolbens über einer Spiritusflamme. Zeitverbrauchsermittlung vom Anbrennen der Flamme bis zur Fertigstellung einer gewissen Arbeit: Zusammenlöten zweier Blechstreifen, wobei der Kolben öfter angewärmt werden muß. Anschließend zeigen, wie das Zinn bei richtiger Erwärmung nach Abreiben am feuchten Lappen aussehen muß: rein silberweiß = richtig, leicht gelblich = schon zu heiß, richtig für starke Werkstücke, bläulichviolett = Zinn schon verbrannt.

2. Verwendung eines elektrisch beheizten Kolbens zu der gleichen Arbeit. Zeitverbrauch feststellen, Andrücken bei längeren Lötnähten, Entfernen des Schneidegrates, Ueberlappen, schmale, mittlere und breite, magere und verschwemmte Nähte zeigen.

3. Ausführung einiger schwieriger Lötungen:

a) Vereinigung mittelstarker Drähte. Das gewöhnliche Verfahren ist das Verdrillen der gereinigten Drahtenden (Abb. 190).

Einfetten und Löten mit Zinn-Bleilot oder Lötpasta (Zinnstaub und Lötfett gemischt).



Abb. 190. Verdrillen von Drähten.

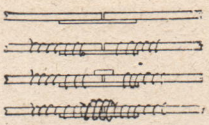


Abb. 191. Drahtverbindungen.

b) Vereinigen dünnster Drähte. Bei Spulendrähten müssen Lothäufungen vermieden werden, damit beim Wiederaufwickeln keine Luftabstände entstehen und Spannungsverluste eintreten.

c) Vereinigen durchschnittener Leitungen. Die Abb. 191 zeigt das Stützen mittels Drahtstückes und Aufbinden eines kleinen Lotstückes. Sicheres Arbeiten mit einer Hand!

d) Anlöten dünnster Drähte an Schraubenenden. Abb. 192 veranschaulicht die einzelnen Arbeiten: Glattfeilen des Schraubenendes, Auflegen des Drahtendes, das von allein halten muß, Auflegen eines Lotstückes, Heranbringen des Kolbens, fertige Lötung. Wird das Gerät öfter hart aufgesetzt, so ist es besser, das Ende an eine „weiche" Spirale eines stärkeren Drahtes zu löten (Abb. 192 a).

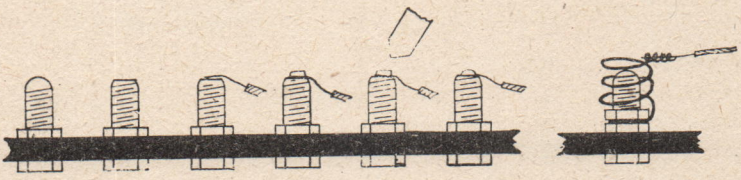


Abb. 192.
Vorbereitung der Lötung.

Abb. 192 a.

e) Litzenenden werden vereinigt, indem sie erst mittels Sandpapiers vollständig gesäubert werden und dann recht gleichmäßig im Wicklungssinne zusammengedreht werden. Anfassen mit der Zange.

f) Anlöten von Kupferdraht an vorher verkupferte Retortenkohle. Nicht nur Spirale anlöten, sondern das Drahtende wird rückwärts aufgelegt und dann die Spirale gebogen und angelötet (Abb. 193).

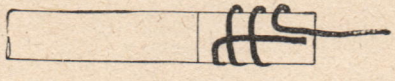


Abb. 193. Verbindung von Drähten mit Elementkohlen.

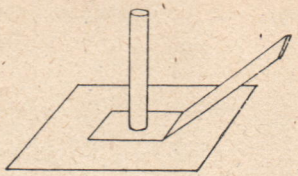


Abb. 194. Weißblechlötungen.

4. Vorführung mehrerer Weißblechlötungen unter Verwendung von Lötwasser. Man lötet immer unter Andrücken fest (Abb. 194). Nicht die verwendete Lotmenge sichert die Haltbarkeit, sondern die Sauberkeit der Lötstelle und das Andrücken.

5. Zusammenlöten zweier Zinkblechstreifen mittels verdünnter Salzsäure.

6. Zusammenlöten zweier Schwarzblechstreifen ohne und mit vorheriger Verzinnung. Reißprobe!

7. Beim Zusammenlöten von Bleikabeln müssen die Bleienden sehr sauber sein. Der nicht zu heiße Kolben berührt nur das Lot. Kommt die Lötstelle mit Schwefelsäure (Akku) in Berührung, so muß sie durch Vergußmasse gut abgeschlossen werden.

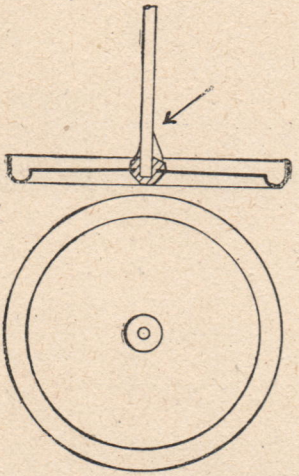


Abb. 195. Isolierschutz der Lötverbindung.



Abb. 196. Verbindung von Blei und Eisen.



Abb. 197. Schmelzsicherung.

8. Anlöten von Blei an Eisen. Die Abb. 195 zeigt ein Blechrad mit Bleiniete (Kinderspielzeug), das an die Eisenachse gelötet wird. In Ermangelung eines solchen Werkstückes genügt ein Bleistück mit Loch, in das ein Nagel paßt. Das Eisen muß sehr blank sein. Die Lötstelle kann eingefettet oder mit Lötwasser bestrichen werden. Aufschütten von Zinnstaub. Der heiße Kolben berührt die Eisenstange, bis Zinn schmilzt.

II. Das Hartlöten mit der Lötlampe.

Mancher Bastler hat eine große Anzahl von Versuchen ausgeführt, die die Möglichkeit der einwandfreien Hartlötung mittels einer guten Werkstatt-Benzinlötlampe beweisen. Es wird eine Lampe mit nur einer Rohröffnung von 16 mm verwendet, die Werkstücke von Kupfer und Messing von 4 bis 6 qcm bzw. 3 bis 4 ccm und Eisen von 3 bis 4 qcm bzw. 1 bis 2 ccm einwandfrei verbindet.

Erforderlich Schlaglote bzw. Bronzedraht, Hartlötpulver A für Eisen und B für Kupfer, Messing usw. von Claßen & Co., Berlin-Niederschönhausen, Aluminium-Hartlot (Blechlot Nr. 6) und das berylliumhaltige Flußmittel A Nr. 21 der gleichen Firma und vor allem Silberlote in 0,4 mm Blechform der Firma Dr. Th. Wieland, Pforzheim: W. Ue. 650° C für dünnste Kupferdrähte, St. 740° C für Kupfer, Messing (Zuglot!), N II 740° C für Nickel und Neusilber, D. F. 820° C für Eisen und Kupfer, T. O. 850° C für Eisen, Neusilber, Nickel und Kupfer. Für Kupfer enthaltende Werkstücke das flüssige Fluoron als Flußmittel, für Eisen und Stahl Borasic des gleichen Herstellers.

Die Inbetriebsetzung der Lötlampe wird aus Sicherheitsgründen in einem Nebenraum vorgenommen. Erst bei einwandfreiem Brennen bringt man sie in den Werkraum. Vorsichtsmaßregeln beachten, u. a. keine entzündlichen Stoffe im Raume, auch keine Gardinen, Verantwortung für den Vorführer!

1. Ausführungen von Hartlötungen an Eisen mit gewöhnlichen Schlagloten oder Bronzedraht. Sind die Werkstücke größer als oben angegeben, so wählt man ein leichter fließendes Lot mit einer Schmelztemperatur von 600 bis 650° C. Ebenso bei schlechtem Messing. Hier keinen Borax verwenden, weil dieser nur bläht und Zunder hinterläßt und außerdem die Werkstücke gereinigt werden müssen, was bei Verwendung

der modernen Hartlötpulver unterbleiben kann. Die Lötstellen werden erst mit angefeuchtetem Hartlötpulver bestrichen und kurz erwärmt. Dann bringt man die Werkstücke in die richtige Stellung durch Zusammenbinden oder Pressen mittels kleiner Feilkloben usw. und streut nach einiger Erwärmung Lotgemisch (Schlaglot und trockenes Hartlötpulver) auf.

a) Eisenblech verdicken mittels Eisenblechscheibe für Gewindebohrung (Abb. 198).

b) Das gleiche Beispiel, aber Mutter auflöten mittels strengflüssiger Schlaglote (850 bis 890° C) (siehe Abb. 199).



Abb. 198. Eisenblech verdicken.

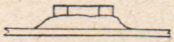


Abb. 199. Auflöten einer Mutter.

2. Ausführungen an Kupfer und Messing. Gutes Messing erforderlich (60 bis 70% Kupfer und 30 bis 40% Zink). Während hartgelötetes Eisen abgeschreckt werden muß, läßt man Kupfer und Messing langsam verkühlen, wenn es hart und straff bleiben soll.

a) Antennenlitzen hart löten. Die Abb. 200 will andeuten, wie die aufgewickelten Litzenseile erst ineinandergelegt werden müssen, bevor man sie im Wicklungssinne zusammendreht.

b) Starke Erdleitungsdrähte hart löten (Abb. 201, Schnittzeichnung).



Abb. 200. Antennenlitzen fest löten.



Abb. 201. Starke Drähte fest löten.

Billige Silberlote.

52 Teile Zink werden in einem Graphittiegel geschmolzen und mit 32 Teilen von feinkörnigem Kupfer gemischt, das mit 30prozentigem Salmiak versetzt ist. Der Schmelze werden noch 6 Teile Silber beigegeben, worauf man das Ganze mit einem Holzstab gut durchrührt. Zum Körnen des Lotes wird die flüssige Masse unter stetem Rühren in dünnem Strahl in kaltes Wasser gegossen. Als Flußmittel dient ein Gemenge von Borax mit 2% feinster Glasgalle.

11 g feines Silber, 4 g Messing, 1 g Zink werden geschmolzen, gut verrührt und gekörnt, wie vorstehend.

Für hochwertige Arbeiten legiert man 16 g Silber, 5 g Messing und 1 g Zink.

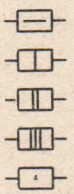
Ein sehr gutes Neusilberlot erhält man auch aus 1 g Neusilberblechabfällen, 100 g Messing, 90 g Zink, 35 g Zinn oder einer Schmelze, bestehend aus 1 kg Neusilberblechabfällen, 125 g Messing, 140 g Zink und 3 g Zinn.

Die neuen vereinfachten Schaltsymbole.

Widerstände

a) Ohmwerte: Ω = 1 Einheit: von 1—999 Ohm (z. B. 150 Ω),
K = 1000 Einheiten: von 1000—990 000 Ohm (z. B. 500 K),
M = 1 000 000 Einheiten: 1 000 000 Ohm und größer (z. B. 2,5 M)

b) Belastungen:  = 0,25 Watt (Ohmwert im Sinnbild),

 = 0,5 Watt; = 1 Watt; = 2 Watt; = 3 Watt; = über 3 Watt — Ohmwerte neben Sinnbild.

Die Zahl im Sinnbild bedeutet die Belastung in Watt.

Kondensatoren

a) Kapazitätswerte: Zahlen 1—99 000 = 1—99 000 pF

Beispiele:  = 14 pF,

 = 50 000 pF,

 = Trimmer, regelbar von 15—45 pF,

Zahlen 0,1—2 = 0,1—2 µF,

Beispiele  = Kondensator 0,1 µF,

 = Kondensator 1,5 µF

Induktionsfreie Kondensatoren besitzen die Zusatzbezeichnung Jf.

Beispiel:  = Kondensator 10 000 pF Induktionsfrei.

Tabelle 38. Glasierte Widerstände hoher Belastungsfähigkeit. Nach Unterlagen der Steatit-Magnesia A.-G. (Pantohm-Widerstände).

Typ	Maximale Dauerbelastbarkeit in Watt	Lieferbare Widerstandswerte in Ohm	Abmessungen in mm		Bemerkungen
			Ø	Länge	
M	500	100 ÷ 500 000	32	330	Klemmen- u. Litzenanschluß. Sonderausführung 5 ÷ 100 Ω
O	200	50 ÷ 200 000	10	234,5	Schellen-Klemmen-u.Litzenanschluß. Sonderausführung 2 ÷ 50 Ω
I	135	25 ÷ 100 000	19	165	Schellen-Klemmen-u.Litzenanschluß. Sonderausführung 0,5 ÷ 25 Ω
IH [1])	135	25 ÷ 100 000	19	265	Mit Schellen- und Litzenanschluß
II	85	15 ÷ 50 000	19	102	Schellen-Klemmen-u.Litzenanschluß. Sonderausführung 0,25 ÷ 15 Ω
IIH [1])	85	15 ÷ 50 000	19	169	Mit Schellen- und Litzenanschluß
Mignon	40	7 ÷ 25 000	14	60	Mit Kontaktkappen
Liliput I	12	100 ÷ 50 000	7,2	80	Mit Kontaktkappen
Liliput II	8	50 ÷ 25 000	7,2	46	Mit Kontaktkappen

[1]) Mit verlängertem keramischem Körper und dadurch größerer Überschlagsfestigkeit gegen Erde

Tabelle 39.

Wie der Durchmesser von Drähten durch die Isolation wächst
B = Baumwolle, BB = doppelt Baumwolle, L = Lack, S = Seide, SS = doppelt Seide

Durchmesser	*L*	*S*	*SS*	*B*	*BB*
von 0,03–0,05	0,012	0,035	0,07	—	—
über 0,05–0,1	0,015	0,035	0,07	—	—
über 0,1 –0,2	0,02	0,035	0,07	0,1	0,16
über 0,2 –0,3	0,025	0,04	0,07	0,1	0,16
über 0,3 –0,4	0,03	0,04	0,07	0,12	0,2
über 0,4 –0,5	0,035	0,04	0,07	0,12	0,2
über 0,5 –0,7	0,04				
über 0,7 –1,0	0,05				
über 1,0 –2,0	0,06				
über 2,0 –3,0	0,07				
über 0,5 –1,5		0,04	0,08	0,12	0,22
über 1,5 –3,0		—	—	0,15	0,26

Tabelle 40. Widerstandsdrähte 0,03 bis 0,5 mm

Nach Unterlagen der Vereinigten Deutschen Metallwerke A.-G.

Durchmesser		Chromnickel eisenfrei			Chromnickel eisenhaltig			Konstantan			Nickelin		
mm	Querschnitt mm^2	Gewicht von 1 m Draht in g	Widerst. von 1 m Draht in Ω	Drahtl. für 1 Ω Widerstand in m	Gewicht von 1 m Draht in g	Widerst. von 1 m Draht in Ω	Drahtl. für 1 Ω Widerstand in m	Gewicht von 1 m Draht in g	Widerst. von 1 m Draht in Ω	Drahtl. für 1 Ω Widerstand in m	Gewicht von 1 m Draht in g	Widerst. von 1 m Draht in Ω	Drahtl. für 1 Ω Widerstand in m
0,03	0,000707	0,0059	1556	0,0006	0,0059	1556	0,0006	—	—	—	—	—	—
0,04	0,001257	0,0105	875	0,0011	0,0104	875	0,0011	—	—	—	—	—	—
0,05	0,001963	0,0165	560	0,0017	0,0162	560	0,0017	0,0175	250	4,0	0,0171	221	4,53
0,06	0,00283	0,0237	389	0,0025	0,0234	389	0,0025	0,0252	173	5,78	0,0245	153	6,54
0,07	0,00385	0,0323	286	0,0034	0,0318	286	0,0034	0,0342	127,3	7,79	0,0335	112	8,89
0,08	0,00503	0,0422	219	0,0045	0,0416	219	0,0045	0,0447	97,4	10,3	0,0438	86,1	11,62
0,09	0,00636	0,0534	172,9	0,0057	0,0526	172,9	0,0057	0,0567	76,56	13,0	0,0559	67,9	14,73
0,10	0,00785	0,0659	140	0,0071	0,0649	140	0,0071	0,0698	62,03	16,0	0,0677	55,2	18,13
0,11	0,0095	0,0797	115,7	0,0086	0,0785	115,7	0,0086	0,0844	51,58	19,4	0,0827	45,6	22,0
0,12	0,0113	0,0948	97,3	0,0102	0,0934	97,3	0,0102	0,1004	43,36	23,1	0,0984	38,3	26,1
0,13	0,0133	0,1115	82,9	0,0120	0,110	82,9	0,0120	0,118	36,85	27,1	0,116	32,5	30,7
0,14	0,0154	0,1292	71,4	0,0139	0,1273	71,4	0,0139	0,137	31,82	31,4	0,134	28,2	35,6
0,15	0,0177	0,1485	62,2	0,0160	0,1464	62,2	0,0160	0,157	27,68	36,1	0,155	24,5	40,9
0,16	0,0201	0,1686	54,7	0,0182	0,1662	54,7	0,0182	0,179	24,38	41,0	0,175	21,5	46,4
0,17	0,0227	0,1904	48,5	0,0206	0,1877	48,5	0,0206	0,202	21,59	46,3	0,198	19,1	52,4
0,18	0,0254	0,2131	43,2	0,0231	0,2100	43,2	0,0231	0,226	19,29	51,8	0,221	17,0	58,7
0,19	0,0284	0,2299	38,8	0,0257	0,2349	38,8	0,0257	—	—	—	—	—	—
0,20	0,0314	0,2634	35	0,0285	0,2597	35	0,0285	0,279	15,61	64,1	0,273	13,8	72,5
0,22	0,0380	0,319	28,9	0,0345	0,314	28,9	0,0345	0,338	12,89	77,5	0,331	13,4	87,8
0,24	0,0452	0,379	24,3	0,0411	0,347	24,3	0,0411	0,402	10,84	92,2	0,394	9,58	104
0,25	0,0491	0,412	22,4	0,0446	0,406	22,4	0,0446	0,436	9,28	100	0,438	8,82	113
0,28	0,0616	0,517	17,8	0,0559	0,509	17,8	0,0559	0,548	7,95	126	0,563	7,03	142
0,30	0,0707	0,593	15,5	0,0642	0,585	15,5	0,0642	0,628	6,93	144	0,616	6,13	163
0,32	0,0804	0,674	13,7	0,0731	0,665	13,7	0,0731	0,715	6.09	164	0,700	5,39	186
0,35	0,0962	0,807	11,4	0,0874	0,795	11,4	0,0874	0,856	5,09	197	0,838	4,50	222
0,40	0,126	1,057	8,75	0,1142	1,042	8,75	0,1142	1,117	3,89	257	1,097	3,44	291
0,45	0,159	1,334	6,92	0,1446	1,315	6,92	0,1446	1,14	3,08	325	1,38	4,22	367
0,50	0,196	1,644	5,60	0,1786	1,621	5,60	0,1786	1,75	2,50	400	1,71	2,21	453

Widerstandskennzeichen.

