
Handbuch

der

Fernmeldetechnik

Grundreihe



Band 10

Grundlagen der

Schaltungs- und Meßtechnik

Handbuch der Fernmeldetechnik

— Grundreihe —

13 wichtige Lehr- und Lernwerke (mit Repetitoren) für Auszubildende

Band 1

— Allgemeine Berufskunde

Berufsbildungsgesetz — Berufsausbildungsvertrag — Verordnung über die Berufsausbildung zum Fernmeldehandwerker — Jugendarbeitsschutzgesetz — Dienstverhältnisse bei der DBP — Die Tätigkeitsbereiche und die beruflichen Entwicklungsmöglichkeiten des Fernmeldehandwerkers — Tarifvertrag für die Lehrlinge bei der DBP — Aufbau und Aufgaben der DBP — Organisation der Fernmeldeämter — Sozial Einrichtungen — Personalvertretung — Fernmelderecht — Besondere berufskundliche Themen — Schriftformen von Meldungen, Gesuchen und Prüfungsarbeiten — Staatsaufbau — Grundrechte und -pflichten des Staatsbürgers

● Repetitor zum Band 1

Band 2

— Grundkenntnisse der Mathematik und der Physik (mit Lösungsheft)

Rechnen mit bestimmten Zahlen — Buchstabenrechnung — Potenzrechnung — Radizieren — Die Lehre von den Gleichungen — Die grafische Darstellung von Funktionen — Proportion — Kreisfunktionen — Dreisatz- und Prozentrechnung — Zahlensysteme — Rechenstab — Aufbau und Zustandsformen der Körper — Arbeit und Leistung — Einfache Maschinen — Wärme — Akustik — Optik

● Repetitor zum Band 2

Band 3

— Grundlagen der Gleich- und Wechselstromlehre (2 Teile)

Grundlagen der Gleichstromlehre — Wirkungen des Stroms — Das elektrische Feld — Magnetismus — Wirkungen des Magnetismus — Grundlagen der Wechselstromlehre — Wechselstromkreis — Die Messung elektrischer Größen — Transformatoren/Fernmeldeübertrager — Elektrische Maschinen

● Repetitor zum Band 3

Band 4

— Aufgabensammlung zu Band 3 (mit Lösungsheft)

— Weitere Lehrbücher siehe 3. und 4. Umschlagseite —

Handbuch

der

Fernmeldetechnik

Grundreihe

Band 10

Grundlagen der Schaltungs- und Meßtechnik

Vorwort

Das insgesamt 13 Bände umfassende „Handbuch der Fernmeldetechnik — Grundreihe“ soll den Auszubildenden während der gesamten Ausbildungszeit ein ständiger Begleiter sein und ihnen in möglichst enger Anlehnung an das in der „VO über die Berufsausbildung zum FHandw“ festgelegte Berufsbild eine umfassende und gute Prüfungsvorbereitung ermöglichen. Damit dieses Ziel erreicht wird, gehen wir von dem in dem Ausbildungsrahmenplan stichwortartig angegebenen Grundlernetzstoff aus, der dann schwerpunktmäßig in dem notwendigen Ausmaß ergänzt wird. Die Frage nach dem Wie, Warum und Wozu steht hierbei immer im Mittelpunkt der Überlegungen.

In allen Ausbildungsabschnitten benötigt der Auszubildende für das Fernmeldehandwerk umfassende Kenntnisse über den Aufbau und die Wirkungsweise der verwendeten Bauelemente und -teile. Ferner muß er die gebräuchlichen Meß- und Prüfgeräte bedienen und die damit ermittelten Meßergebnisse auswerten können. Darüber hinaus sind Grundkenntnisse über die wichtigsten VDE-Bestimmungen und die Starkstromtechnik unerlässlich. Es ist Aufgabe des vorliegenden Bandes 10 „Grundlagen der Schaltungs- und Meßtechnik“, dem Auszubildenden dieses umfangreiche Wissen zu vermitteln. Dieser Band enthält die Beschreibungen der Schalt- und Installationsleitungen; der Anschluß- und Verbindungstechniken; der Widerstände, Kondensatoren, Spulen, Sicherungen, Tasten, Schalter, Stöpsel, Klänken, Sprech- und Hörkapseln sowie die Schaltzeichen und -pläne. Ferner werden die Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung sowie die gebräuchlichen Meßverfahren beschrieben. Durch praxisnahe Meßübungen hat der Auszubildende die Möglichkeit, das Erlernte meßtechnisch nachprüfen zu können.

Die Verfasser erheben nicht den Anspruch, daß die Bände alle Vorschriften und technischen Einzelheiten sowie auch das in der Praxis selten Vorkommende enthalten. Ihnen ging es vielmehr darum, ein Lehrbuch zu schaffen, das der gestellten Aufgabe ohne unnötigen Ballast im Interesse der Leser gerecht wird.

Wir hoffen, daß sich dieser aus der Praxis für die Praxis geschriebene Band sowohl während der Ausbildungszeit als auch darüber hinaus als Lern- und Nachschlagewerk bewähren wird.

Die Herausgeber

Stand: Frühjahr 1974

Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Schalt- und Installationsleitungen der Fernmeldetechnik	
1.1. Allgemeines	13
1.2. Leitungsarten	14
1.2.1. Verwendungszwecke und Unterscheidungsmerkmale	14
1.3. Schaltleitungen	16
1.3.1. Schaltdrähte	16
1.3.2. Schaltlitzen	18
1.3.3. Schaltkabel	18
1.4. Installationsleitungen	25
1.4.1. Installationsdrähte (Y-Drähte)	25
1.4.2. Einführungsdrähte 2YY	25
1.4.3. Installationskabel J-YY	26
1.4.4. Installationskabel mit Zugentlastung J-Y (Z) Y	27
2. Anschluß- und Verbindungstechniken der Fernmeldetechnik	
2.1. Arten und Aufgaben der Verbindungsformen	31
2.2. Lötverbindungen	31
2.2.1. Anwendung und Herstellungsvorgang	31
2.2.2. Hilfsmittel und Werkzeuge	32
2.2.3. Lötvorgang bei manuellen Verdrahtungen	34
2.2.4. Löten an gedruckten Schaltungen	36
2.2.5. Löten an Elektrolytkondensatoren	37
2.2.6. Löten an Halbleiterbauelementen	38
2.3. Schraubverbindungen	38
2.3.1. Schraubverbindungen ohne Kabelschuhe	38
2.3.2. Schraubverbindungen mit Kabelschuhen	39
2.4. Wickelverbindung	40
2.5. Klammerverbindung	40
2.6. Trennbare, lötfreie Verbindung	41
2.7. Steckverbindungen	42
3. Lötösenstreifen, Trennleisten und Schaltstreifen	
3.1. Aufgaben, Einsatzmöglichkeiten und Aufbau	44
3.2. Lötösenstreifen	45

	Seite
3.3. Trennleisten 55	46
3.4. Schaltstreifen 55	49
3.5. Trennleisten und Schaltstreifen 71	52

4. Bauelemente

4.1. Erläuterung der Begriffe „Bauelement“ und „Bauteil“	53
4.2. Widerstände	53
4.2.1. Widerstandsarten und Schaltzeichen	53
4.2.2. Physikalische Wirkungen der Widerstände	54
4.2.3. Temperaturabhängigkeit der Widerstandswerte	55
4.2.4. Der Widerstand im Stromkreis	56
4.2.5. Bauformen der Widerstände	57
4.2.6. Widerstandswerte und Kennzeichnung der Widerstände	62
4.2.7. Wechselstromwiderstände	65
4.3. Kondensatoren	66
4.3.1. Allgemeines	66
4.3.2. Physikalisches Verhalten des Kondensators	67
4.3.3. Bauformen der Kondensatoren	68
4.3.4. Kennzeichnung der Kondensatoren	71
4.4. Spulen	73
4.4.1. Allgemeines	73
4.4.2. Physikalische Grundlagen	73
4.4.3. Verwendungsmöglichkeiten für Spulen	75
4.4.4. Drosselspulen	76
4.4.5. Transformatoren	77
4.4.6. Übertrager	78
4.4.7. Induktionsspulen	79

5. Sicherungen

5.1. Allgemeines	80
5.2. Stromsicherungen	81
5.2.1. Aufgaben und Ausführungsarten	81
5.2.2. Schmelzsicherungen	82
5.2.3. Rücklötsicherungen	82
5.2.4. Umkehrauslöser	83
5.3. Fernmeldeschutzschalter	85
5.4. Spannungssicherungen	88
5.4.1. Aufgaben und Einsatz	88
5.4.2. Spannungsgrobsicherungen	88
5.4.3. Spannungseinsicherungen	88

6. Tasten und Schalter

6.1. Aufgaben und Verwendungsmöglichkeiten	93
6.2. Ausführungsarten der Tasten und ihre Merkmale	93
6.3. Ausführungsarten der Schalter und ihre Merkmale	96
6.3.1. Kippschalter	97
6.3.2. Drehschalter	98

7. Stöpsel und Klinken

7.1. Aufgaben und Verwendungsmöglichkeiten	99
7.2. Ausführungsarten und Merkmale der Stöpsel	99
7.3. Ausführungsarten und Merkmale der Klinken	100
7.4. Stöpselschnüre	101

8. Fernmeldelampen, Schauzeichen und Blindenfühlzeichen

8.1. Aufgaben und Arten der optischen Anzeigemittel	102
8.2. Aufbau und Ausführungsarten der Fernmeldelampen	102
8.3. Aufbau und Ausführungsarten der Schauzeichen	105
8.4. Blindenfühlzeichen	106

9. Fernmelderelais

9.1. Allgemeine Aufgaben und Verwendungsmöglichkeiten	108
9.2. Ausführungsformen und Funktionsmerkmale	109
9.3. Konstruktiver Aufbau neutraler Relais	110
9.3.1. Konstruktive Grundelemente der Relais	110
9.3.2. Relaisbezeichnungen	119
9.4. Wirkungsweise der Relais	119
9.4.1. Fehlerregung	121
9.4.2. Ansprecherregung	121
9.4.3. Halteerregung	122
9.4.4. Abfallerregung	122
9.5. Schaltzeitbeeinflussungen an Relais	122
9.5.1. Mittel und Möglichkeiten der Schaltzeitbeeinflussung	122
9.5.2. Verlängern der Ansprechzeit durch elektrische Maßnahmen	123
9.5.3. Verlängern der Ansprechzeit durch mechanische Maßnahmen	123
9.5.4. Verlängern der Abfallzeit durch mechanische Maßnahmen	124

Seite

9.5.5.	Verlängern der Abfallzeit durch konstruktiv-elektrische Maßnahmen	124
9.5.6.	Verkürzen der Ansprechzeit durch mechanische Maßnahmen	125
9.5.7.	Verkürzen der Ansprechzeit durch schaltungstechnische Maßnahmen	125
9.5.8.	Verkürzen der Abfallzeit durch schaltungstechnische Maßnahmen	126
9.6.	Bauformen der Relais	127
9.6.1.	Rundrelais	127
9.6.2.	Flachrelais	130
9.6.3.	Ovalrelais	135
9.6.4.	Thermorelais (Thermokontakt)	137
9.6.5.	Gepolte Relais	138
9.6.6.	Wechselstromrelais	142
9.6.7.	Wechselstromunempfindliche Relais	144
9.6.8.	Prüfrelais 55	145
9.6.9.	Wählerrelais 53 und 54	147
9.6.10.	Edelmetall-Schnellkontakt-Relais	148
9.6.11.	Relais mit Schutzrohrkontakten	158