Im Ausland benutzt man vielfach einen Farbencode zur Kennzeichnung des Widerstandswertes nach folgendem Schlüssel:

Tabelle 41.

Farbe	Körper	Kappe	Ring
Schwarz	0	0	0
Braun	1	1	0
Rot	2	2	00
Orange	3	3	000
Gelb	4	4	0000
Grün	5	5	00000
Blau	6	6	000000
Violett	7	7	—
Grau	8	8	—
Weiß	9	9	—

Beispiel
150000 Ω:
Grundfarbe:
Braun
Kappe: Grün
Ring: Gelb

In Deutschland werden die rauschfreien, drahtlosen Halbleiterwiderstände in folgenden Grundausführungen geliefert:

0,25 Watt belastbar 17 mm lang, 5 ø, lieferbar 100 Ω — 2 MΩ
0,50 Watt belastbar 26,5 mm lang, 5 ø, lieferbar 100 Ω — 3 MΩ
1,00 Watt belastbar 30,5 mm lang, 8 ø, lieferbar 100 Ω — 10 MΩ
2,00 Watt belastbar 53,5 mm lang, 10 ø, lieferbar 100 Ω — 10 MΩ
3,00 Watt belastbar 80,5 mm lang, 9,5 ø, lieferbar 100 Ω — 10 MΩ

Die drahtgewickelten Sorten haben folgende Normalmaße:

1 Watt belastbar, lieferbar von 10—1000 Ω — 31 lang, 6 ø
1 Watt belastbar, lieferbar von 1— 5 kΩ — 35,5 lang, 7,6 ø
2 Watt belastbar, lieferbar von 10—10 kΩ — 40,5 lang, 7,6 ø
3 Watt belastbar, lieferbar von 10—20 kΩ — 53,5 lang, 9,5 ø
4 Watt belastbar, lieferbar von 10—50 kΩ — 54,0 lang, 12 ø
6 Watt belastbar, lieferbar von 10—100 kΩ— 80,5 lang, 10 ø

KAPITEL XIV.

Hörerwinke.

Die Skala der Aetherschwingungen.

Die elektro-magnetischen Schwingungen umfassen den weitaus größten Frequenzbereich sämtlicher Naturerscheinungen. Bei einem Verhältnis von 1 : 10 — also zum Beispiel 3 : 30 oder 1000 : 10 000 — spricht man von einer Größenordnung. Die elektro-magnetischen Schwingungen umfassen etwa 20 Größenordnungen. Innerhalb dieses ungeheuren Gebietes, dessen geistiges Erfassen völlig unmöglich ist, bedeutet

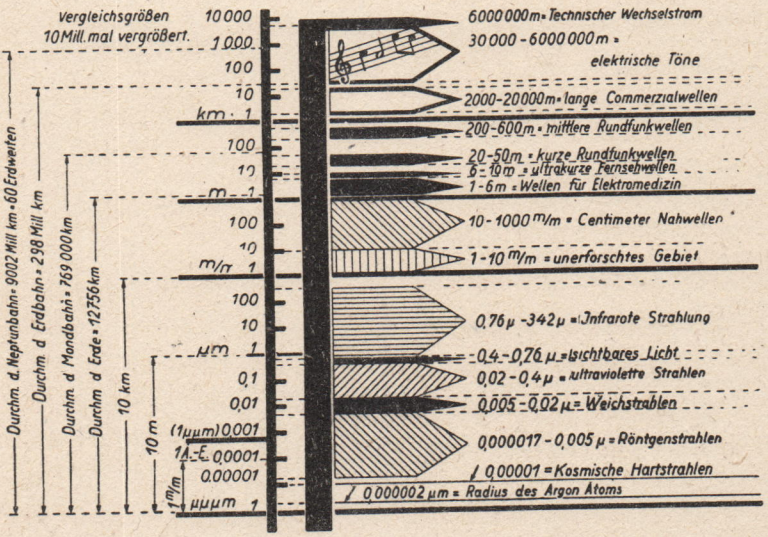


Abb. 202. Skala der Aetherschwingungen.

das von der elektrischen Nachrichtentechnik oder gar vom Rundfunk verwendete Wellengebiet nur eine Winzigkeit. Die längsten elektrischen Wellen benutzt man beim technischen Wechselstrom. Sie haben eine Länge von 6000 km. Für den sicheren Transozeanverkehr werden die sehr langen Wellen von 5 bis 20 km eingesetzt. Das sichtbare Licht umfaßt die Wellenlängen von 0,4 bis 0,76 µ (1 µ ist $\frac{1}{1000}$ mm). Ein besonders großes Interesse wird gegenwärtig den Dezimeter-

Tabelle 42. Umrechnungstabelle von Meter (m) in Kilohertz (kHz) — oder Kilohertz (kHz) in Meter (m)

Die in den einzelnen Reihen gegenüberstehenden Werte können nach Bedarf von links nach rechts oder von rechts nach links abgelesen werden

kHz oder m	m oder kHz	kHz oder m	m oder kHz	kHz oder m	m oder kHz	kHz oder m	m oder kHz	kHz oder m	m oder kHz	kHz oder m	m oder kHz	kHz oder m	m oder kHz	kHz oder m	m oder kHz
3 000 000	0,100	600 000	0,500	15 000	20,00	7 000	42,9	4 200	71,5	2 600	115,4	1 500	200,0	700	429
2 950 000	0,102	580 000	0,517	14 750	20,34	6 950	43,2	4 180	71,8	2 580	116,3	1 490	201,3	690	435
2 900 000	0,103	560 000	0,536	14 500	20,69	6 900	43,5	4 160	72,1	2 560	117,2	1 480	202,7	680	441
2 850 000	0,105	540 000	0,556	14 250	21,05	6 850	43,8	4 140	72,5	2 540	118,1	1 470	204,1	670	448
2 800 000	0,107	520 000	0,577	14 000	21,43	6 800	44,1	4 120	72,8	2 520	119,0	1 460	205,5	660	455
2 750 000	0,109	500 000	0,600	13 750	21,82	6 750	44,4	4 100	73,2	2 500	120,0	1 450	206,9	650	462
2 700 000	0,111	480 000	0,625	13 500	22,22	6 700	44,8	4 080	73,6	2 480	121,0	1 440	208,3	640	469
2 650 000	0,113	460 000	0,652	13 250	22,64	6 650	45,1	4 060	73,9	2 460	121,9	1 430	209,8	630	476
2 600 000	0,115	440 000	0,682	13 000	23,08	6 600	45,5	4 040	74,3	2 440	122,9	1 420	211,3	620	484
2 550 000	0,118	420 000	0,715	12 750	23,53	6 550	45,8	4 020	74,7	2 420	124,0	1 410	212,8	610	492
2 500 000	0,120	400 000	0,750	12 500	24,00	6 500	46,2	4 000	75,0	2 400	125,0	1 400	214,3	600	500
2 450 000	0,122	380 000	0,790	12 250	24,49	6 450	46,5	3 980	75,4	2 380	126,0	1 390	215,8	590	509
2 400 000	0,125	360 000	0,834	12 000	25,00	6 400	46,9	3 960	75,8	2 360	127,1	1 380	217,4	580	517
2 350 000	0,128	340 000	0,883	11 750	25,53	6 350	47,2	3 940	76,2	2 340	128,2	1 370	219,0	570	527
2 300 000	0,130	320 000	0,938	11 500	26,09	6 300	47,6	3 920	76,5	2 320	129,3	1 360	220,6	560	536
2 250 000	0,133	300 000	1,000	11 250	26,67	6 250	48,0	3 900	76,9	2 300	130,4	1 350	222,2	550	546
2 200 000	0,136	280 000	1,071	11 000	27,27	6 200	48,4	3 880	77,3	2 280	131,6	1 340	223,9	540	556
2 150 000	0,140	260 000	1,154	10 750	27,91	6 150	48,8	3 860	77,7	2 260	132,7	1 330	225,6	530	566
2 100 000	0,143	240 000	1,250	10 500	28,57	6 100	49,2	3 840	78,2	2 240	133,9	1 320	227,3	520	577
2 050 000	0,146	220 000	1,364	10 250	29,27	6 050	49,6	3 820	78,6	2 220	135,1	1 310	229,0	510	588
2 000 000	0,150	200 000	1,500	10 000	30,0	6 000	50,0	3 800	79,0	2 200	136,4	1 300	230,8	500	600
1 975 000	0,152	195 000	1,538	9 950	30,2	5 950	50,4	3 780	79,4	2 180	137,6	1 290	232,6	490	612
1 950 000	0,154	190 000	1,579	9 900	30,3	5 900	50,9	3 760	79,8	2 160	138,9	1 280	234,4	480	625
1 925 000	0,156	185 000	1,622	9 850	30,5	5 850	51,3	3 740	80,2	2 140	140,2	1 270	236,2	470	639
1 900 000	0,158	180 000	1,667	9 800	30,6	5 800	51,7	3 720	80,7	2 120	141,5	1 260	238,1	460	652
1 875 000	0,160	175 000	1,714	9 750	30,8	5 750	52,2	3 700	81,1	2 100	142,9	1 250	240,0	450	667
1 850 000	0,162	170 000	1,764	9 700	30,9	5 700	52,7	3 680	81,5	2 080	144,2	1 240	241,9	440	682
1 825 000	0,164	165 000	1,818	9 650	31,1	5 650	53,1	3 660	82,0	2 060	145,6	1 230	243,9	430	698
1 800 000	0,167	160 000	1,875	9 600	31,3	5 600	53,6	3 640	82,4	2 040	147,1	1 220	245,9	420	715
1 775 000	0,169	155 000	1,935	9 550	31,4	5 550	54,1	3 620	82,9	2 020	148,5	1 210	247,9	410	732
1 750 000	0,171	150 000	2,000	9 500	31,6	5 500	54,6	3 600	83,4	2 000	150,0	1 200	250,0	400	750
1 725 000	0,174	145 000	2,069	9 450	31,7	5 450	55,1	3 580	83,8	1 990	150,8	1 190	252,1	390	769
1 700 000	0,176	140 000	2,143	9 400	31,9	5 400	55,6	3 560	84,3	1 980	151,5	1 180	254,2	380	790
1 675 000	0,179	135 000	2,222	9 350	32,1	5 350	56,1	3 540	84,8	1 970	152,3	1 170	256,4	370	811
1 650 000	0,182	130 000	2,308	9 300	32,3	5 300	56,6	3 520	85,3	1 960	153,1	1 160	258,6	360	834
1 625 000	0,185	125 000	2,400	9 250	32,4	5 250	57,2	3 500	85,7	1 950	153,8	1 150	260,9	350	857
1 600 000	0,188	120 000	2,500	9 200	32,6	5 200	57,7	3 480	86,2	1 940	154,6	1 140	263,2	340	883
1 575 000	0,191	115 000	2,609	9 150	32,8	5 150	58,3	3 460	86,7	1 930	155,4	1 130	265,5	330	909
1 550 000	0,194	110 000	2,727	9 100	33,0	5 100	58,8	3 440	87,2	1 920	156,3	1 120	267,9	320	938
1 525 000	0,197	105 000	2,857	9 050	33,1	5 050	59,4	3 420	87,7	1 910	157,1	1 110	270,3	310	968
1 500 000	0,200	100 000	3,00	9 000	33,3	5 000	60,0	3 400	88,3	1 900	157,9	1 100	272,7	300	1 000
1 475 000	0,204	95 000	3,16	8 950	33,5	4 980	60,3	3 380	88,8	1 890	158,7	1 090	275,2	290	1 034
1 450 000	0,207	90 000	3,33	8 900	33,7	4 960	60,5	3 360	89,3	1 880	159,6	1 080	277,8	280	1 071
1 425 000	0,210	85 000	3,53	8 850	33,9	4 940	60,8	3 340	89,8	1 870	160,4	1 070	280,4	270	1 111
1 400 000	0,214	80 000	3,75	8 800	34,1	4 920	61,0	3 320	90,4	1 860	161,3	1 060	283,0	260	1 154
1 375 000	0,218	75 000	4,00	8 750	34,3	4 900	61,2	3 300	90,9	1 850	162,2	1 050	285,7	250	1 200
1 350 000	0,222	70 000	4,29	8 700	34,5	4 880	61,5	3 280	91,5	1 840	163,0	1 040	288,5	240	1 250
1 325 000	0,226	65 000	4,62	8 650	34,7	4 860	61,8	3 260	92,0	1 830	163,9	1 030	291,3	230	1 304
1 300 000	0,231	60 000	5,00	8 600	34,9	4 840	62,0	3 240	92,6	1 820	164,8	1 020	294,2	220	1 364
1 275 000	0,235	55 000	5,46	8 550	35,1	4 820	62,3	3 220	93,2	1 810	165,7	1 010	297,1	210	1 429
1 250 000	0,240	50 000	6,00	8 500	35,3	4 800	62,5	3 200	93,8	1 800	166,7	1 000	300,0	200	1 500
1 225 000	0,245	48 000	6,25	8 450	35,5	4 780	62,8	3 180	94,4	1 790	167,6	990	303	190	1 579
1 200 000	0,250	46 000	6,52	8 400	35,7	4 760	63,0	3 160	95,0	1 780	168,5	980	306	180	1 667
1 175 000	0,255	44 000	6,82	8 350	35,9	4 740	63,3	3 140	95,6	1 770	169,5	970	309	170	1 764
1 150 000	0,261	42 000	7,15	8 300	36,1	4 720	63,6	3 120	96,2	1 760	170,5	960	313	160	1 875
1 125 000	0,267	40 000	7,50	8 250	36,4	4 700	63,9	3 100	96,8	1 750	171,4	950	316	150	2 000
1 100 000	0,273	38 000	7,90	8 200	36,6	4 680	64,1	3 080	97,4	1 740	172,4	940	319	140	2 143
1 075 000	0,279	36 000	8,34	8 150	36,8	4 660	64,4	3 060	98,1	1 730	173,4	930	323	130	2 308
1 050 000	0,286	34 000	8,83	8 100	37,0	4 640	64,7	3 040	98,7	1 720	174,4	920	326	120	2 500
1 025 000	0,293	32 000	9,38	8 050	37,3	4 620	65,0	3 020	99,4	1 710	175,4	910	330	110	2 727
1 000 000	0,300	30 000	10,00	8 000	37,5	4 600	65,2	3 000	100,0	1 700	176,4	900	333	100	3 000
980 000	0,306	29 000	10,34	7 950	37,7	4 580	65,5	2 980	100,7	1 690	177,4	890	337	95	3 160
960 000	0,313	28 000	10,71	7 900	38,0	4 560	65,8	2 960	101,3	1 680	178,5	880	341	90	3 333
940 000	0,319	27 000	11,11	7 850	38,2	4 540	66,1	2 940	102,0	1 670	179,6	870	345	85	3 530
920 000	0,326	26 000	11,54	7 800	38,5	4 520	66,4	2 920	102,7	1 660	180,7	860	349	80	3 750
900 000	0,333	25 000	12,00	7 750	38,7	4 500	66,7	2 900	103,4	1 650	181,8	850	353	75	4 000
880 000	0,341	24 000	12,50	7 700	39,0	4 480	67,0	2 880	104,2	1 640	182,9	840	357	70	4 290
860 000	0,349	23 000	13,04	7 650	39,2	4 460	67,3	2 860	104,9	1 630	184,0	830	361	65	4 620
840 000	0,357	22 000	13,64	7 600	39,5	4 440	67,6	2 840	105,6	1 620	185,1	820	366	60	5 000
820 000	0,366	21 000	14,29	7 550	39,7	4 420	67,9	2 820	106,4	1 610	186,3	810	370	55	5 460
800 000	0,375	20 000	15,00	7 500	40,0	4 400	68,2	2 800	107,1	1 600	187,5	800	375	50	6 000
780 000	0,385	19 500	15,38	7 450	40,3	4 380	68,5	2 780	107,9	1 590	188,7	790	380	45	6 670
760 000	0,395	19 000	15,79	7 400	40,5	4 360	68,8	2 760	108,7	1 580	189,9	780	385	40	7 500
740 000	0,405	18 500	16,22	7 350	40,8	4 340	69,1	2 740	109,5	1 570	191,1	770	390	35	8 570
720 000	0,417	18 000	16,67	7 300	41,1	4 320	69,5	2 720	110,3	1 560	192,3	760	395	30	10 000
700 000	0,429	17 500	17,14	7 250	41,4	4 300	69,8	2 700	111,1	1 550	193,5	750	400	25	12 000
680 000	0,441	17 000	17,64	7 200	41,7	4 280	70,1	2 680	111,9	1 540	194,8	740	405	20	15 000
660 000	0,455	16 500	18,18	7 150	42,0	4 260	70,4	2 660	112,8	1 530	196,1	730	411	15	20 000
640 000	0,469	16 000	18,75	7 100	42,3	4 240	70,8	2 640	113,6	1 520	197,4	720	417	10	30 000
620 000	0,484	15 500	19,35	7 050	42,6	4 220	71,1	2 620	114,5	1 510	198,7	710	423	5	60 000