10. Bauteile der Fernsprechgerätetechnik

10.1.	Mikrofon (Sprechkapsel)	167
10.1.1.	Aufgaben des Mikrofons	167
10.1.2.	ZB-Sprechkapsel	169
10.1.3.	Transistor-Mikrofonkapseln	170
10.1.4.	Fritten der Mikrofone und Abhilfemaßnahmen	170
10.1.5.	Schallübertragung	171
10.2.	Fernhörer	171
10.2.1.	Aufgaben des Fernhörers	171
10.2.2.	Magnetische Hörkapsel	172
10.2.3.	Vierpol-Hörkapsel (Freischwingersystem)	173
10.2.4.	Ringmagnet-Hörkapsel	174
10.2.5.	Dynamische Hörkapsel	175
10.2.6.	Empfindlichkeitsgruppen der Sprech- und Hörkapseln	177
10.3.	Wecker	179
10.3.1.	Gleichstromwecker	180
10.3.2.	Wechselstromwecker	181
10.4.	Nummernschalter	184
10.4.1.	Aufgaben und Ausführungsarten	184
10.4.2.	Grundsätzliche Arbeitsweise und Aufbau eines Nummernschalters	184
10.4.3.	Nummernschalter 38	185

Seite

10.4.4.	Nummernschalter 81	188
10.4.5.	Sperrnummernschalter 55	190
10.4.6.	Soll- und Grenzwerte der Nummernschalter	192
10.5.	Tastwahl	194
10.5.1.	Vorteile und Merkmale	194
10.5.2.	Gleichstrom-Tastwahl	195
10.5.3.	Tonfrequenz-Tastwahl	195
10.6.	Gebührenzähler	196

11. Schaltzeichen und Schaltpläne

11.1.	Schaltzeichen der Elektrotechnik	200
11.2.	Aufgaben und Arten der Schaltpläne	200
11.3.	Übersichtsplan	203
11.4.	Stromlaufplan	204
11.5.	Relaisübersicht	206
11.6.	Relaisdiagramm	207
11.7.	Relaistabelle	209
11.8.	Wirkschluplan	209
11.9.	Netzplan und Leitungsplan	210
11.10.	Bauschluplan	210
11.11.	Installationsplan	212
11.12.	Gruppenverbindungsplan	213
11.13.	Aufstellungsplan	215
11.14.	Belegungsplan	216
11.15.	Mischungsplan	218
11.16.	Benummern der FTZ-Zeichnungen	222

12. Gefährdung des Menschen durch elektrischen Strom

12.1.	Wirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Organismus	223
12.2.	Grenzwerte der Gefährdungen und gefährliche Kontaktpositionen	224

13. Energie-Leitungsnetze

13.1.	Allgemeine Merkmale	226
13.2.	Formen der Niederspannungsnetze	226
13.2.1.	Strahlennetz	226
13.2.2.	Ringnetz	227
13.2.3.	Maschennetz	227
13.3.	Vierleitersystem	227

	Seite
14. Bestimmungen der VDE-Vorschriften	
14.1. Begriffserläuterungen nach VDE 0100	229
14.1.1. Kurzschluß	229
14.1.2. Körperschluß	229
14.1.3. Erdschluß	229
14.1.4. Fehlerspannung	230
14.1.5. Berührungsspannung	230
14.1.6. Ableitstrom und Fehlerstrom	230
14.1.7. Spannungstrichter, Schrittspannung und Potentialsteuerung	231
14.1.8. Erdung	232
14.1.9. Leiterarten	234
14.2. Begriffe und Bestimmungen nach VDE 0105	234
14.3. Begriffe und Bestimmungen nach VDE 0800	237
15. Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannungen	
15.1. Forderungen der VDE-Bestimmungen	239
15.2. Art und Wirkungsweise der Schutzmaßnahmen	240
15.2.1. Schutzisolierung	240
15.2.2. Schutzkleinspannung	240
15.2.3. Schutztrennung	241
15.2.4. Schutzerdung	242
15.2.5. Nullung	244
15.2.6. Fehlerspannungs-Schutzschaltung	246
15.2.7. Fehlerstrom-Schutzschaltung	247
15.2.8. Schutzleitungssystem	248
15.3. Wertung der Schutzmaßnahmen	249
15.3.1. Schutzisolierung	249
15.3.2. Schutzkleinspannung	249
15.3.3. Schutztrennung	250
15.3.4. Schutzerdung	250
15.3.5. Nullung	250
15.3.6. FU-Schutzschaltung	250
15.3.7. FI-Schutzschaltung	251
15.3.8. Schutzleitungssystem	251
16. Installationen im Niederspannungsnetz	
16.1. Leitungsnetz	252
16.2. Verteilungen	252
16.3. Installationsleitungen	252
16.3.1. Anforderungen und Normung	252
16.3.2. Kennzeichnung von Adern und Mänteln	254

	Seite
16.4. Leitungsverlegung	255
16.4.1. Planung und Verlegungsarten	255
16.4.2. Verlegen von Stegleitungen	258
16.4.3. Verlegen von Mantelleitungen	259
16.5. Installationen zum Anschluß ortsveränderlicher Geräte	260
16.6. Schutzarten elektrischer Verbraucher	262
17. Messung elektrotechnischer Grundgrößen	
17.1. Spannungsmessung	265
17.2. Strommessungen	266
17.3. Widerstandsmessung	266
17.4. Prüfen von Stromwegen und Leitungen auf Durchgang mit Durchgangs- und Leitungsprüfern	267
17.4.1. Allgemeines	267
17.4.2. Prüfsummer mit Schauzeichen	268
17.4.3. Das Kabeladerprüfgerät 64 (KAPG)	268
18. Aufbau einfacher Meßschaltungen und Durchführen der Messungen	
18.1. Allgemeine Hinweise	271
18.2. Hinweise zur Vermeidung von Meßfehlern	271
18.3. Eichen von Meßgeräten	273
18.3.1. Eichen von Strom- und Spannungsmessern	273
18.3.2. Eichen von Widerstandsmessern	274
18.4. Gleichstrommessungen	275
18.4.1. Das Ohmsche Gesetz	275
18.4.2. Kennlinie eines Widerstands (lineare Kennlinie)	276
18.4.3. Kennlinie einer Glühlampe (nichtlineare Kennlinie)	277
18.4.4. Reihenschaltung von Widerständen	278
18.4.5. Parallelschaltung von Widerständen	279
18.4.6. Gruppenschaltung von Widerständen	281
18.4.7. Kennlinie eines unbelasteten Spannungsteilers	282
18.4.8. Kennlinie eines belasteten Spannungsteilers	283
18.4.9. Klemmenspannung	284
18.4.10. Leistungsabgabe an R_n (Anpassung)	285
18.4.11. Belastbarkeit von Widerständen	286
18.5. Wechselstrommessungen	288
18.5.1. Die Abhängigkeit des kapazitiven Blindwiderstands von der Frequenz	288
18.5.2. Kapazität	289
18.5.3. Reihenschaltung von Kapazitäten	290

	Seite
18.5.4. Bestimmung der Spuleninduktivität	291
18.5.5. Reihenresonanz	292
18.5.6. Übersetzungsverhältnis eines Fernleitungsübertragers	293
18.5.7. Der Einfluß der Gleichstromvormagnetisierung des Eisenkerns auf die Wirkungsweise eines Übertragers	294

19. Meßübungen an Fernsprechapparaten und NStAnl

19.1. Allgemeines über das Entstören von Fernsprechtellnehmereinrichtungen	296
19.2. Prüfen und Entstören eines FeAp 61	298
19.2.1. Prüfung des Anrufstromkreises	299
19.2.2. Prüfen der Induktionsspule mit komplexer Nachbildung, der Weckerspule und des Funkenlöschwiderstands	299
19.2.3. Prüfen des nsa-Kontakts	300
19.2.4. Prüfung des nsl/bsr-Kontakts	301
19.2.5. Prüfung der Handapparatschnur auf Berührung	301
19.2.6. Messung des Mikrofonstromkreises	302
19.2.7. Prüfung der Induktionsspule und des Gehörschutzgleichrichters	303
19.2.8. Prüfung der W-Ltg	303
19.2.9. Prüfung der Erdaste	304
19.3. Prüfen und Entstören eines W 48	305
19.3.1. Prüfen des Anrufstromkreises	305
19.3.2. Prüfen der Induktionsspule und des Wecker-Funkenlöschwiderstands-Nebenschlußkreises	305
19.3.3. Prüfen des nsa-Kontakts	306
19.3.4. Prüfen der Handapparatschnur	306
19.3.5. Prüfen der Induktionsspule und des Gehörschutzgleichrichters	306
19.3.6. Prüfen des Mikrofonstromkreises	307
19.3.7. Prüfen der W2-Ltg	307
19.3.8. Prüfen der Erdastenfunktion	307
19.4. Prüfen und Entstören einer WNStAnl W 1/1 (161)	308
19.4.1. Eingrenzen und Beseitigen einer Unterbrechungsstörung	308
19.4.2. Eingrenzen und Beseitigen einer Nebenschlußstörung	309
19.5. Prüfen und Entstören von Reihenanlagen	310

1. Schalt- und Installationsleitungen der Fernmeldetechnik

1.1. Allgemeines

Die technischen Einrichtungen des Fernmeldewesens müssen auf verschiedene Art und Weise und unter verschiedenen Bedingungen elektrisch leitend miteinander verbunden werden. Diese Verbindungswege verbinden die Bauelemente und Bauteile in den Baugruppen und Schaltgliedern der Fernmeldeanlagen, die Vermittlungsstellen und die Teilnehmereinrichtungen miteinander sowie die Vermittlungsstellen untereinander. Alle diese Verbindungen werden durch Leitungen hergestellt. Mit Leitung bezeichnet man einen elektrisch gut leitenden Metalldraht in der Stärke von etwa 0,3 bis 1,8 mm, der mit Ausnahme der oberirdisch geführten Blankdrahtleitung isoliert ist. Die Isolation schützt die einzelnen Leitungen vor gegenseitigen elektrischen Beeinflussungen und Berührungen, mechanischen Beschädigungen, Feuchtigkeit und Korrosion¹. Normalerweise besteht eine Leitung aus mindestens zwei Drähten (Stromwegen), der Hin- und Rückleitung, die zur Bildung eines Stromkreises nötig sind. Das in der Fernmeldetechnik am meisten verwendete Leitungsmaterial ist elektrolytisch gewonnenes Kupfer mit einem Reinheitsgrad von 99,9 %.

Nach ihrer äußeren Form unterscheidet man **Einfachleitungen**, **Doppelleitungen**, **verseilte² Leitungen**, **Bündelleitungen**, **Koaxialleitungen** und **Bandleitungen**.

Werden die einzelnen Leitungen zu einem Kabel zusammengefaßt, dann unterliegen die Adern ganz bestimmten Bedingungen hinsichtlich ihrer **Lage** zueinander und hinsichtlich der **Zählweise**.

Der einzelne Leiter mit der Isolierung wird bei einem Kabel als **Ader** bezeichnet. Die einzelnen Adern werden nach einem bestimmten Verfahren aus mechanischen und elektrischen Gründen **miteinander verseilt**. Durch die Verseilung wird eine zu starke Dehnung der außenliegenden Adern bzw. eine zu starke Stauchung der innenliegenden Adern eines Kabels verhindert, weil alle Adern durch die Verseilung teilweise an der Innenseite und teilweise an der Außenseite liegen. Sie wechseln also ihre Lage innerhalb des Kabels.

¹ Korrosion = Zerstörung von Metallen durch chemische oder elektrochemische Reaktionen.

² Verseilung = Herstellungsverfahren in der Kabeltechnik, bei dem die Einzeldrähte (Adern), Paare oder Viererselle des Kabels schraubenförmig umeinander gedreht, d. h. verseilt werden.

Außerdem verhindert die Verseilung eine gegenseitige elektrische Beeinflussung und vermindert die elektrische Beeinflussung der Adern von außen. Abb. 1.1 zeigt eine der am häufigsten verwendeten Verseilarten: die **Viererverseilung** (Sternvierer).