wellen und Zentimeterwellen zugewendet. Der größte Erfolg, den die Forschung auf diesem Gebiete bisher erzielt hat, ist der Einsatz der 60-cm-Welle als elektrischer Fühler und als elektrisches Lot für Höhenmessungen. Für den Weltrundfunk verwendet man tagsüber bei Entfernungen von mehr als 2000 km das 11-, 13-, 16-, 19- und 25-m-Band — nachts die etwas längeren Wellen bis zu 80 m. Das Gebiet der weichen Strahlen ist noch recht unerforscht, während wir von den Röntgenstrahlen bereits sehr genaue, zuverlässige Kenntnisse haben. Die kosmische Höhenstrahlung ist gegenwärtig Gegenstand eifrigster Forschung.

Die Welt der Musik.

Wenn man die Begriffe Breitband, Schmalband, Obertöne, Baßanhebung und ähnliche mit richtigen Vorstellungen verbinden will, muß man den Frequenzbereich kennen, innerhalb dessen sich unsere Musik abspielt.

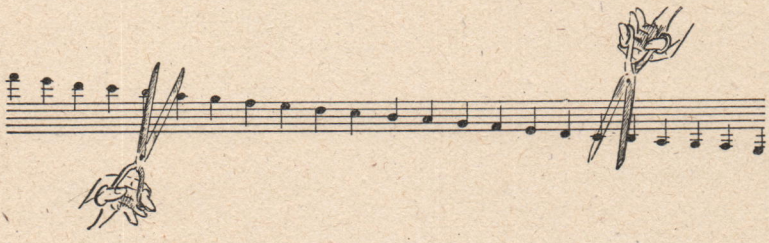


Abb. 203. Beschneidung der Obertöne und Baßtöne.

Wenn man nun berücksichtigt, daß zu jedem Grundtonbereich noch jeweils eine bis zwei Oktaven für die Obertöne hinzugefügt werden müssen, falls auch die Klangfarbe einwandfrei wiedergegeben werden soll, dann erkennt man, warum der Tonumfang der Rundfunkempfänger von Jahr zu Jahr größer wird. Spricht man von Beschneidung der Obertöne, dann bedeutet dies eine Einengung des Frequenzbandes durch Weglassen von ein oder zwei Oktaven in den höchsten Tonbereichen. Dieses Verfahren wird besonders gern geübt, weil es die scheinbare Trennschärfe steigert und die Seitenbandüberschneidungen sowie die Störungen unhörbar macht. Natürlich geht damit auch der Glanz und die Brillanz der Stimmen verloren. Die Tonblende ist das Mittel, um die hohen Töne abzuschneiden. Eine Beschneidung der Tiefen geschieht häufig, um Siebmittel zu sparen, da ja der „Brumm“ um so stär-

ker hörbar wird, je stärker die Bässe sind. Wenn man schwache Bässe hat, darf auch die Siebung geringer sein, da es ja nicht auf den Brumm selbst, sondern darauf ankommt, wie laut er zu hören ist. Wenn man einen Empfänger recht billig aufbauen will, läßt man das Frequenzband erst bei etwa 160 Hertz anfangen und braucht dann nicht besorgt zu sein, daß die 50, 100 oder 150 Hz des Netztones hörbar werden.

Vom Hören*).

Die Schallstärke wird in „Phon" gemessen. Die minimal wahrnehmbare Schallintensität beträgt $4 \cdot 10^{-10}$ µWatt/cm², die maximal zulässige Schallstärke $2 \cdot 10^{4}$ µWatt, so daß der

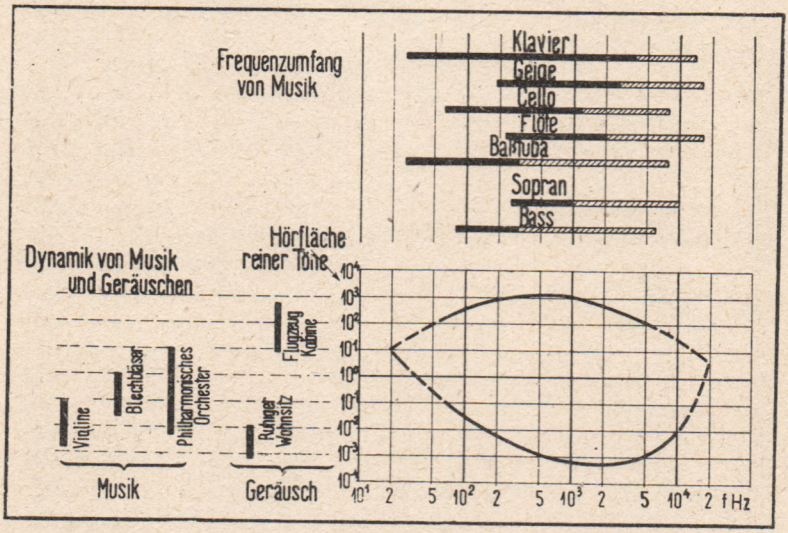


Abb. 204. Hörbereich des Ohres und Frequenz- und Amplitudenumfang einiger Schallquellen (Siemens).

Intensitätsumfang etwa 10^{14} beträgt. Im Schalldruckmaß reicht das menschliche Ohr von 0,0003 µ bar bis 3000 µ bar, also beträgt sein Druckumfang 10^{7}. Die Lautstärke L beträgt:

*) Vgl. DRB. 78: *Mikrophone.* Anleitung zum Aufbau und Umgang mit Mikrophonen. Von Ing. Otto Kappelmayer. 136 Seiten mit über 100 Abbildungen und Tabellen. Preis: Kart. 3,— RM., in Leinen 4,20 RM.

$$L = 10 \log \frac{J}{Jo} \text{ Phon},$$

wobei J die Schallintensität und Jo der Schwellwert des Ohres ist. Will man L in Schalldruckwerten bestimmen, so gilt: Schalldruckwert $p \sim \sqrt{J}$, also

$$L = 20 \log \frac{p}{p_o} \text{ Phon},$$

wobei p_o den Schwellendruck darstellt.

$$1 \mu \text{ bar} = 20 \log \frac{1}{0{,}0003162} = 70 \text{ Phon}.$$

Die Phon-Leiter.

Abb. 205 S. 288 zeigt sehr einprägsam die Lautstärkeskala der uns im täglichen Leben umgebenden Geräusche. Null-Phon entspricht der Reizschwelle des menschlichen Ohres für einen Ton von etwa 1000 Hertz. Schon die Ruhe in einer Kirche und das Schlagen einer Nachtigall aus der Ferne ergeben eine Lautstärke von 10 Phon. Leises Säuseln des Windes und die Ruhe eines Schlafzimmers messen 20 Phon; eine stille Vorstadtstraße und Flüstersprache 30 Phon, normale Umgangssprache und Zerreißen eines Papieres 40 Phon. Laute Umgangssprache 50 Phon. 60 Phon ist der Lärm von Pferdefuhrwerken und guten Autos. Mit 70 Phon Geräusch fährt ein Lastwagen, 80 Phon ist die Stimme eines Kommandeurs — und der Donner bei Gewitter. 90 Phon erzeugen die schrecklichen Motorräder — und 100 Phon endlich ist Löwengebrüll und das Heulen der Sirenen. Darüber hinaus gibt es an größerer Lautstärke nur noch das Geräusch von Flugzeugmotoren mit 110 Phon — und den Abschuß eines Geschützes mit 120 Phon, womit die Grenze der erträglichen Lautstärken erreicht ist. Würde der Mensch einem noch stärkeren Geräusch ausgesetzt werden, dann hätte das den Verlust des Gehörs zur Folge. — Das Spiel der Lautsprecher muß sich zwischen 40 und 70 Phon halten.

Töne auf Millimetern!

Professor Dr. R. Feltkeller, Stuttgart, berichtet in den „Veröffentlichungen aus dem Gebiete der Nachrichtentechnik"

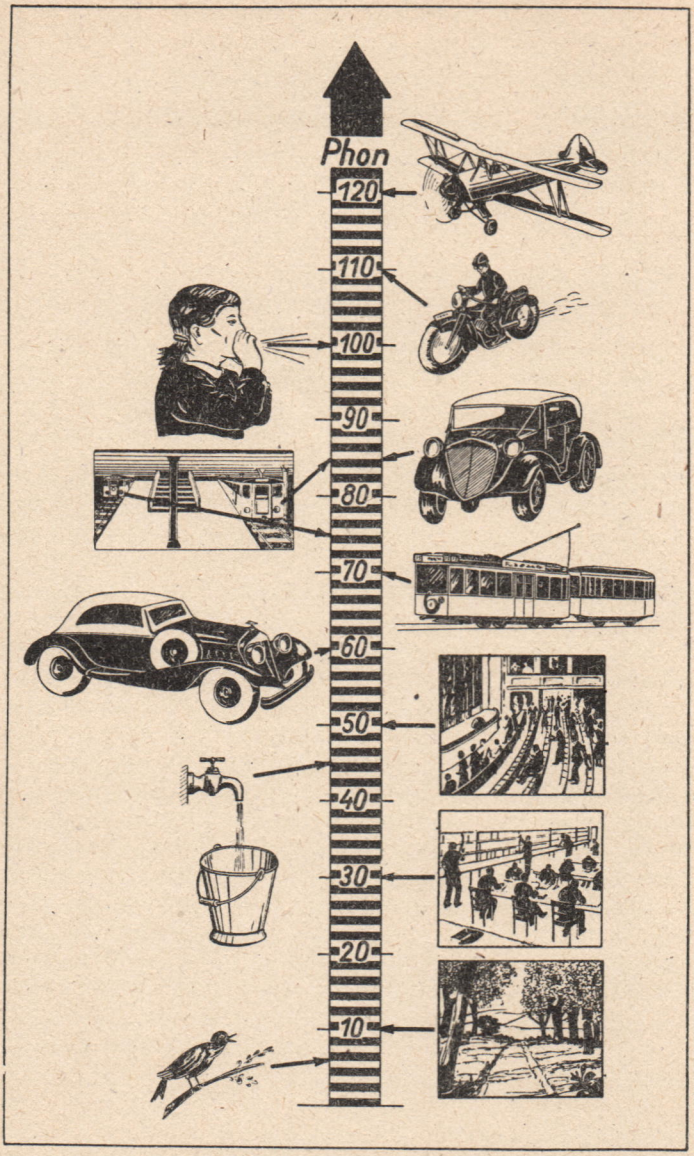


Abb. 205. Die „Phon"-Leiter.

über Untersuchungsergebnisse, welche Verzerrungen im Rundfunkapparat betreffen, die durch Phasendrehungen hervorgerufen werden. Bisher hat man im Empfängerbau keine Veranlassung gehabt, der Entstehung von Obertönen und Kombinationstönen durch Phasendrehungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken, weil andere Verzerrungsursachen eine viel stärkere Wirkung hatten. Nachdem aber jetzt unsere Radiogeräte hauptsächlich auf das Ziel Musik hin gebaut werden, sind die häufigsten Verzerrungsursachen gut beseitigt worden — und man konnte darangehen, auch die kleineren Verzerrungsquellen wissenschaftlich zu durchforschen, um sie zu verstopfen.

Wenn verschiedene Frequenzgruppen eines Klangbildes mit Zeitunterschieden (Phasendifferenzen) von einigen Millisekunden übertragen werden, fällt das Klangbild auseinander. Dann tritt ein eigenartiges Mitklingen oder Zwitschern auf, das den musikalischen Eindruck sehr stören kann. Da wir es aber beim Rundfunkempfang gewöhnlich mit einer Trägerwelle von sehr hoher Frequenz zu tun haben, können derartige Phasendrehungen den Klangeindruck kaum beeinflussen.

Dagegen kann es bei hochselektiven Superhets passieren, daß die Phasenkurve nicht symmetrisch zur Trägerfrequenz verläuft, also *die beiden Seitenbänder verschieden gegen die Trägerwelle verdreht werden*. Dann tritt zu der reinen Amplituden-Modulation des Rundfunksenders eine Phasenmodulation hinzu, die auf der Niederfrequenzseite zu Obertönen und Kombinationstönen führt, welche dem Klangbild einen rauhen Charakter geben. Man sagt dann: Der Klirrfaktor ist gestiegen. Das Ohr empfindet Klirrfaktoren bis zu 5% noch nicht als störend. Die Untersuchung zeigt jedoch, daß bei Verwendung von mehreren Bandfiltern, also Trennschärfen von etwa 1 : 1800, schon sehr bald Klirrfaktoren von 10 und 15% allein infolge des unsymmetrischen Verlaufs der Phasendrehung links und rechts vom Träger entstehen können. Daher kommt es, daß die maximale Trennschärfe niemals den Wert von etwa 1:2000 überschreiten kann, wenn man auf ein gutes Klangbild Wert legt. Leider aber treten solche Verzerrungen auch beim bestgebauten Großsuperhet auf, wenn man ihn *falsch bedient*. Stellt man nämlich diesen guten Empfänger nicht haargenau auf den Träger ein, dann entsteht durch ungleiche Phasendrehung der beiden Seitenbänder ein zusätzlicher Klirrfaktor, der zu der

bekannten Rauhigkeit des Klanges vieler schlecht eingestellter Superhets führt.

Die Arbeit zeigt, daß schon bei einer Verschiebung der Abstimmung um ein Zehntel Millimeter bei einem Modulationsgrad von 75% ein zusätzlicher Klirrfaktor von über 10% entsteht, der natürlich den Klang ungemein verschlechtert. Selbst wenn man nur einen halben Zehntelmillimeter von der genauen Trägerwelle abweicht, kommt bereits ein Klirrfaktor von 7% zustande, den das Ohr als erhebliche Klangverschlechterung empfinden muß.

Je besser und trennschärfer ein Empfänger ist, desto kritischer wird die Abstimmung. Nur, wer sich daran gewöhnt, sein Gerät auf ein hundertstel Millimeter genau auf den Träger einzustellen, kann erwarten, daß die Musik so klingt, wie dies vom Erbauer des Empfängers beabsichtigt ist.

Die Träger-Einstellung.