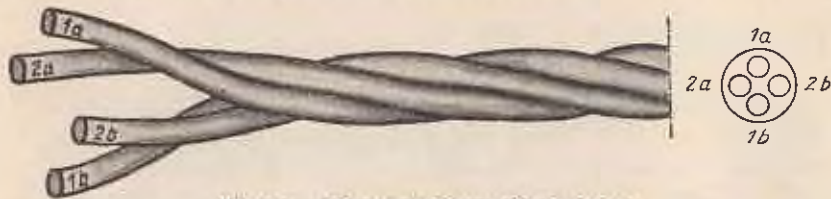


Abb. 1.1 — Viererverseilung (Sternvierer)

Der größte Abstand zwischen zwei Punkten der durch die Verseilung gebildeten Spirale wird als **Drall-** oder **Schlaglänge** oder **Drallschritt** bezeichnet. Die Dralllängen sind je nach Aderstärke und Entfernung der Adern vom Kern des Kabels verschieden. Durch die Verseilung ist die tatsächliche Aderlänge größer als die Kabellänge. Aus der angewandten Verseilungsart ergeben sich die nachfolgenden Leitungsbezeichnungen:

- a) zwei miteinander verseilte Adern = **Paar**,
- b) drei miteinander verseilte Adern = **Dreier**,
- c) vier einzeln miteinander verseilte Adern = **Vierer**,
- d) zwei untereinander verseilte Paare = **Paarvierer** usw.

Die so durch Verseilung zusammengefaßten Adern werden als **Verseilelemente** bezeichnet. Alle Verseilelemente eines Kabels, das ist die Summe aller Adern, ergeben die **Kabelseele**. Die Umhüllung der Kabelseele bezeichnet man als **Kabelmantel**, der entsprechend der Kabelverlegungsart und der Verwendung des Kabels aufgebaut ist und aus verschiedenen Werkstoffen besteht.

Jedes Kabel hat auch besondere **Kennfäden**, die auf die Herstellerfirma (Firmenkennfaden = eingetragenes Warenzeichen) und auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen (VDE-Kennfaden)¹ hinweisen. Je nach Kabeltyp können die Kennfäden unter dem Außenmantel, der Bewicklung der Kabelseele oder dem Innenmantel liegen.

1.2. Leitungsarten

1.2.1. Verwendungszwecke und Unterscheidungsmerkmale

Je nach ihrem Verwendungszweck müssen die Leitungen unterschiedlichen mechanischen und elektrischen Belastungen entsprechen. Nach

der **VDE-Vorschrift 0890** werden in der Fernmeldetechnik grundsätzlich folgende Leitungsarten unterschieden:

- a) **Schaltleitungen**,
- b) **Installationsleitungen**,
- c) **Außenleitungen**,
- d) **Bergwerksleitungen**.

Außen- und Bergwerksleitungen werden in diesem Abschnitt nicht erläutert, weil für die Fernmeldetechnik lediglich die Schalt- und Installationsleitungen von Bedeutung sind.

Für die einzelnen Leitungsarten gibt es **Typenbezeichnungen**, die sich aus bestimmten Kurzzeichen, der Aderzahl und der Drahtstärke zusammensetzen. Zur Vermeidung von Schaltfehlern (Adernvertauschungen) sind die Leiterisolationen verschiedenfarbig ausgeführt.

In den nachfolgenden Tabellen 1.1 und 1.2 sind die verwendeten **Kurzzeichen** und die **Farbabbkürzungen** erläutert.

Tabelle 1.1: Kurzzeichen für Typenbezeichnungen von Leitungen

C	= Schirmgeflecht
F	= Isolierfolie aus Kunststoff
G	= Leiterisolierung oder Mantel aus Gummi
I	= Innenkabel
I- oder J-	= Installationsleitung
L	= Lackisolierung
Li	= Litzenleiter
Lif	= Litzenleiter aus Feindrähten
M	= Bleimantel
P	= Papierisolierung
PiMF	= geschirmtes Paar
S	= Bespinnung aus Kunstseide
S-	= Schaltkabel
(St)	= statischer Schirm
U	= Umflechtung aus Kunstseide
V	= Verzinnung des Kupferleiters
Y	= Isolierhülle oder Mantel aus Polyvinylchlorid (PVC)
2Y	= Isolierhülle aus Polyäthylen (PE)
(Z)	= Zugfestes Stahldrahtgeflecht

¹ VDE = Verband deutscher Elektrotechniker

Tabelle 1.2: Farbabkürzungen für Adernkennzeichnungen von Leitungen

bl = blau	ws = weiß
ge = gelb	gr = grau
gn = grün	rt = rot
br = braun	rs = rosa
sw = schwarz	el = elfenbein
*)	nf = natur

Bei Einzeldrähten gibt es auch Kombinationen zwischen den hier aufgeführten Farben (z. B. wssw; gngr; rtws).

*) Die Farben bl, ge, gn, br und sw werden in dieser Reihenfolge zur Kennzeichnung der Adernfolge bei paarverseilt und lagenmäßig aufgebauten Schalt- und Installationskabeln verwendet.

1.3. Schaltleitungen

Mit **Schaltleitungen** werden alle Leitungen bezeichnet, die zum **Verdrahten** der einzelnen **Fernmeldegeräte** und zum **Zusammenschalten** der **Geräte in Gestellrahmen und Schränken** verwendet werden. Die dabei notwendigen verschiedenen Verdrahtungs- und Verbindungsformen erfordern eine Unterteilung der Schaltleitungen nach:

- Schaltdrähten,
- Schaltlitzen und
- Schaltkabeln.

1.3.1. Schaltdrähte

Schaltdrähte bestehen aus einem oder mehreren **Einzeldrähten**. Sie können **einzel**n oder **gebündelt** als **Festverdrahtung** oder als **Schaltverdrahtung** eingesetzt werden. Es sind Drähte in der Stärke von 0,3 bis 1,8 mm mit Kunststoff- oder Seidenlackisolierung und farbiger Adernkennzeichnung. Mit der Angabe der Isolation (ggf. Kombination der möglichen Kurzzeichen) und der Drahtstärke werden diese Schaltdrähte gekennzeichnet. Die Zusammenstellung der Kurzzeichen weist dabei auf die Reihenfolge der Isolier- und Schutzmaßnahmen hin.

Einige der hauptsächlich verwendeten Schaltdrähte sind nachfolgend in der Tabelle 1.3 zusammengestellt und kurz erläutert:

Tabelle 1.3: Schaltdrahtarten, ihre Bezeichnung und Anwendung

Kurzzeichen	Adernstärke	Bezeichnung und Anwendung der Schaltdrähte
SL	0,3	Seidenlackdraht zum Verdrahten von Gerätebauteilen.
LSL	0,5	Seidenlackdraht zum Verdrahten von Gerätebauteilen (auch in der Ausführung FSL mit Isolierfolie aus Kunststoff).
LUL	0,8 1,0 1,4 1,8	Seidenlackdraht zum Verdrahten von Gerätebauteilen und für Stromzuführungen.
LSL(St)	0,5	Geschirmter Seidenlackdraht für Verdrahtungen, bei denen hohe Nebensprechdämpfungen gefordert werden.
YV	0,3 bis 0,8	Kunststoffisolierter Draht als Rangierdraht, Formdraht und für Stromzuführungen.

Außer der Unterteilung nach ihrem Aufbau werden die Schaltdrähte noch nach ihrer Verwendungsart (Einbau- und Verlegungsform) unterteilt. **Schaltdrähte** gibt es als **Formkabeldrähte**, **Formdrähte** und **Rangierdrähte**.

1.3.1.1. Formkabeldrähte

Formkabeldrähte verwendet man zur Verdrahtung einzelner Baugruppen und Apparate (Relaisätze, Fernsprechapparate usw.). Dabei werden gleichlaufende Drähte gebündelt und abgebunden. Es entsteht ein sogenanntes **Formkabel**.

Grundlage für die Anfertigung eines solchen **Formkabels** ist eine Skizze im Maßstab 1 : 1, die die Lage der zu verdrahtenden Bauteile und den zukünftigen Verlauf der Drähte angibt. Diese Skizze legt man auf ein **Kabelformbrett** und markiert alle Richtungsveränderungen der Drähte durch **Formbrettstifte** (kopflöse Nägel). Dann werden die Drähte auf diesem Brett entsprechend der Skizze und der Nagelmarkierungen ausgelegt und mit Abbindegarn so eingebunden, daß die genaue Lage der einzelnen Formkabeldrähte sichergestellt ist. Das so entstandene Formkabel wird nach Fertigstellung vom Formbrett genommen, in den Schaltungsteil eingepaßt, an den Drahtenden abisoliert und angelötet.

1.3.1.2. Formdrähte

Formdrähte werden als einzelne Drähte **freitragend** verlegt. Man verwendet sie z. B. als **Stromzuführungsleitungen**.

Neuerdings nimmt der frei geführte Draht auch immer mehr die Stelle des Formkabels ein. Aus wirtschaftlichen und praktischen Erwägungen verzichtet

man auf das recht aufwendige Anfertigen eines Formkabels und legt nur Wert auf richtige und sichere Verbindung. Diese Forderung läßt sich auch mit frei geführten Drähten erfüllen.

Für eine rationellere Verlegung der Formdrähte werden anstelle des Einbindens seit mehreren Jahren mit gutem Erfolg Kunststoffkämme eingesetzt, die das sehr kostenaufwendige Abbinden der Einzeldrähte eines Formkabels überflüssig machen.

1.3.1.3. Rangierdrähte

Rangierdrähte werden eingesetzt, wenn es sich um **wahlweise umzulegende bzw. gelegentlich umzuschaltende Verbindungen** handelt.

Ein solches „Schalten“ kommt in den Vermittlungsstellen überwiegend an Haupt- und Zwischenverteilern vor. Auch in den Betriebsstellen der Übertragungs-, Telegrafien- und Datenübertragungstechnik sowie in mittleren und großen NStAnl werden in Kabelendgestellen oder Schaltverteilern Rangierdrähte eingesetzt. Die Rangierdrähte sind in der jeweils benötigten Adornzahl (2, 3 oder 4 Adern) durch Versellung zusammengefaßt. Farben dieser Rangierdrähte sind in der Regel: wa, sw, ge, gn.

1.3.2. Schaltlitzen

Schaltlitzen sind isolierte Leitungen, bei denen der biegsame Leiter aus **dünnen miteinander verselten oder verflochtenen Einzeldrähten** besteht. Sie dienen zum Anschluß von bewegten Teilen in Geräten und Baugruppen (z. B. Anschluß von Wählerschaltarmen, beweglichen Steckern und Bauteilen). Die Bedingungen für Schaltlitzen sind in den **VDE-Vorschriften 0812** festgelegt.

Tabelle 1.4: Schaltlitzen, ihre Bezeichnung und Anwendung

Kurzzeichen	Adernstärke	Bezeichnung und Anwendung
LiY	0,14 bis 1,5	Litzenleiter mit Kunststoffisolierung (PVC) als Verbindung zu bewegten Teilen; wird einzeln oder in Formkabeln verlegt.
LiSU	0,14 bis 1,5	Litzenleiter mit Bespinnung und Umflechtung aus Kunstseide als Anschaltenden für Spulen.
LifSU	0,14 bis 1,5	Litzenleiter aus hochbeweglichen Feindrähten; Seidenlitze mit Bespinnung und Umflechtung aus Kunstseide; als Zuführung für alle sehr häufig bewegten Teile.

1.3.3. Schaltkabel

1.3.3.1. Verwendung und Arten der Schaltkabel

Die Schaltkabel verbinden die technischen Einrichtungen in den Vermittlungs- und Übertragungsdienststellen. Im einzelnen werden folgende Verbindungen mit Schaltkabeln hergestellt:

- Gerätegruppen, Gestellrahmen und Gestellreihen untereinander und ihr Anschluß an die Verteiler,
- Anschlußkabel und Ortsverbindungskabel vom Kabelaufteilungsraum zum Hauptverteiler in Ortsvermittlungsstellen,
- Weiterführung der Leitungen aus Fernkabeln von den Kabelendverschlüssen in den Kabelendgestellen zu den einzelnen Betriebsstellen der Vermittlungs-, Übertragungs- oder Telegrafentechnik.