Mit der genauen Einstellung des Empfängers ist es nicht anders als beim Autofahren: nur die Künstler der Landstraße verstehen es, ihren Wagen so zu fahren, daß er höchste Sicherheit und elegantesten Lauf bei bescheidensten Brennstoffansprüchen entwickelt. Unser Radioapparat spielt nur dann schön, wenn er genau auf den Wellenträger eingestellt ist. Oberflächliche Einstellung bringt Klangverzerrungen, die anzuhören geradezu eine Qual für die lieben Mitmenschen bedeutet. Wenn liebe Gäste — und wir sagen das nicht nur den Privatleuten, sondern auch den vielen, vielen Gastwirten kleinerer und kleinster Unternehmungen — anhören müssen, wie schlecht der Empfang klingt — und aus Höflichkeit auch noch dazu schweigen sollen . . ., dann versündigt man sich ebenso am Rundfunk selbst wie an der heiligen Kunst der Musik! Das wollen wir nicht tun! Wir müssen also genau einstellen lernen!

Wir dürfen niemals auf ein Seitenband einstellen, sondern müssen mikroskopisch genau den Wellenträger erfassen. Abbildung 206 zeigt uns, was passiert, wenn wir mit der Welleneinstellung auch nur $^1/_{10}$ mm neben dem Träger sitzen: wir verlieren Baßwirkung und rutschen immer mehr in das gefährliche Gebiet hinein, wo die Wellen des gewünschten Senders „übersprechen". Ein dünner, billiger Klang und Hineinfluten der Modulation des unerwünschten Wellennachbars in

den gewünschten Senderkanal sind die Folgen ungenauer Einstellung. Merkwürdigerweise versündigen sich Frauen mehr als Männer an dem Grundsatz: Sitz nie auf dem Seitenband! Nun ist aber der Radioapparat von der Fabrik geeicht.

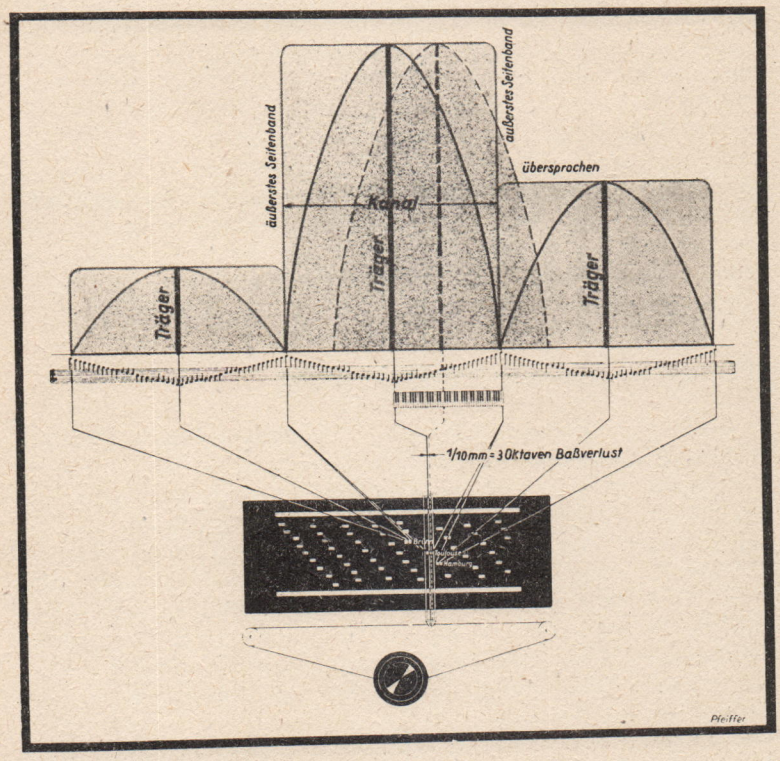


Abb. 206.
Wie die Töne bei Einstellung auf ein Seitenband beschnitten werden.

„Also", sagt man, „muß ich den Sender, den ich haben will, genau auf der Mitte finden!" — Man stellt auf die Mitte der Einstellmarke ein . . . und sitzt in 90% aller Fälle prompt auf dem Seitenband. Daß es schlecht klingt, hört man natürlich, aber man traut sich nicht, mit dem Zeiger von der Mitte fortzurücken, weil man der genauen Eichung allzusehr vertraut. In Wirklichkeit aber ist es doch so, daß der Sender nicht nur die Welle aussendet, die im Funkprogramm verzeichnet steht, sondern einen ganzen Wellenkanal, der mindestens 9000 Hz

breit ist, also sich 4500 Hz links und rechts der Trägerwelle ausdehnt. Auf ungefähr 10 mm links und rechts vom Träger verteilt sich das ganze Reich der musikalischen Töne; 1 mm Abweichung bedeutet also bereits den Verlust von mindestens 10% des Tonbandes . . ., und zwar gerade der für das Fundament der Musik so wichtigen tiefen Töne. Und selbst wenn man diesen Verlust noch verschmerzen würde, so bringt doch diese kleine Abweichung vom Träger auch noch 10% mehr Gefahr des Uebersprechens vom Wellennachbar mit sich! Es ist allerdings nicht ganz leicht, die Kanalmitte zu finden; man muß seine Ohren spitzen; denn sie sind gerade für die tiefen Baßtöne einmillionenmal so unempfindlich wie die Mitteltöne! Also brauchen wir uns nicht zu wundern, daß fast drei Viertel aller Radioapparate immer wieder falsch eingestellt werden. Die Bastler aber sollen den Stoßtrupp bilden für die Bekämpfung des Einstellteufels!

Wie laut darf der Empfänger brummen?

Das Netzbrummen moderner Empfänger guter Qualität kommt hauptsächlich von der Felderregung des dynamischen Lautsprechers, da durch reichliche Beruhigung aller Spannungen und die neuen Kathoden der Röhren dafür gesorgt ist, daß der „Brumm", wie man das Netzbrummen kurz heißt, besonders nicht in den vorderen Stufen des Empfängers auftreten kann. Das wäre nämlich recht gefährlich, weil zu wenig gesiebte Gleichspannungen im HF-Verstärker oder Empfangsgleichrichter sehr erhebliche Verzerrungen hervorrufen könnten — ganz unabhängig davon, daß der Brummton in den nachfolgenden Verstärkerstufen ja weiter verstärkt wird. Wenn man einen dynamischen Lautsprecher mit Dauermagnet an die Stelle des fremderregt dynamischen setzen würde, dann wäre der Netzbrumm bei modernen Empfängern praktisch vollständig zu vermeiden.

Zur Beurteilung der Brummfreiheit eines modernen Netzempfängers muß man eine technische Grundlage schaffen, die uns sagt, von welcher Lautstärke ab der Brumm störend wirkt. Geht man diesem Problem nach, so erkennt man, daß das Messen der Brummspannung am Lautsprecher deswegen kein gutes Urteil gibt, weil nicht die Größe der Spannung allein, sondern besonders die in ihr enthaltenen Oberwellen — und der Wirkungsgrad des Lautsprechers in den von der Brummspannung bevorzugten Frequenzen — für die subjektive Stör-

stärke maßgeblich sind.... Am besten kann man den „Brumm" aus folgendem Versuch beurteilen:

Man stellt den Empfänger im Wohnzimmer auf, setzt sich etwa 2 m entfernt vor ihn und hört sich nun längere Zeit Radiomusik in richtig eingestellter Lautstärke an. Wenn dann während der Senderpausen, auch bei Sendern mit geringer Feldstärke, der Brumm subjektiv nicht stört, ist der Empfänger gut entbrummt.

Diese subjektive Methode ist sehr ordentlich. Man kann sie objektiv nachprüfen, wenn man einen Lautstärkemesser mit Ohrnetzwerk hat, der die Lautstärken in Phon anzeigt. Mit diesem Gerät, dessen Spezialmikrophon man im Wohnraum auch wieder etwa 2 m vom Empfänger in der Mittelsenkrechten des Lautsprechers aufstellt, erzielt man folgende Ergebnisse:

Der Netzbrumm stört dann nicht mehr, wenn er bei der Einstellung des Empfängers auf mittlere Empfindlichkeit und eine mittlere Lautstärke von 68 Phon bei Musik — und 60 Phon bei Sprache, während der Senderpausen nicht mehr als ein Viertel des Ruhegeräusches im Zimmer ausmacht.

Eine Vermessung zahlreicher Wohnräume ergab ein Ruhegeräusch von 28 Phon im Mittel. Daraus kann man errechnen, daß der Netzbrumm subjektiv nicht mehr stört, wenn er den Wert von 7 Phon nicht wesentlich übersteigt. Bei der verhältnismäßig geringen Empfindlichkeit des Ohrs in den für den Brumm in Frage kommenden Frequenzbereichen spielen natürlich 1 oder 2 Phon mehr keine Rolle; wohl aber kann man sagen, daß ein Netzbrumm von über 10 Phon nicht mehr zulässig ist.

Zwei wenig beachtete Störquellen.

Beim Auftreten von Rundfunkstörungen ist man meist geneigt, ihre Ursachen zunächst einmal außerhalb des Empfängers zu suchen. Wenn es sich um ein modernes Gerät handelt, wo heute nur erstklassige Einzelteile verwendet werden, hat man ja auch meist recht. Aber auch bei den modernen Empfängern gibt es Stellen, an denen sich leicht Störquellen einnisten. So ist zum Beispiel der Wellenumschalter, der den Uebergang von einem Wellenbereich zum anderen ermöglicht und gleichzeitig zur Umschaltung auf Schallplattenabtastung dient, oft die Ursache von Störungen, die sich durch Prasseln, Knacken usw. äußern. Bei der Umdrehung des Schalters werden bekanntlich eine ganze Anzahl

von Kontakten geöffnet und geschlossen. Im Laufe der Zeit werden die Kontaktstellen aber leicht durch Schmutz und Oxydation verunreinigt. Die Oxydschicht kann mitunter so stark werden, daß der Kontakt sehr mangelhaft oder sogar ganz unterbunden wird. Die Oxydation wird besonders begünstigt, wenn der Wellenumschalter bei eingeschaltetem Empfänger bedient wird. An den Kontaktstellen kann es dabei leicht zu Funkenbildungen kommen, welche die Oxydation der blanken Stellen beschleunigen. Es ist daher ratsam, beim Uebergang auf einen anderen Wellenbereich zunächst den Empfänger auszuschalten.

Wenn die Oxydation noch nicht zu weit vorgeschritten ist, genügt oft schon ein mehrfaches schnelles Hin- und Herdrehen des Umschalters (bei ausgeschaltetem Gerät!), um die Verschmutzung der Kontaktfedern abzukratzen. Wenn der Fehler auf diese Weise jedoch nicht behoben werden kann, muß man versuchen, den Umschalter freizulegen und die Kontaktstellen blank zu machen. Notwendig kann auch das Nachstellen erschlaffter Kontaktfedern werden. Wer nicht selbst über genügend Bastlererfahrung verfügt, überläßt diese Arbeit besser dem Fachmann, da der Laie leicht das Gerät beschädigen kann.

Eine weitere, wenig beachtete Störquelle ist zuweilen in den Drehkondensatoren des Empfängers zu finden. Besonders wenn es sich um sehr klein dimensionierte Drehkondensatoren mit Luftdielektrikum handelt, bei denen nur ein ganz winziger Zwischenraum zwischen den einzelnen Plattenpaketen besteht, setzen sich hier leicht kleine Staubkörnchen, Stanzgrate und sonstige Verunreinigungen fest. Beim Durchdrehen des Kondensators verursachen sie für Bruchteile von Sekunden einen Kurzschluß zwischen den einzelnen Plattensystemen. Dieser äußert sich durch leichtes Kratzen, Prasseln und Knacken im Lautsprecher. Hier ist eine gründliche Reinigung des Kondensators erforderlich. Man baut ihn, wenn möglich, aus und legt ihn in ein Gefäß mit Alkohol. Die Staubkörnchen und sonstigen Verunreinigungen werden dadurch abgespült. Gröbere Verunreinigungen müssen vorsichtig mit der Hand (unter Benutzung eines feinen Pinsels usw.) entfernt werden. Hierbei muß natürlich peinlich darauf geachtet werden, daß man die Platten nicht verbiegt. Die dem Kondensator nach dem Alkoholbad noch anhaftende Flüssigkeit verdunstet nach wenigen Augenblicken, so daß er nicht noch besonders abgetrocknet zu werden braucht.

Die Viertelstunde des Schweigens (Dellinger Effekt).

In den letzten Jahren wurde von verschiedenen amerikanischen Kurzwellenamateuren und amtlichen Beobachtungsstationen, von Behörden und Forschungsstätten die Wahrnehmung gemacht, daß innerhalb einer Periode von 54 Tagen einmal der Empfang von Kurzwellen über große Entfernungen vollständig unterbrochen wird, und zwar für eine Zeit von 15 Minuten. Merkwürdigerweise wurde die gleiche Beobachtung an den gleichen Tagen auch auf dem europäischen Kontinent registriert. Die Tage mit dem Totalschwund waren 1935 20. März, 12. Mai, 6. Juli und 30. August. Ende 1936 die Daten 10. November, 17. Dezember usw. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Viertelstunde des Schweigens bisher nur unvollständig beobachtet worden ist; denn man kann fast annehmen, daß es sich hier um einen bisher noch unerforschten Einfluß des Sonnenumlaufs handelt, der 27 Tage dauert. Demnach müßte die Schweigeviertelstunde alle 27 Tage einmal auftreten — und könnte dann in Beziehung zur Sonnen-, Mond- und Erdbahn gebracht werden.

Wer einen Empfänger mit Kurzwellenteil hat, kann an diesen interessanten Beobachtungen teilnehmen; denn je mehr Hörer die „tote Viertelstunde" feststellen, desto sicherer wird das Beobachtungsmaterial — und damit die baldige Möglichkeit einer Deutung dieses merkwürdigen Zusammenhangs zwischen Kurzwellen-Weitempfang und Sonnenlauf.

Elektrolytkondensatoren (Elkos).

Beim Netzempfänger ist der Elko unentbehrlich zur Glättung der Pulsationen des Stromes hinter dem Gleichrichter. Gewöhnlich sind hier zwei Elkos vorgesehen mit je einer Kapazität von 8, 16 oder 32 µF. Neuerdings baut man sogar schon 50-µF-Elkos ein und spart dafür die Netzdrossel, die durch einen Widerstand von etwa 6000 Ohm ersetzt wird. Manche Konstrukteure wählen den ersten Elko (direkt an der Gleichrichterröhre, also vor der Drossel) doppelt so groß wie den zweiten, der hinter der Drossel liegt.

Aufbau des Elkos.

Setzt man eine Aluminium- und eine Kupferplatte in ein Glasgefäß mit Elektrolytflüssigkeit, so kann man feststellen, daß beim Anschluß des negativen Pols der Stromquelle an das Aluminium ein kräftiger Strom fließt, während umgekehrt der

Stromfluß abnimmt und nach einiger Zeit beinahe ganz gesperrt wird. Ist das Aluminium als Anode geschaltet, so bindet es beim Stromdurchgang den Sauerstoff an seine Oberfläche — und es entsteht Aluminiumoxyd, das ein vorzüglicher Isolator ist. Je länger man den elektrischen Strom einwirken läßt, desto dicker wird der Oxydfilm. Schließlich hört der Stromdurchgang überhaupt auf, weil die Aluminiumelektrode vollkommen isoliert ist. Erhöht man nun die Spannung, so tritt schließlich Durchschlag des Isolierfilms ein. Die Durchschlagsspannung hängt in hohem Maße von der chemischen Zusammensetzung des Elektrolyts ab.

Wird das Aluminium als Anode geschaltet — so liegt der gesamte Spannungssprung am Oxydfilm, und der Elektrolyt wirkt als Kathode. Beide Elektroden bilden zusammen mit dem Oxydfilm als Dielektrikum einen Kondensator. Da der Oxydfilm nur eine Dicke von wenigen µ hat, aber eine Durchschlagsfestigkeit von 6000 kV/cm, so wird dieser Kondensator gegenüber einem Papierkondensator sehr klein. Denn bei diesem beträgt die unterste Grenze der erreichbaren Papierdicke mindestens 10 µ. Die Kapazität aber ist der Dicke des Dielektrikums umgekehrt proportional. Bei Papierkondensatoren braucht man mindestens zwei oder gar drei Lagen Papier zwischen den metallischen Belegen, weil man mechanisch hergestellte Isolierungen niemals völlig fehlerfrei bauen kann, während sich die elektrolytische Oxydschicht ganz gleichmäßig auf das Aluminium aufbringen läßt. Sie hängt von der chemischen Zusammensetzung des Elektrolyten, seiner Konzentration und der Stromdichte ab, die bei der Formierung eingesetzt wird. Heute lassen sich Spannungsfestigkeiten bis zu 600 Volt ohne Mühe erreichen.