Früher wurden die Schaltkabel auch als Systemkabel bezeichnet.

Die Bestimmungen über Schaltkabel für Fernmeldeanlagen sind in der **VDE-Vorschrift 0813** zusammengefaßt. Die wichtigsten **Daten der Schaltkabel für Fernmeldeanlagen** enthält die nachfolgende Tabelle 1.5:

Tabelle 1.5: Daten der Schaltkabel für Fernmeldeanlagen

Kurzzeichen	Adernstärke	Bezeichnung und Verwendung
S-Y(St)Y	0,6	Schaltkabel als bündelverselltes Kabel mit Versellelementen aus Paaren, Dreieren, Vierern oder Fünfern und einer Isolierhülle aus grauem Polyvinylchlorid (PVC). Über die Gesamtheit der versellten Elemente ist ein statischer Schirm gelegt. Diese Kabel werden in Vermittlungs-, Telegrafien- und Übertragungsdienststellen zwischen Gestellrahmen und Verteilern fest verlegt.
S-YY...PiMF	0,6	Lagenversellte Kabel mit Versellelementen aus geschirmten Paaren. Sie werden für Verbindungen in Übertragungsdienststellen im Niederfrequenzbereich eingesetzt.
S-YY	0,5 0,6 1,0	Schaltkabel mit Kunststoffisolierung für feste Verlegung in oder zwischen Gestellrahmen der technischen Einrichtungen.
LPMh	0,6	Schaltkabel mit Lack-Papier-Isolation und Bleimantel zum Aufstellen der Anschlußkabel im Kabelaufteilungsraum und Weiterführung zum Hauptverteiler.

(YY = kunststoffisoliert) (t, h = hochspannungssicher)

Eine Zusammenstellung aller **Aufbau- und Verwendungsmerkmale** der Schaltkabel enthält die Tabelle 1.6.

Tabelle 1.6: Aufbau- und Verwendungsmerkmale der Schaltkabel für Fernmeldeanlagen

Spalte	1	2		3	4
Zeile	Aufbau und Verwendung	Schaltkabel mit PVC-Isolierung und geschirmter Kabelseele S-Y (St) Y ¹		geschirmten Paaren S-YY...PIMF ¹	Schaltkabel mit PVC- Isolierung für Signal- zwecke S-YY ¹
1	Versellart	Bündelversellung		Lagenversellung	
2	Versellelement	Paar	Dreier	Vierer	Fünfer
3	Kupferleiter ² Durchmesser mm	0,6		0,6	
4	PVC-Isolierhülle Wanddicke mm	0,2 (Richtwert)		0,4 (Sollwert)	
5	Anzahl der Versellelemente (Vorzugswerte)	1 10 18 30	3 11 20 32	4 12 22 40	5 15 24 50
6	Zählweise, Kennzeich- nung der Versellele- mente und Versellung	Siehe Tabellen 1.10 und 1.11			
7	Bewicklung und Schirm des PIMF	1 Lage Kunst- stoffband 1 Beidraht ³ aus Kupfer mit Durchmesser von 0,4 mm 1 Lage kunststoff- kaschiertes Me- tallband (Metall- seite innen)		2 5 6 10 12 20	

Tabelle 1.6: Aufbau und Verwendungsmerkmale der Schaltkabel für Fernmeldeanlagen (Fortsetzung)

Spalte Zeile	1	2	3	4
8	Bewicklung und Schirm der Kabelseele	1 Lage Kunststoffband 1 Beidraht ³ aus Kupfer mit Durchmesser für Kabel bis 20 Adern von 0,4 mm, über 20 Adern von 0,6 mm 1 Lage farbiges kunststoffkaschiertes Me- tallband (Metallseite innen)	mindestens 1 Lage Kunststoffband	
9	PVC-Mantel	Siehe Tabelle 1.10		
10	Verwendung	In trockenen und zeitweise feuchten Betriebsstätten. Schaltkabel dürfen zu Starkstrominstallationszwecken nicht verwendet werden		
11	zulässiger Temperaturbereich	Beim Verlegen: —5 bis +50 °C Vor und nach dem Verlegen: bis +70 °C		
¹ Das vollständige Kurzzeichen enthält noch die Anzahl und Art der Versellelemente und den Leiterdurchmesser. Beim Schaltkabel S-YY ist außerdem hinter der Anzahl der Versellelemente in Klammern die Anzahl der Farbgruppen und der Adern in der Farbgruppe anzugeben (siehe Bezeichnungsbeispiel).				
² Die Kupferleiter dürfen verzinkt sein, das Kurzzeichen erhält dann hinter dem Leiterdurchmesser die Angabe „verz.“.				
³ Flacher Beidraht entsprechenden Querschnitts ist zulässig.				
Kurzzeichenerklärung:				
S - Schaltkabel				
Y Isolierhülle oder Mantel aus Polyvinylchlorid (PVC)				
(St) statischer Schirm				
PiMF geschirmtes Paar				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, statischem Schirm, PVC-Mantel, 10 Dreier mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, statischem Schirm, PVC-Mantel, 10 Dreier mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel, 10 geschirmten Paaren mit Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser				
Schaltkabel mit PVC-Isolierung, PVC-Mantel				

(Tabelle aus VDE-Vorschrift 0813)

1.3.3.2. Kennzeichnung und Zählweise der Verseilelemente von Schaltkabeln

1.3.3.2.1. Schaltkabel S-Y(St)Y und Schaltkabel S-YY..PiMF

Die Kennzeichnung der a- und b-Ader besteht aus einer **Adergrundfarbe** und einer **Kennfarbe**, die in Form von wischfesten farbigen Ringen auf die Ader aufgebracht sind. **Kennfarben sind:**

blau, gelb, grün, braun und schwarz.