Als der Elko aufkam, wurden hauptsächlich nasse Typen in den Handel gebracht. Heute verwendet man praktisch nur noch Trockenelkos, weil diese in jeder Lage gebraucht werden können. Der Elektrolyt ist entweder in porös saugfähigem Papier enthalten oder auskristallisiert vorhanden. Wenn man sagt: Der Elko ist ausgelaufen (das kommt gegenwärtig oft vor), dann meint man damit, daß durch übermäßige Wärmeentwicklung das Wasser aus dem Elektrolyt ausgeschieden wurde und durch die Luftöffnungen im Gehäuse ausgetreten ist.

Reststrom der Elkos.

Nach der Fabrikation wird der Elko „formiert", d. h.

mit Gleichspannung so lange belastet, bis sich die Isolierhaut stabilisiert hat. Dabei sinkt die Stromstärke naturgemäß immer mehr — kann aber niemals völlig zu Null werden, weil ja die geringsten Oberflächenverunreinigungen des Aluminiums eine völlig gleichmäßige Oxydhautbildung verhindern. Der verbleibende Strom heißt Reststrom. Elektrolytkondensatoren, die lange Zeit gelagert haben, zeigen einen höheren Reststrom. Fremdkörper, die sich während der Formierung oder im praktischen Betrieb mit einer Gasblase überzogen hatten, können in der Betriebspause durch Absorption des Gases freigelegt werden — und erhöhen damit den Reststrom. Aber nach kurzer Betriebszeit ist der alte Zustand wieder erreicht.

Zur Messung des Reststromes schaltet man den Kondensator einfach in Reihe mit der Gleichstromquelle, einem Milliamperemeter und einem Schutzwiderstand. Diesen wählt man grundsätzlich (er ist bei allen Messungen am Elko einzuschalten) etwa zehnmal so hoch, wie die Spannung des Kondensators ist. Bei Elkos für 450 Volt Spannung nimmt man also einen 5000-Ohm-Prüfwiderstand.

Der Reststrom soll 0,5 Mikroampere je Volt und Mikrofarad nicht überschreiten.

Bei einem Kondensator von 16 µF und 450 Volt Spannung wäre also ein Reststrom von $16 \times 450 \times 0{,}000\,000\,5$ A = 3,6 mA als zulässig zu betrachten. An und für sich ist es gleichgültig, bei welcher Spannung der Reststrom gemessen wird. Aber in den meisten Fällen wird man zweckmäßig eine 100-Volt-Anodenbatterie für die Hochvoltkondensatoren und die 4-Volt-Taschenlampenbatterie für die Niedervoltkondensatoren verwenden.

Die Kapazität der Elkos

ist besonders bei niedrigen Spannungen, bezogen auf das Volumen, sehr hoch. Man kann für solche Betriebsspannungen Kapazitäten von vielen tausend µF in handlicher Form herstellen. Das Produkt Kapazität mal Spannung ist annähernd konstant für ein vorgegebenes Volumen. Die Kapazität sinkt mit fallender Temperatur, jedoch zeigen die Trockenelkos in dieser Hinsicht eine geringere Abnahme als die nassen. Für Tiefsttemperaturen muß man besondere Typen mit Spezialelektrolyt verwenden. Die Messung der Kapazität kann mit jeder Kapazitätsmeßbrücke geschehen,

wenn man nur darauf achtet, daß die Spannung am Prüfling 1 bis 2 Volt nicht übersteigt. Die also gemessene Kapazität liegt ein wenig höher als die Betriebskapazität. Die allereinfachste Methode, die Kapazität annähernd zu ermitteln, ist das Abknacken: Man verbindet die beiden Pole durch einen Kurzschlußstecker; dann muß bei der plötzlichen Entladung ein kräftiger Knack entstehen. Das Abknacken schadet einem gesunden Elko durchaus nicht, im Gegensatz zu Papierkondensatoren, bei denen diese Prüfung unzulässig ist.

Der Verlustfaktor.

Ein idealer Kondensator müßte eine Phasenverschiebung von 90 Grad zwischen Strom und Spannung hervorrufen. Das ist aber in der Praxis nie der Fall, weil es einen absolut verlustfreien Kondensator nicht gibt. Beim Elko ist die Hauptquelle der Verluste der Widerstand des Elektrolyts. Da dieser auch temperaturabhängig ist, gibt ein kleiner Verlustfaktor auch die Gewähr hoher Temperaturkonstanz. Da der Elko hauptsächlich zur Glättung von pulsierendem Gleichstrom verwendet wird, also von Gleichstrom, dem ein Wechselstrom überlagert ist, so wird er sich bei einem hohen Verlustfaktor in der Praxis viel stärker erwärmen als ein solcher mit kleinem. Der Wechselstromanteil durchfließt ja den Kondensator nach Maßgabe seines kapazitiven Leitwertes. Wenn bei einem Verlustfaktor von 10% bei einer Wechselspannung von 62 Volt die Erwärmung noch in zulässigen Grenzen bleibt, darf sie bei einem Verlustfaktor von 40% nur noch ein Drittel betragen. Besonders steil ist der Anstieg natürlich in den Bereichen unter 10% (der Verlustfaktor liegt bei guten Marken-Elkos meist unter 3%).

Er ist die hauptsächlich maßgebliche Größe für den Betrieb. Er setzt die wirksame Kapazität herab und damit auch die Filterwirkung der Siebkette. Die Abhängigkeit der wirksamen Kapazität vom Verlustfaktor ergibt sich aus folgender Zahlenreihe, die für einen Kondensator von 8 µF gilt:

Wirksame Kapazität	Verlustfaktor
8 µF	5%
7,9 µF	10%
7,8 µF	15%
7,7 µF	20%
7,6 µF	25%
7,5 µF	30%
7,4 µF	40%

Der Verlustfaktor des Elkos hängt fast ausschließlich vom Elektrolytwiderstand ab — und dieser wieder vom Feuchtigkeitsgehalt. Wenn der Elektrolyt austrocknet, erhöhen sich der Widerstand und der Verlustfaktor, wobei gleichzeitig die Kapazität absinkt. Die Lebensdauer des Kondensators kann also durch einen höheren Verlustfaktor abgesenkt werden. Daher ist es so wichtig, daß der Verlustfaktor möglichst klein bleibt. Man sollte ihn mindestens unter 5% halten, denn er wird ja mit der Zeit nicht kleiner wie der Reststrom, sondern größer.

Ueberschlägige Messung der Kapazität eines Elkos ohne Meßbrücke.

Hat man ein Voltmeter mit bekanntem Widerstand R zur Verfügung, so kann man mit Hilfe der Gleichung

$$R_\Omega \cdot C_F = t_{sec},$$

wobei t die Zeit bedeutet, in der das Voltmeter von E_{max} auf $\frac{E_{max}}{3}$ absinkt — und einer Taschenuhr — die ungefähre Kapazität des Elkos bestimmen:

Beispiel: R = 500 Ohm pro Volt. Das Voltmeter hat einen Meßbereich von 0 bis 500 Volt. Es sei ein Elko mit 450 Volt Betriebsspannung zu prüfen. Er wird also auf 450 Volt geladen und die Zeit bis zum Abfall auf 150 Volt bestimmt. Die gemessene Zeit, in der die Spannung auf ein Drittel abgesunken ist, sei 4,2 Sekunden, dann ergibt sich

$$t = RC$$

$$C = \frac{t}{R}$$

$$C \text{ in } \mu F = \frac{t \cdot 10^6}{R}$$

$$R = 500 \cdot 500 = 250 \cdot 10^3$$

$$C_\mu f = \frac{4{,}2 \cdot 10^6}{250 \cdot 10^3}$$

$$= 16{,}8\ \mu F$$

Anwendung der Elkos.

Nimmt man das Schaltschema eines modernen Supers zur Hand, so sieht man darin mindestens drei Elkos verwendet:

Zwei hinter dem Netzgleichrichter und einen parallel zum Widerstand, an dem die Gittervorspannung erzeugt wird. Die ersten beiden sind Hochvoltelkos, während der am Gitter für niedrige Spannungen gebaut ist. Das Besondere, was in den letzten Jahren auf diesem Gebiet erreicht wurde, ist eine erhebliche Verkleinerung des Raum- und Gewichtsbedarfs einer bestimmten Kapazität für eine gegebene Spannung — und die hohe Betriebssicherheit der Trockenelkos. Die Verkleinerung der Ausmaße läßt sich durch Verwendung aufgerauhter Anoden ganz außerordentlich steigern. Aber dieses Verfahren hat auch seine Nachteile, insbesondere hinsichtlich des Verlustfaktors und der Temperaturbeständigkeit. So große Hoffnungen anfänglich hierin gesetzt wurden, so ist man heute doch schon wieder bei einer Größe angekommen, die ein Kompromiß zwischen Raumbedarf, Betriebssicherheit und Verlustarmut darstellt. Elkos mit aufgerauhter Anode verwendet man hauptsächlich als zweites Glied in der Beruhigungskette, also hinter der Netzdrossel, denn sie halten bei gleicher Spannungsbelastbarkeit nicht so hohe Wechselspannungen auf die Dauer aus wie die ungeätzten Typen.

Auch in Allstromgeräten hat der Elko ein festes Anwendungsgebiet gefunden. Hier verwendet man jedoch unpolarisierte Typen, da bei den gewöhnlichen Netzsteckdosen die Polarität nicht zu erkennen ist. Unpolarisierte Elkos haben nur die halbe Kapazität der polarisierten Typen bei gleicher Größe, weil beide Elektroden mit einem Isolationsfilm überzogen sind. Für Wechselstrom sind unpolarisierte Elkos also zweckmäßig nicht zu verwenden.

Wenn der Elko versagt . . .

Die Krankheitssymptome sind gewöhnlich leicht zu erkennen: Der Apparat brummt sehr stark — oder man sieht, daß Flüssigkeit ausgelaufen ist. Ausgelaufene Elkos müssen durch neue ersetzt werden.

Wenn aber äußerlich nichts zu sehen ist, so geht man folgendermaßen vor: Zunächst wird der Elko abgeknackt, woraus man ersehen kann, ob er noch ordentlich Kapazität hat. Dann schaltet man ihn hintereinander mit einer Prüflampe von 15 Watt und einer Gleichstromquelle, die dem Spannungsbedarf der Lampe annähernd entsprechen soll. Die Lampe muß entweder ganz hell brennen (falsche Polung) oder nach einmaligem Leuchten erlöschen (richtige Polung). Denn der Kondensator stellt ja im Gleichstromkreis einen Kurzschluß dar,

wenn er falsch gepolt ist — und einen unendlich hohen Widerstand bei richtiger Polung. Eine Glimmlampe ist für Elkoprüfung völlig ungeeignet, denn bei ihr genügt ja auch der Reststrom, um sie zu vollem Aufleuchten zu bringen. Wenn dagegen die Glühlampe bei richtiger Polung schwach leuchtet, ist der Reststrom zu hoch und der Kondensator wahrscheinlich krank. Ergibt sich bei dieser Prüfung ein Flackern, dann ist ein schwerer Kontaktfehler entweder im Kondensator selbst oder in seinen Anschlüssen vorhanden. Brennt dagegen die Lampe weder bei der einen noch bei der anderen Strompolung, dann ist der Kondensator stromlos, und es muß festgestellt werden, wo die Unterbrechung sitzt. Ist äußerlich nichts zu finden, dann ist der Kondensator unbrauchbar.

Als Krankheitsursache eines Elkos ist in den meisten Fällen Korrosion festzustellen. Sie wird durch Chlorionen hervorgerufen, die allmählich vom Mantel durch den Elektrolyt zur Aluminiumanode wandern und mit dieser Aluminiumchlorid bilden. Jeder Elko hat kleine Ventilationslöcher oder Spalten, weil er atmen muß. Wenn man nun versehentlich mit Lötfett oder gar Lötsäure beim Einbau gearbeitet hat, können ein paar Chlorionen durch die Ventilationsöffnungen in das Innere des Kondensators eingedrungen sein.

Ganz besonders vorsichtig muß man bei der Reparatur von Empfängern vorgehen, wenn man lötet. Nur Kolophonium darf verwendet werden. Denn wenn auch die Lötung nicht direkt am Elko geschieht, so kann dieser doch ein paar Chlorionen aus der Luft einfangen. Wenn sie aber einmal in den Elektrolyt eingedrungen sind, ist der Kondensator infiziert und stirbt unweigerlich eines frühzeitigen Todes. Allergrößte Sauberkeit in der Werkstatt und sachgemäße Behandlung der Elkos ist mit Rücksicht auf ihre Lebensdauer unerläßlich.

Wattverbrauch und stündliche Betriebskosten*).

Das Nomogramm Abb. 207 gestattet unter Verwendung eines Elektrizitätszählers und einer Uhr die Ermittlung der von einem beliebigen Stromverbraucher aufgenommenen Leistung. Darüber hinaus ist ohne weiteres eine Ermittlung der stündlichen Betriebskosten möglich. Voraussetzung für die Ermittlung der Leistungsaufnahme (Wattverbrauch) ist das

*) Aus DRB. 73: Kurt Nentwig: Nomogramme für die Funktechnik. Mit 50 Nomogrammen.

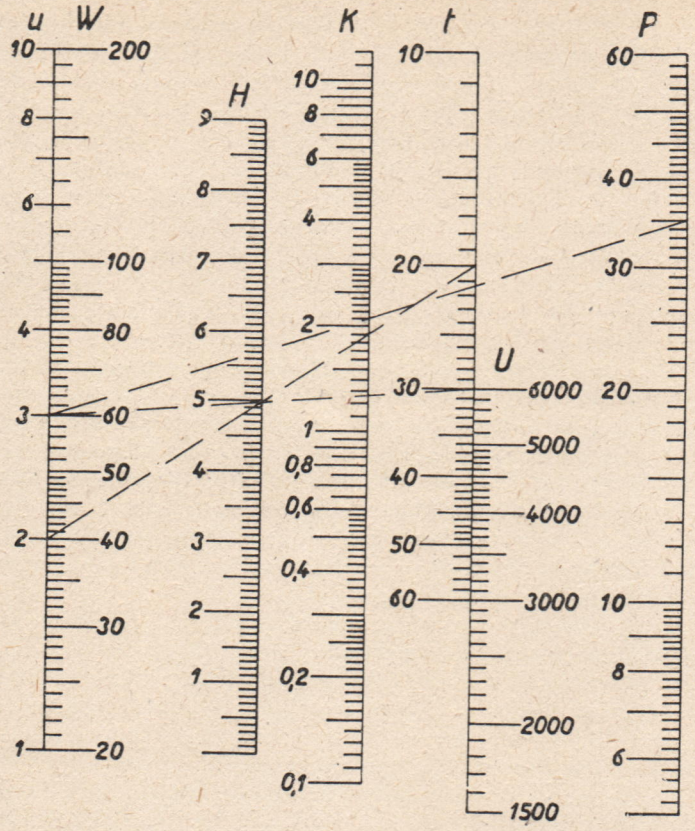


Abb. 207. Nomogramm: Wattverbrauch und stündl. Betriebskosten.

Vorhandensein eines sogenannten Motorzählers, d. s. Zähler, bei denen sich eine mit einer farbigen Marke versehene Scheibe hinter einem Fenster des Zählergehäuses dreht. Nach Einschaltung des zu kontrollierenden Empfängers oder dergleichen wird zunächst festgestellt, wieviel Umdrehungen u die Scheibe in der Zeit von t Sekunden macht. Ferner ist am Zählerschild abzulesen, wieviel Umdrehungen U der Scheibe einer Kilowattstunde entsprechen. Dann werden im Nomogramm die ermittelten Werte u und t aufgesucht und durch eine Gerade miteinander verbunden. Der auf der Hilfsleiter H erhaltene Schnittpunkt wird hierauf durch eine weitere Gerade

mit dem jeweiligen U verbunden und die Gerade bis zur linken Leiter verlängert, wo dann die aufgenommene Leistung W unmittelbar in Watt abgelesen werden kann. Werden die Werte der Leiter u mit 10 multipliziert, so ist auch das an W abgelesene Ergebnis mit 10 zu multiplizieren.

Beispiel: Es seien 2 Umdrehungen u in der Zeit t von 20 Sekunden ermittelt worden und laut Zählerschildangabe seien 6000 Umdrehungen (U) gleich einer Kilowattstunde. Nach Verbindung der Werte u und t wird auf der Hilfsleiter H der Schnittpunkt 5 erhalten. Die Verbindung dieses Punktes mit dem Punkt 6000 der Leiter U und die Verlängerung der Geraden bis zur linken Leiter ergibt dort den Wattverbrauch W zu 60 Watt. Zur Ermittlung der stündlichen Betriebskosten wird nun dieser Punkt durch eine Gerade mit der Leiter P verbunden, die den Kilowattstundenpreis in Pfennigen enthält, in unserem Beispiel sind es 35 Pfennige. Am Schnittpunkt der Leiter K können nun die stündlichen Betriebskosten in Pfennigen abgelesen werden; hier sind es rund 2,1 Pfennige.

Die Banddehnung.

Da im Kurzbereich des Empfängers etwa 15mal so viel kHz auf die ganze Skalenlänge entfallen wie bei den Mittelwellen, ist die Abstimmung viel schwieriger. Abhilfe schafft die Bandspreizung oder Banddehnung, d. h. die Unterteilung

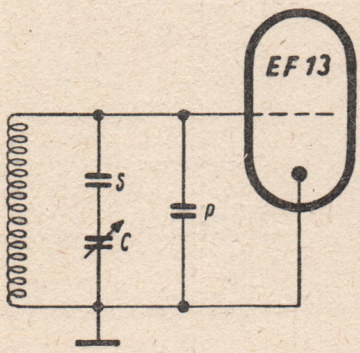


Abb. 208. Banddehnung beim Siemens 15 W

des Wellenbereichs 13—50 m in drei bis fünf einzelne Bänder. Konstruktiv sind hier zwei Grundrichtungen zu unterscheiden:

1. Die Banddehnung unter Verwendung des normalen Drehkondensators C mit einem Serienkondensator S und einem Parallelkondensator P, der der Serienschaltung parallel liegt. Diese Lösung ist beim Siemens 15 W durchgeführt, wobei das 19-m-, 25-m- und 31-m-Band jeweils über die ganze Skala gedehnt wird. Für jedes Band wird ein entsprechender Spulensatz im Vorkreis, Zwischenkreis und Oszillatorkreis eingeschaltet, der zusammen mit dem Serienkondensator S von 100 pF und dem Kondensator P von 330 pF sowie dem normalen 500-pF-Abstimmdrehkondensator das betreffende Band überstreicht. Damit man nun aber auch die Bänder erfaßt, die außerhalb der gespreizten liegen, ist eine weitere Wellenschalterstellung vorgesehen, bei der der ganze Wellenbereich von 16—50 m mit dem Drehkondensator C überstrichen wird (vgl. Abb. 208).

2. Ein anderer konstruktiver Gedanke liegt der Banddehnung beim Telefunken 166 zugrunde (Abb. 209). Hier wird der Abstimmspule des Kurzwellenbereichs ein Eisenspulen-

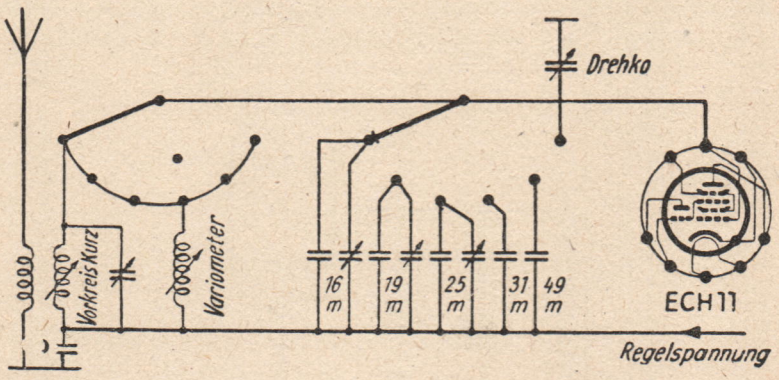


Abb. 209. Banddehnung beim Telefunken 166 WK

Variometer parallel geschaltet, dem für jedes Band ein entsprechend großer keramischer Festkondensator und Feinabstimmtrimmer zugeordnet ist. Wenn man den Wellenschal-

ter auf ein gespreiztes Band einstellt, wird der normale Abstimmdrehkondensator automatisch ausgeschaltet, so daß nur das Variometer V mit seiner dem Band zugehörigen Festkapazität wirksam wird. Das Variometer besteht aus zwei Spulen mit Hochfrequenzeisenkernen, die auf einer gemeinsamen keramischen Achse befestigt sind. Durch Drehung einer Exzenterscheibe, die auf der Welle des Abstimmkondensators sitzt, werden die beiden Eisenkerne mehr oder weniger in die Spulen hineingeschoben, wodurch sich deren Selbstinduktion entsprechend ändert. Durch eine geeignete Form der Kurvenscheibe kann man erreichen, daß sich die Eigenschwingung des Kreises in gleichen Frequenzschritten ändert, die nun ebenso groß gewählt sind wie im Mittel- und Langwellenband je Drehwinkelgrad. Infolgedessen ist die Abstimmung auf jedem der fünf vorgesehenen gespreizten Bänder genau so leicht wie im Mittelwellenband.

KAPITEL XV.

Praktische Winke bei der

Selbstaufnahme von Schallplatten.

Ein besonderes Interesse in Amateurkreisen nimmt die Selbstaufnahme von Schallplatten ein. Jedoch sind die ersten Versuche oft sehr kläglich, da die Amateure und Bastler oft nur auf Gebrauchsanweisungen der Hilfsgeräte angewiesen sind und diese nur selten alles das enthalten, worauf es ankommt. Diese Zeilen wollen versuchen, auch dem weniger geübten und erfahrenen Amateur oder Bastler praktische Erfahrungen mitzuteilen — und zu gut gelungenen Selbstaufnahmen von Schallplatten beizutragen.

Als erster Punkt sei das Antriebswerk erwähnt. Von diesem hängt zum größten Teil der Erfolg einer guten Aufnahme ab. Es ist falsch, zu glauben, daß jedes bessere, starke Federwerk zum Schneiden geeignet ist, da es ja auch „weiche" Aufnahmeplatten gibt. Jedes Federwerk besitzt am Anfang eine große Durchzugskraft, die jedoch nach den ersten geschnittenen Rillen rasch nachläßt — und nach einiger Zeit

fast vollkommen aufhört. Die Folge davon ist eine halb fertig geschnittene Gelatineplatte, auf der dazu noch die Töne oder Sprachlaute beträchtlich verzerrt zu hören sind. Aehnlich geartet sind die sogenannten billigen elektrischen Laufwerke für Selbstaufnahmen. Dies sind meistens Laufwerke, welche eine gewisse Durchzugskraft haben, aber ihre Tourenzahl mit der Belastung ändern. Das Resultat einer mit solch einem Antriebswerk geschnittenen Schallplatte ist ebenso kläglich wie das erst Angeführte: Es wird ein ständiges Wimmern und Jaulen der Sprache oder Musik sein. Ebenso soll man sich nicht von groß und stark aussehenden Triebwerken verblüffen lassen, die wohl eine große Durchzugskraft und eine regelmäßige Tourenzahl besitzen, aber bei größeren Amplituden, die der Schreibgriffel auf der Platte macht, leicht in der Tourenzahl schwanken.

Geeignete Gleichstrommotore sind mit einem Kurzschlußschalter versehen, welcher bei Schallplattenaufnahme im Feld des Motors Windungen kurzschließt und dadurch eine größere Stromaufnahme bedingt, um eine große Kraftreserve zu erhalten. Die Wechselstrommotoren sind gewöhnlich Synchronmotoren, die nicht von selbst anlaufen, sondern mit der Hand angeworfen werden müssen; 5000 cm/gr/sec Durchzugskraft sind erforderlich.

Als zweiter wichtiger Punkt sei die Transporteinrichtung der Schreibdose behandelt. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Schreibdose im richtigen Laufweg über die Platte zu bewegen. Einige Firmen haben eine Anordnung getroffen, welche durch Zahnradübersetzung an der Motorachse die Schreibdose bewegt; andere dagegen ziehen die Spindel oberhalb des Plattenstellers vor. Es ist jedoch immer darauf zu achten, daß die Uebersetzung vollkommen gleichmäßig und ohne Rucken oder Klemmen geschieht, da ja jede mechanische Störung auch auf die zu schneidende Platte kommt — und beim Abspielen natürlich im Lautsprecher hörbar wird.

Zum Dritten seien für gutes Gelingen einer Selbstaufnahme der Schreibgriffel, die Schreibdose und ihre Anpassung an die verschiedenen Röhren erwähnt.

Wer sich einen Diamant oder Saphir zum Schneiden nicht leisten kann, dem sei zur Beruhigung gesagt, daß er mit den Stahlsticheln fast ebenso gute Resultate erzielt. Ein Diamant oder Saphir schneidet die Rille sauberer und glatter, es ist

auch dementsprechend das Nadelgeräusch geringer, jedoch hat die geringste mechanische Verletzung oder unsanfte Behandlung der Schneidefläche ein völliges Versagen des Diamanten zur Folge. So ein Schneidstichel muß wieder nachgeschliffen werden, was jedoch nicht gerade billig ist. Selbstverständlich erzielt man mit dem Diamanten zu 25 RM. die weitaus besten Platten! Da ein solcher Diamant für etwa 1600 Plattenseiten ausreicht, macht er sich auch bezahlt, und wir können deshalb jedem Bastler, der es sich irgend leisten kann, nur anraten, mit dem Diamant zu schneiden. Billiger als Diamanten sind Stahlnadeln, die man aber nur zur einmaligen Aufnahme verwenden kann. Der geschickte Bastler könnte sich allerdings abgenutzte Schreibnadeln selber wieder nachschleifen; es ist aber immer vorzuziehen, nach jeder Plattenseite eine neue Stahlnadel zu nehmen. Leider gibt es unter den Stahlschreibstiften immer noch billige Sorten, die unbrauchbar zur Aufnahme sind. Oft ist die Schneidespitze stumpf, so daß die Nadel mehr drückt als schneidet, — und das Nadelgeräusch beim Abspielen solcher Platten sehr stark hervortritt. Eine stumpfe Nadel erkennt man bei der Draufsicht von oben daran, daß die Schneidespitze weiß erscheint, während bei einer richtig scharfen Nadel sich diese Erscheinung nicht zeigt. Jede Schneidenadel soll mit ihrer Schneidekante ungefähr tangential zur Rille eingesetzt werden. Dadurch wird erreicht, daß die Rille nicht zu breit geschnitten wird, ein sauberer Schnitt zustandekommt und außerdem der abgehobene Span wirklich gut von der Schneidenadel wegläuft. Es kann auch vorkommen, daß die Schneidenadel nicht richtig gehärtet ist — und dann inmitten der aufzunehmenden Platte nicht mehr schneidet. Dieses hört man an einem starken Schneidegeräusch. Neuerdings versucht man, die Schneidenadeln noch abzuwinkeln, um dadurch bei aufgesetzter Schreibdose einen Schreibwinkel von nahezu 87° zu erreichen.

Die Schreibdose soll kein billiges Fabrikat sein und ein bestimmtes Eigengewicht besitzen. Von der Güte der Elektrodose hängt der Erfolg beim Schneiden ab. Es ist nicht gleichgültig, ob man eine Dose wählt, bei der das Frequenzband beschnitten ist, oder eine solche, welche auch die tiefsten und höchsten Frequenzen, welche für Sprache und Musik notwendig sind, wiedergibt. Ferner ist auch zu beachten, daß kein Anodengleichstrom in die Spule der Schreibdose gelangt. Derselbe ist ja bekanntlich bei größeren Endröhren ziemlich groß — und würde zur Zerstörung der Spule führen. Der

Gleichstrom ist immer fernzuhalten, entweder durch eine elektrische Weiche oder durch einen Transformator. Das Anpassungsverhältnis zwischen Schreibdose, Transformator und Endröhre muß natürlich stimmen, da sonst eine Benachteiligung oder Bevorzugung von verschiedenen Frequenzen eintreten würde. Als Endröhre zum Schreiben ist fast jede Röhre — von der RE 134 angefangen — zu verwenden. Nur muß man sich vergegenwärtigen, daß die Aussteuerungsgrenze bei einer RE 134 um vieles kleiner ist als bei einer Röhre AD 1.

Ein weiterer Faktor zum guten Gelingen einer Schallplatte sind die Aufnahmeplatten selbst. Es gibt deren eine große Anzahl, und die Materialien sind so verschieden, daß man sagen kann, es gehört für jede Plattensorte ein anderes Gefühl dazu, gute Aufnahmen zustande zu bringen. Als erste seien die Gelatineplatten genannt. Ein besonderes Kapitel nehmen die Metallfolien ein, welche mit einer Lackschicht überzogen sind. Es ist nicht ganz leicht, das erstemal auf einer Metallplatte zu schreiben, da man meistens den Nadeldruck zu stark nimmt und damit nicht nur im Lack schneidet, sondern auch das Metall mit angegriffen wird, was natürlich zu einem Versagen führt; andernfalls ist der Nadeldruck zu gering, und die Rille wird nicht tief genug*).

Beseitigung der Nadelgeräusche.

Ein Nadelgeräuschfilter wird vielfach gewünscht, wenn auch ältere Schallplatten elektrisch gut klingen sollen. Das einfachste ist eine Kombination des Geräuschfilters mit dem Lautstärkeregler. Wenn letzterer bereits in der Elektrodose vorhanden ist, braucht man natürlich nur das Filter zu bauen, das an die beiden Enden des Lautstärkereglers angeschlossen wird. (Nicht am Schleifer!) Das Filter besteht aus einer Spule mit drei Anzapfungen, die wir auf der Nähmaschine mit lackisoliertem Kupferdraht von 0,03 bis 0,08 mm Stärke wickeln. Als Spulenkörper verwendet man eine einfache Scheibendrossel. In den ersten Wicklungsraum kommen etwa 4700, in den mittleren 3400 und in den letzten 2600 Windungen. Die Abgriffe führen an einen Schalter. Außerdem brauchen wir noch einen Klein-Kondensator von 0,02 µF Kapazität, der

*) Siehe auch: *„Schallaufzeichnung auf plattenförmigen Lautträgern"* von Tonmeister Hellmut Güttinger. 168 Seiten mit 126 Abbildungen und Tabellen. Kart. 5,— RM., in Leinen geb. 6,30 RM.

nur für niedrige Spannungen gebaut zu sein braucht, und einen Regler von 10 000 Ohm Widerstand. Die drei Anzapfungen der Spule dienen dazu, das Filter an die Impedanz der Elektrodose anzupassen, die in weiten Grenzen schwankt. Durch

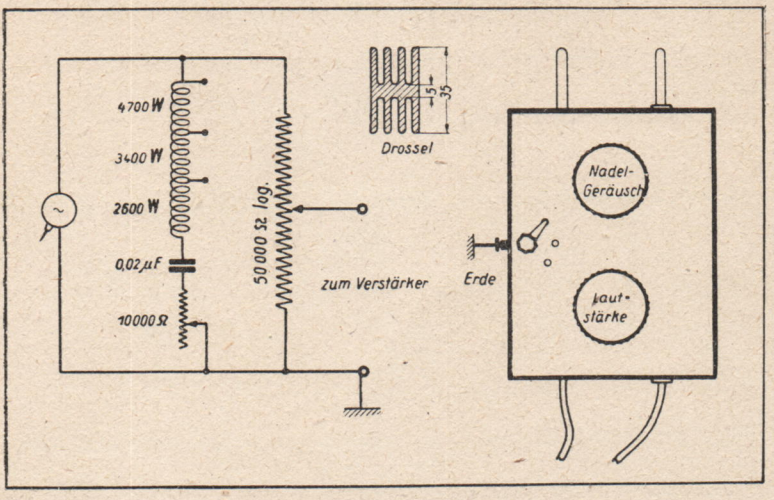


Abb. 210. Selbstgebautes Nadelgeräuschfilter.

Ausprobieren stellt man fest, bei welcher Anzapfung die beste Wirkung erzielt wird. Wenn man das Filter mit dem Lautstärkeregler zusammenbauen will, kann man ein Blechkästchen verwenden. Da die eine Leitung direkt nach Erde führt, braucht man den einen Pol nicht vom Blech zu isolieren. Selbstverständlich schneidet man mit dem Filter die höchsten Töne ab; aber es ist immer noch besser, weniger Höhen zu haben, als die Nadelgeräusche in Kauf nehmen zu müssen, die bei manchen älteren Platten sehr störend wirken. (Wenn man natürlich Schallplatten über den Empfänger abhört, dessen Tonblende auch bei Schallplattenwiedergabe gut arbeitet [bei den neueren Geräten ist dies fast immer so], dann braucht man sich die Mühe des Baues eines Nadelfilters nicht zu machen!)

Sehr fein regelbarer Nadelgeräuschfilter für Saphirstift-Tonabnehmer.

Auf dem Prinzip der Wienschen Wechselstrombrücke kann man eine besonders wirksame Schaltung aufbauen, die von

einer bestimmten Frequenz ab nach oben das Tonband außerordentlich scharf beschneidet. Abb. 211 zeigt die verhältnismäßig einfache Anordnung. Die beiden Potentiometer von je 10 000 Ohm sitzen auf einer gemeinsamen Achse. Die Regelkurve derselben ist zweckmäßig logarithmisch zu wählen. Je

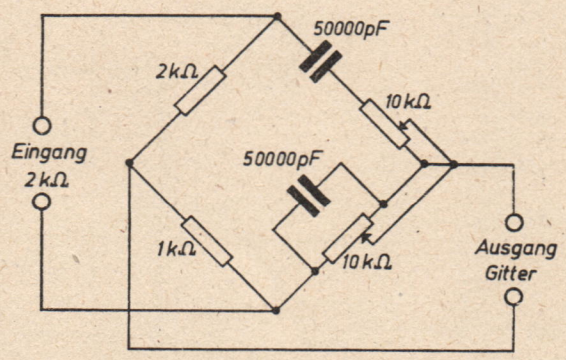


Abb. 211. Sehr fein regelbarer Nadelgeräuschfilter für Saphirstift-Tonabnehmer.

nach der Einstellung dieser Widerstände setzt die Beschneidung bei 2000, 3000, 4000, 5000 — oder erst noch höheren Frequenzen ein. Das Interessante dabei ist, daß die Frequenz, bei der die Brücke stromlos wird, außerordentlich scharf ausgeprägt ist. Man bekommt also einen ungemein steilen Abfall der Frequenzkurve, beinahe einen senkrechten Schnitt. Das ist aber gerade das, was man wünscht. Das Nebengeräusch beginnt nämlich bei Schallplatten immer bei einer ganz bestimmten Frequenz. Und es ist erwünscht, gerade von dieser Frequenz ab, aber nicht vorher, die Uebertragung zu schwächen. Das kann man nur mit einer Brücke vollkommen erreichen.

Die Anwendung der Schaltung geschieht am besten hinter der ersten Verstärkerröhre. Legt man aber die Brücke hinter den Uebertrager, also vor die erste Verstärkerröhre, dann muß man darauf achten, daß kein Punkt geändert wird. Denn sonst wird das Brückengleichgewicht ja gestört. An und für sich sind für die Brücke die Werte der Widerstände völlig gleichgültig. Wir haben aber die eingezeichneten Größen gewählt, weil sie besonders günstig sind, wenn die Brücke vor dem Gitter der ersten Verstärkerröhre liegt.

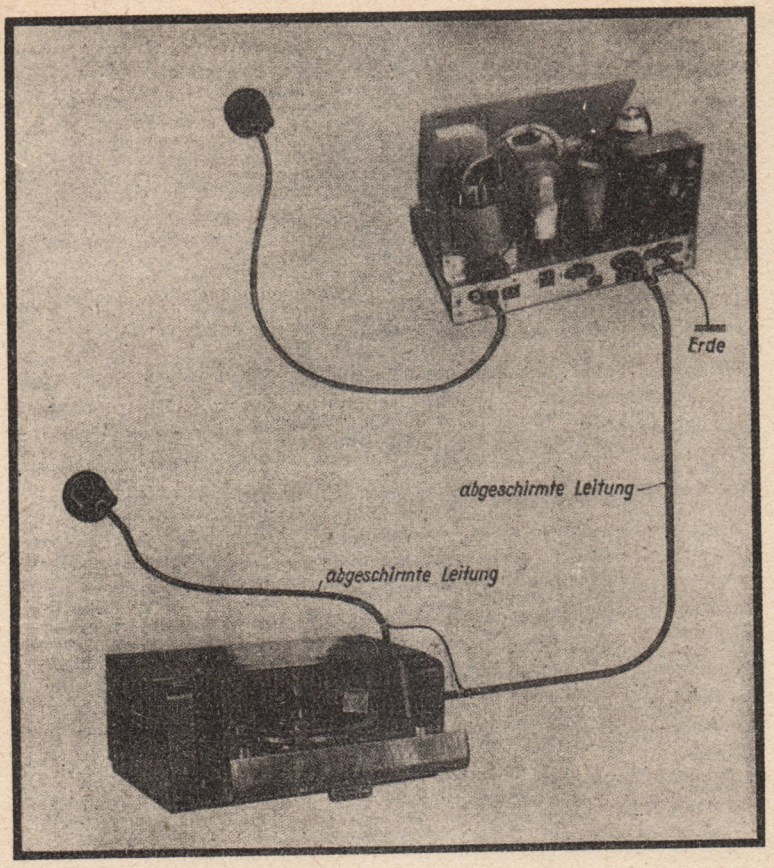


Abb. 212. Richtige Verbindung zwischen Plattenspieler und Empfänger durch gut abgeschirmte Leitungen, deren Außenmantel geerdet ist.

Ein billiges, gutes Nadelgeräuschfilter für den Saphirstift-Tonabnehmer TO 1001 und Siemens ST 6.

Spule 20 mH Görler F 21 oder Spule von der 9 kHz Sperre, von der man 20 m Draht abwickelt. Das Ganze wird in ein Blechkästchen eingesetzt und kann direkt unter dem Fuß des Tonabnehmers eingesetzt werden. Die Kondensatoren (Werte in µF) müssen möglichst hochwertige verlust-

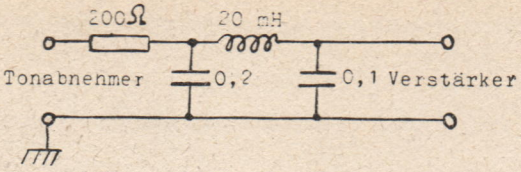


Abb. 213. Schaltung des Nadelgeräuschfilters.

arme Typen sein — die besten Sorten, die es gibt. Sie sollen induktionsfrei gewickelt sein.

Entstörung der Schallplatten-Motoren.

Die Schallplattenmotoren sind sogenannte Hauptstrom- oder Reihenschlußmotoren, bei denen die beiden Feldspulen und der Anker hintereinandergeschaltet sind. Eine Entstörung derselben durch Beschaltung mit Kondensatoren (in Betracht kommen nur Größen von 0,005 bis 0,01 μF) hat ge-

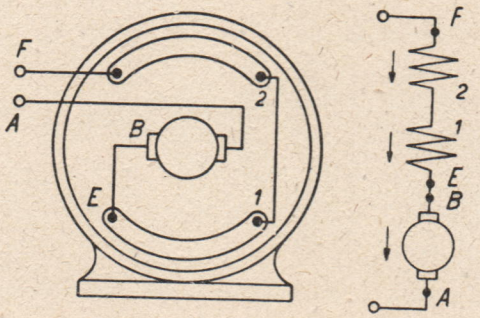


Abb. 214. Motor mit Reihenschlußwicklung vor der Aufteilung der Wicklung.

wöhnlich nicht den gewünschten Erfolg. Man muß vielmehr die beiden Feldwicklungen, die normalerweise auf einer Seite des Ankers liegen, symmetrisch zum Anker legen. Zu diesem Zweck ist es notwendig, daß man zunächst einmal die Stromführung bei A und F abklemmt, diese beiden Punkte miteinander verbindet, dann die Verbindung 1 — 2 der beiden Feldspulen auftrennt und an diese Punkte die neue Stromzuführung anschließt. Für ordnungsgemäße Isolierung der neu her-

gestellten Verbindungen ist zu sorgen. Die beiden Schaltbilder 214 und 215 zeigen den Zustand vor und nach der Aufteilung der Wicklung. Nun kann man den Entstörungskon-

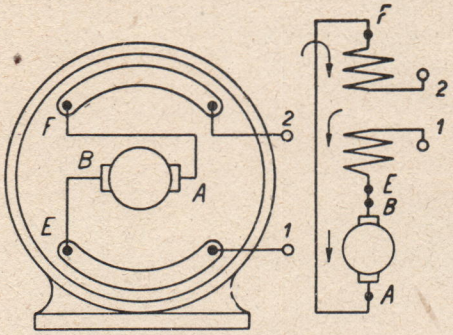


Abb. 215. Motor mit Reihenschlußwicklung nach der Aufteilung der Wicklung.

densator an den Punkten A und B parallel zum Anker anschließen und wird damit den gewünschten Erfolg erzielen. Eine weitere Beschaltung parallel zu den Eingangsklemmen 1 und 2 erübrigt sich meist. Die Schaltung Abb. 216 zeigt die fertige Entstörung, wie sie auch unter recht schwierigen Bedingungen zuverlässig arbeitet.

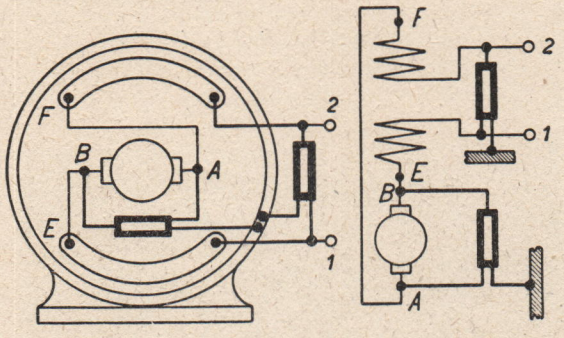


Abb. 216.
Motor aus Abb. 214 und 215 mit Kondensatoren beschaltet.

Zweipolige, vierpolige Saphir- und Kristall-Tonabnehmer.

Abb. 217 zeigt den gewöhnlichen zweipoligen Tonabnehmer, der im Prinzip einem Kopfhörer nachgebildet ist, bei dem der Anker durch ein in der Spule schwingendes Blech ersetzt

wurde, an dem der Nadelhalter befestigt ist. Der Nachteil des zweipoligen Tonabnehmers ist das Auftreten von Fremdtönen bei sehr großen Rillen-Amplituden, weil dann die in der Spule induzierte Wechselspannung nicht mehr linear mit der Nadelbewegung verläuft. Die mittlere Tonfrequenzspannung beträgt 0,25 Volt.

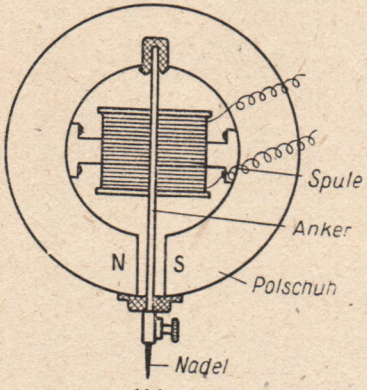


Abb. 217.
Zweipoliger Tonabnehmer.

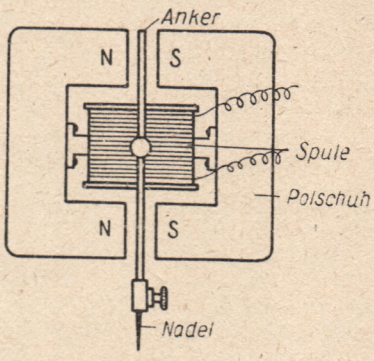


Abb. 218.
Vierpoliger Tonabnehmer.

Abb. 218 zeigt den vierpoligen Tonabnehmer, der diese Nachteile in sehr vollkommener Weise vermeidet und sich heute als Qualitätsabnehmer allgemein durchgesetzt hat. Seine mittlere Tonfrequenzspannung beträgt 0,75 Volt, also dreimal soviel wie beim zweipoligen System.

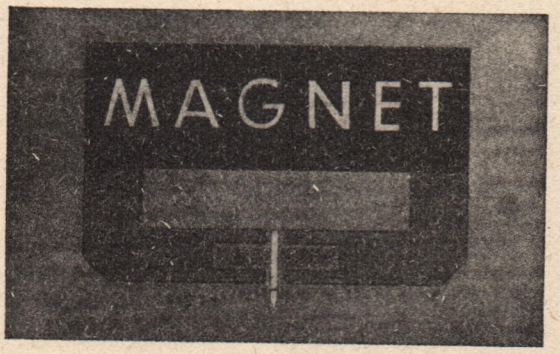


Abb. 219. Aufbau des Saphirstift-Tonabnehmers Telefunken TO 1001 und Siemens ST 6.

Abb. 219 zeigt den Kristall-Tonabnehmer TO 1001 resp. Siemens St 6, der ein Zwischending zwischen magnetischem und dynamischem Tonabnehmer darstellt. Er hat vom magnetischen Tonabnehmer den hohen Wirkungsgrad und vom dynamischen die vollkommene Freiheit von nichtlinearen Verzerrungen. Da an Stelle der Nadel ein Saphirstift benutzt wird, konnte das ganze System so leicht gemacht werden, daß der Tonarm nur mit einem Gewicht von 25 Gramm (gegenüber 50 bis über 100 Gramm bei älteren Tonabnehmern) auf der Platte liegt und daher eine Plattenabnutzung kaum noch in Betracht kommt. Allerdings beträgt die Tonfrequenzspannung nur 0,05 bis 0,1 Volt, so daß fast immer ein Spezialübertrager benötigt wird.

Abb. 220 zeigt den Kristall-Tonabnehmer schematisch. Das Kristallpräparat (Bieger) besteht aus zwei Plättchen eines

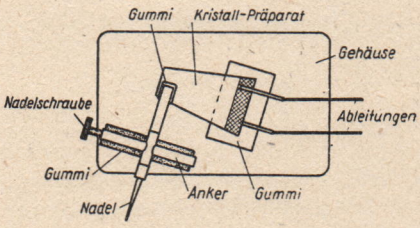


Abb. 220. Schematischer Schnitt durch einen Kristall-Tonabnehmer.

künstlichen Glaubersalzkristalles. Dieser Tonabnehmer zeichnet sich durch eine außerordentlich starke Wiedergabe der Bässe aus, bei denen er Spannungen bis zu 5 Volt erreicht.

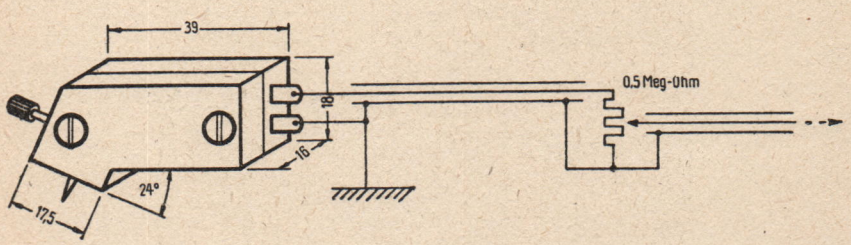


Abb. 221. Kristallelement von Hermann Reuter, Berlin W 50. Das Element besteht aus zwei Kristallplättchen, die mit einem feuchtigkeitsdichten Lack überzogen sind und wird einbaufertig in einer unzerbrechlichen Preßstoffhülle geliefert. Die abgegebene Wechselspannung beträgt im Mittel 2 Volt.

Daher muß man ihn einigermaßen vorsichtig anschalten. Baßanhebungen sind unbedingt auszuschalten. Die Frequenzkurve fällt bei höheren Tönen immer mehr ab. Kristall-Tonabnehmer müssen direkt an Gitter—Kathode angeschlossen werden und sind sehr gut abzuschirmen. Bis zu Temperaturen von 50 Grad Wärme arbeiten sie einwandfrei.

* * *

Literatur: *„Schallaufzeichnung auf plattenförmigen Lautträgern"* von Tonmeister Hellmut Güttinger.

KAPITEL XVI.

Die Entstörung elektrischer Maschinen und Geräte.

Grundsätzliches über die Entstörung*).

1. Voraussetzung für eine gute Entstörung ist der einwandfreie Zustand der elektrischen Maschinen. Starkstromtechnische Mängel (Wackelkontakt, Windungsschluß, Erdschluß, Beschädigung und Verschmutzung des Kommutators

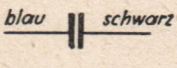


Abb. 222.

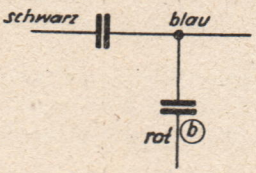


Abb. 223.

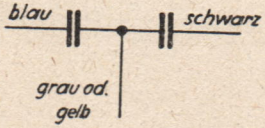


Abb. 224.

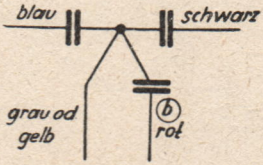


Abb. 225.

Hauptschaltungen von Entstörungskondensatoren.

*) Vgl. Siemens Störschutz-Einbau-Anleitung SH 6048.

u. ä.) sind vor Inangriffnahme der Entstörung zu beseitigen.

2. Allgemein gilt, daß Störschutzmittel in unmittelbarer Nähe des Störers anzubringen sind. Lassen sich längere Leitungen, zum Beispiel bei Drosselentstörungen, nicht vermeiden, so sind sie abzuschirmen. Die Abschirmungen sind mit Gehäuse zu verbinden. Die Verbindungen vom Kondensator zu den stromführenden Leitern und zum Gehäuse müssen immer so kurz wie möglich sein (im Höchstfall 30 cm). Zu lange Zuführungsdrähte sind durch Abschneiden der überflüssigen Enden zu verkürzen und nicht durch Bildung von Spiralen oder Schleifen.

3. Die Entstörung soll schrittweise vorgenommen werden. Im allgemeinen genügen Kondensatoren zu einer befriedigen-

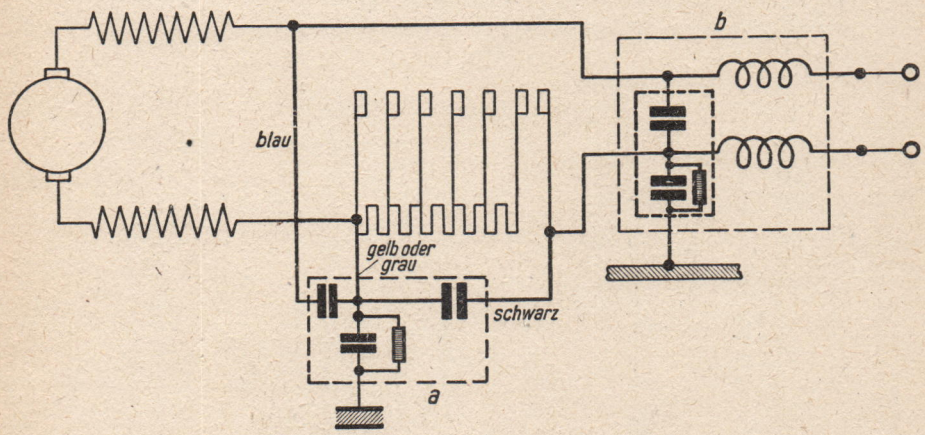


Abb. 226. Entstörter Nähmaschinen-Motor.

den Entstörung. In schwierigen Fällen lassen sich etwa noch verbleibende Reststörungen durch Einbau von Drosseln beseitigen.

4. Ueber den Kondensator vom Netz zum Gehäuse fließt bei Wechselspannung ein Strom, wenn das Gehäuse, zum Beispiel durch Berühren, mit Erde verbunden wird. Dieser Strom wird durch den Kondensator zwischen Netz und Gehäuse begrenzt. Die VDE-Leitsätze für die Entstörung 0874/1935 setzen daher für die verschiedenen Betriebsfälle Höchstwerte für diesen Strom fest, damit Gefährdungen von Menschenleben vermieden werden.

a) Bei allen Geräten mit Steckeranschluß und beweglicher Zuleitung dürfen für die Verbindung vom Ge-

häuse zum Netz nur Kondensatoren verwendet werden, die keinen höheren Strom als 0,4 mA (bei fabrikatorischem Einbau der Entstörung) zulassen. (Bei 220 V und 50 Hz Kondensatorgröße: 0,0055 µF.) Bei nachträglichem Einbau ist der doppelte Strom zulässig.

Ein solcher Kondensator unterliegt besonderen Prüfbedingungen (VDE 0870/1933) und wird wegen seines Zweckes „Berührungsschutzkondensator" (Zeichen b) genannt.

b) Für Geräte mit fest verlegtem Netzanschluß ohne Schutzleitung gilt ebenfalls ein Höchststrom von 0,4 mA bzw. 0,8 mA (Entstörung mit Berührungsschutz).

c) Für Maschinen und Geräte mit fest verlegtem Netzanschluß mit Erdung oder Schutzschaltung darf der Erdstrom 3,5 mA nicht übersteigen. (Bei 220 V und 50 Hz Kondensatorgröße: 0,05 µF.)

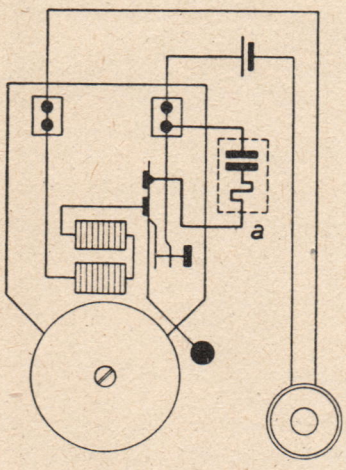


Abb. 227. Hausklingel, entstört durch Funkenlöschschaltung.

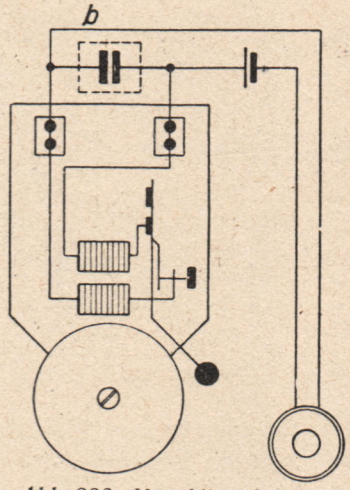


Abb. 228. Hausklingel mit aufgeteilten Wicklungen (entstört).

d) Bei Maschinen und Geräten mit fest verlegtem Netzanschluß, deren Gehäuse mit dem stromführenden Nulleiter verbunden sind, ist die Größe des Kondensators nicht vorgeschrieben.

e) Bei ungeerdeten Gleichstrommaschinen mit einer Spannung von 220 V gegen Erde kann eine Kapazität bis 0,1 µF gegen Gehäuse verwendet werden, sofern durch den Berüh-

rungsschutz eine einwandfreie Entstörung nicht möglich ist.

5. Die Entstörungs-Kondensatoren werden gewöhnlich in vier Hauptschaltungen geliefert!

Die Leitungsenden zum Anschluß an die Netzklemmen haben blaue, schwarze, bei Dreifachkondensatoren auch grüne Isolation.

Die Leitungsenden zum Anschluß an das Gehäuse des Gerätes besitzen bei Berührungsschutzkondensatoren stets eine rote Färbung.

Die Leitungsenden zum Anschluß an geerdete oder genullte Gehäuse sind bei Rohrkondensatoren gelb und bei Becherkondensatoren grau.

Einige wichtige Formeln.

Das Ohmsche Gesetz:

Spannung E = Widerstand R × Strom J

Dabei ist E in Volt (V) — R in Ohm (Ω) und J in Ampere (A) anzugeben.

Die Gleichung läßt sich nach R umformen in:

$$R = \frac{E}{J} \quad \ldots \quad \text{oder nach J:}$$

$$J = \frac{R}{E}$$

Als Spannungswerte kommen für uns in Betracht:

Volt	= V	= $^1/_1$	= $^1/_1$ V
Millivolt	= mV	= $^1/_{1000}$	= $1 \cdot 10^{-3}$ V
Millivolt je Meter	= mV/m	(für Feldstärken)	= $1 \cdot 10^{-3}$ V/m
Mikrovolt	= µV	= $^1/_{1000000}$	= $1 \cdot 10^{-6}$ V
Kilovolt	= kV	= 1000	= 1 kV

Als Stromwerte:

Ampere	= A	= $^1/_1$	= 1 A
Milliampere	= mA	= $^1/_{1000}$	= $1 \cdot 10^{-3}$ A
Mikroampere	= µA	= $^1/_{1000000}$	= $1 \cdot 10^{-6}$ A

Als Widerstandswerte:

Ohm = Ω	= 1/1	= 1 Ω
Kiloohm = kΩ	= 1000	= $1 \cdot 10^3$ Ω
Megohm = MΩ	= 1 000 000	= $1 \cdot 10^6$ Ω
Gigaohm = GΩ	= 1 000 000 000	= $1 \cdot 10^9$ Ω
Teraohm = TΩ	= 1 000 000 000 000	= $1 \cdot 10^{12}$ Ω

*

Zwei Widerstände R_1 und R_2 in Parallelschaltung ergeben einen Gesamtwiderstand R_Σ von

$$R_\Sigma = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

In Serienschaltung addieren sich die Teilwiderstände.
Der Widerstand R eines Drahtes errechnet sich nach der Formel:

$$R_\Omega = \frac{L \times \rho}{Q}$$

Hierin bedeuten L die Drahtlänge in m, Q den Drahtquerschnitt in mm² und ρ den spezifischen Widerstand des Leitermaterials:

Kupfer	0,0175
Cupal	0,0255
Aluminium	0,0287
Thomasstahl	0,115
Manganin-Nickelin	0,42
Konstantan-Resistin	0,49
Chromnickel	0,9

Ist der Querschnitt unbekannt, aber der Durchmesser D, so rechnet man ihn nach der Formel aus:

$$Q = \frac{D \times D \times 785}{1000}$$

*

Für die Belastung von Widerständen braucht man das Leistungsgesetz, nach dem man die Leistung N in Watt aus E, J und R errechnen kann:

$$N = E \times J$$

Ist statt J R bekannt, so gilt:

$$N = \frac{E^2}{R}$$

Ist E bekannt, so gilt:

$$N = J^2 \times R$$

Hieraus lassen sich weiter ableiten:

$$J^2 = \frac{N}{R} \text{ und } J = \sqrt{\frac{N}{R}} \quad \ldots \text{ und}$$

$$E^2 = R \times N \text{ und } E = \sqrt{R \times N}$$

*

Die Kapazität eines Kondensators aus zwei sich deckenden Platten errechnet sich nach der Formel:

$$C_{cm} = \frac{F_{cm^2} \times \varepsilon \times 8}{A_{mm} \times 10}$$

Hierin bedeuten:

F die Flächen der Platten in cm^2
A den Abstand derselben in mm
ε die Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials zwischen den Platten:

Kerafar	85	Frequentit	5,9
Condensa C	80	Porzellan	5,6
Condensa	40	Pertinax	5,0
Glas	7	Amenit	3,5
Glimmer	7	Hartgummi	3
Calan	6,6	Papier	1,5
Calit	6,5	Luft	1

Zwei Kondensatoren mit den Kapazitätswerten C_1 und C_2 ergeben eine Summenkapazität C_Σ:

$$C_\Sigma = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

In Parallelschaltung summieren sich die Teilkapazitäten.

Die Kapazitätswerte werden in folgenden Größen angegeben:

1 Farad = F = 1 10^6 Mikrofarad µF
1 Mikrofarad µF = 1000 Nanofarad nF
1 Nanofarad nF = 1000 Picofarad pF

Die Angabe cm = 1,1 pF wird nicht mehr gebraucht. Praktisch darf man bei kleinen Kapazitäten cm und pF gleichsetzen.

*

Der Wechselstrom- oder Scheinwiderstand R eines Kondensators wird in Ω angegeben. Er sinkt mit steigender Frequenz nach der Formel:

$$R_\Omega = \frac{160\,000}{f \times C},$$ wenn die Frequenz f in Hz und C in µF angegeben sind . . . oder

$$R_\Omega = \frac{160}{f \cdot C},$$ wenn f in kHz und C in µF angegeben wird.

In der Radiotechnik — besonders beim Kurzwellenempfang — kommt es auch auf die Verluste an. Sie werden durch tg δ ausgedrückt, den sog. Verlustfaktor. Der Hochfrequenzwiderstand R eines Kondensators errechnet sich nach der Formel:

$$R_\Omega = \frac{1}{WC} = 477{,}8 \times \frac{R_m}{C_{cm}}$$

Der Verlustwiderstand R_v eines Kondensators ergibt sich zu

$$\frac{14\,400 \times \operatorname{tg}\delta \times 10^4}{f_{kHz} \times C_{cm}} = \frac{16\,000 \times \operatorname{tg}\delta \times 10^4}{f_{kHz} \times C_{pF}}$$

*

Die Selbstinduktion L der Radiospulen wird in Henry Hy und Teilbeträgen hiervon angegeben — manchmal, besonders bei kleinen Werten, auch in cm

1 Henry Hy = 1000 Millihenry mHy = $1 \cdot 10^9$ cm

Der Wechselstromwiderstand R einer Spule ist:

$$R = 2\pi f_{kHz} \times L_{mHy}$$

$$= 1{,}885 \frac{L_{cm}}{\lambda_m}$$

Bei Hintereinanderschalten von Spulen addieren sich die L-Werte, bei Parallelschaltung richten sie sich nach der Formel:

$$L_\Sigma = \frac{L_1 \times L_2}{L_1 + L_2}$$

worin L_Σ die Gesamtselbstinduktion — und L_1 und L_2 die Teilselbstinduktionen sind.

*

Wichtig ist auch das Maß der Spulengüte, das sich aus dem Verhältnis des induktiven zum Verlustwiderstand ergibt und gegenwärtig für Mittelwellenspulen bei 1000 kHz zwischen 200 und 400 liegt.

Wichtige Selbstinduktionswerte:

Rundfunkwellenspulen	0,11 mHy = 110 000 cm
Langwellenspulen . .	1,25 mHy
9-kHz-Sperre . . .	100 mHy und 3000 cm

Die Resonanzfrequenz eines Schwingungskreises errechnet man nach der Formel:

$$F_{oHg} = \frac{5{,}03 \times 10^6}{\sqrt{L_{mHy} \times C_{pF}}} = \frac{4{,}78 \cdot 10^9}{\sqrt{L_{cm} \times C_{cm}}}$$

Die Resonanzwellenlänge ist

$$\lambda_{o(m)} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{L_{cm} \times C_{cm}} = 59{,}57 \sqrt{L_{mH} \times C_{pF}}$$

Will man für eine gewünschte Wellenlänge und bekannte Kapazität die dazugehörige Selbstinduktion berechnen, so benutzt man die Formel:

$$L_{cm} = \frac{\lambda^2_m \times 250}{C_{cm}}$$

Berechnung der Vor- und Nebenwiderstände eines Instrumentes.

Will man den Spannungsmeßbereich eines Voltmeters erweitern, so muß der Innenwiderstand R_i und der Stromverbrauch des Meßinstruments bekannt sein.

Beispiel: Mavometer zur Messung der Gleichspannung von 220 V.

$R_i = 50\ \Omega$, Stromverbrauch = 2 mA sind bekannt.

Daraus ergibt sich

$$E = 50 \times 0{,}002 = 0{,}1 \text{ Volt.}$$

Für 0,1 Volt beträgt der Widerstand also 50 Ω, für 1 Volt $10 \times 50 = 500\ \Omega$, für 220 V muß also der Vorschaltwiderstand $220 \times 500 = 110\,000\ \Omega$ groß sein.

Will man den Strommeßbereich erweitern, so braucht man „Nebenwiderstände". Ihr Wert läßt sich errechnen, wenn man den Eigenstromverbrauch des Instrumentes bei Vollausschlag und den inneren Widerstand desselben kennt.

Beispiel: Mavometer, Eigenstromverbrauch $J_1 = 2$ mA, Innenwiderstand = 50 Ω. Es soll ein Nebenwiderstand für $J_2 = 100$ mA berechnet werden. Dem Innenwiderstand von 50 Ω entspricht bei 2 mA Stromverbrauch eine Spannung von

$$E = 50 \times 0{,}002 = 0{,}1 \text{ Volt}$$

Der Nebenwiderstand R_N für 100 mA errechnet sich damit zu

$$R_N = \frac{E}{J_2 - J_1} = \frac{0{,}1}{0{,}1 - 0{,}002} = \frac{0{,}1}{0{,}098} = \frac{100}{98} = \underline{\underline{1{,}02\ \Omega}}$$

Wie man hieraus sieht, muß der Nebenwiderstand sehr genau dimensioniert werden. Aber es ist gewöhnlich nur ein einfaches Ohm-Meter vorhanden, so daß die Messung der Teilwerte hinter dem Komma Schwierigkeiten machen dürfte. Auch die richtige Anklemmung des Shunts, wie man den Nebenwiderstand auch nennt, ist nicht ganz einfach; denn wenn es auf hundertstel Ohm ankommt, machen die Kontakte schon Schwierigkeiten. Daher ist die Selbstherstellung von Shunts immer eine Sache, deren Meßergebnisse nachher höchstens als Richtwerte betrachtet werden können.

*

Mit einem Amperemeter und einer konstanten Stromquelle (2-Volt-Akku) kann man sich kleine Widerstände ganz gut eichen. Nehmen wir zum Beispiel an, es soll ein unbekannter kleiner Widerstand W_x geeicht werden, wobei ein 2-Volt-Akku und ein Strommesser für 0,5 Amp. Gesamtausschlag zur Verfügung stehen. Der Innenwiderstand des Instruments sei W = 5 Ω. Bei direktem Anschluß an die Stromquelle ergibt sich also ein Strom

$$J = \frac{E}{R} = \frac{2}{5} = 0{,}4 \text{ Amp.}$$

Jetzt schalten wir den unbekannten Widerstand W_x in Reihe mit der Stromquelle und dem Instrument. Dann ergibt sich ein Ausschlag von 0,25 Amp. Daraus errechnet sich der Gesamtwiderstand W_s zu

$$W_s = \frac{E}{J} = \frac{2}{0{,}25} = 8\ \Omega$$

Da W des Instrumentes = 5 Ω ist, so ergibt sich W_x zu 8—5 = 3 Ω.