Der Abstand zwischen den einzelnen 2 mm breiten Kennfarbringen beträgt zur Unterscheidung der Adern bei der a-Ader 10 mm und bei der b-Ader 20 mm. Beim Schaltkabel S-Y(St)Y sind die e-Adern rot, die d-Adern rosa und die c-Adern schwarz.

Tabelle 1.7: Farbkennzeichnung der Schaltkabel

1					2	3
Lfd. Nr. des Verseilelementes					Grundfarbe der a- und b-Adern	Kennfarbe der a-Ader
1	2	3	4	5	weiß	blau
6	7	8	9	10		gelb
11	12	13	14	15		grün
16	17	18	19	20		braun
21	22	23	24	25		schwarz
26	27	28	29	30	grau	blau
31	32	33	34	35		gelb
36	37	38	39	40		grün
41	42	43	44	45		braun
46	47	48	49	50		schwarz
blau	gelb	grün	braun	schwarz		
Kennfarbe der b-Ader						

(Tabelle aus VDE 0813)

Beispiel:

Beim Verseilelement 8 ist die Grundfarbe der a- und b-Adern weiß, die Kennfarbe der a-Ader gelb, die der b-Ader grün.

Die Zählweise der Verseilelemente ergibt sich aus der laufenden Nummer der einzelnen Verseilelemente und der dazugehörigen Grund- und Kennfarbe (vgl. vorstehende Tabelle 1.7). Bei Kabeln mit mehr als 50 Verseilelementen beginnt die Zählung nach dem 50. Verseilelement wieder mit dem Verseilelement 1.

1.3.3.2.2. Schaltkabel S-YY

Bei diesen lagenverseilten Schaltkabeln werden die Adern durch **Farbgruppen** gekennzeichnet. Eine Farbgruppe kann aus 4, 5, 6 oder 10 verschiedenen Farben bestehen (vgl. nachstehende Tabelle 1.8).

Tabelle 1.8: Farbkennzeichnung für YY-Schaltkabel

Anzahl der Aderfarben in einer Farb- gruppe	Folge der Aderfarben in jeder Farbgruppe
4	blau, rot, grau, grün
5	blau, rot, grau, grün, braun
6	blau, rot, grau, grün, braun, schwarz
10	blau, rot, grau, grün, braun, schwarz, gelb, weiß, rosa, violett

(Tabelle aus VDE 0813)

Zu einem Kabel dürfen nur Farbgruppen der gleichen Art gehören. Kann durch das lagenmäßige Fassungsvermögen eines Kabels eine vollständige Farbgruppe nicht mehr in einer Lage untergebracht werden, so werden die Restfarben in die darunterliegende Lage mit aufgenommen.

Die Zählung beginnt bei einer jeden neuen Lage mit der **blauen Ader**. Befinden sich mehrere blaue Adern in einer Lage, dann hat die blaue Zählader zur Unterscheidung rote Ringe im Abstand von 20 mm. Etwa vorhandene Restadern aus der davorliegenden Lage werden vor der blauen Zählader gezählt.

1.3.3.2.3. Schaltkabel mit Papierisolation LPMh

Bei diesen Kabeln haben alle a-Adern die Farbe **Weiß**. Die Verseilelemente werden durch **farbige b-Adern** mit der Farbfolge **blau, gelb, grün, braun und schwarz** gekennzeichnet.

Tabelle 1.9: Farbfolge für LPMh-Schaltkabel

a-Ader	b-Ader	Kennfaden
ws	bl	bl
ws	ge	
ws	gn	
ws	br	
ws	sw	
ws	bl	ge
ws	ge	
ws	gn	
ws	br	
ws	sw	
ws	bl	gn
ws	ge	
ws	gn	
ws	br	
ws	sw	
usw.		

Fünf solcher Verseilelemente sind mit einem farbigen Kennfaden umwickelt und so zu **Verseilelementgruppen** zusammengefaßt. Die Reihenfolge der Verseilelementgruppen ist aus der Farbe des Kennfadens jeder Fünfergruppe der b-Ader zu entnehmen.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen alle Einzelheiten über den Aufbau der Schaltkabel nach der **VDE-Vorschrift 0813**.

Tabelle 1.10: Schaltkabel für Fernmeldeanlagen

S-Y (St) Y			Wanddicke der Mäntel	
1	2	3	1	2
Anzahl Verseilelemente	Anzahl Bündel in Lage		Durchmesser ¹ unter Mantel mm	Wanddicke PVC-Mäntel Sollwert mm
	1	2		
5	1		bis 10	0,8
10	2		bis 20	1,0
15	3		bis 30	1,2
20	4		¹ Als Durchmesser gelten die rechnerisch ermittelten Werte.	
25	5			
30	1	5		
35	1	6		
40	2	6		
50	3	7		
55	3	8		

(Tabelle aus VDE 0813)

Bündelverseilung

Tabelle 1.11: Lagenverseilung für Schaltkabel S-YY ... PiMF und S-YY

1	2	3	4	5	6
Anzahl Verseilelemente	Anzahl Verseilelemente in Lage				
	1	2	3	4	5
2	2				
5	5 ¹				
6	6 ¹				
10	2	8			
12	3	9			
20 ¹	7	13			
24	2	8	14		
30	4	10	16		
32	5 ¹	11	16		
40	1	7	13	19	
60 ¹	6	12	18	24	
80	4	10	16	22	28

¹ Einlauf im Kern ist zulässig.

(Tabelle aus VDE 0813)

1.4. Installationsleitungen

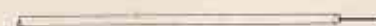
Installationsleitungen werden zur Installation von Teilnehmeranlagen — im Sprechstellenbau und beim Bau von Nebenstellenanlagen — verwendet. Für die verschiedenen Verwendungszwecke werden von der DBP folgende Installationsleitungen beschafft:

- Installationsdraht,
- Einführungsdraht,
- Installationskabel und
- Installationskabel mit Zugentlastung.

Nach VDE 0815 sind außerdem noch Stegleitungen (Kurzzeichen: J-FY) und Installationskabel mit statischem Schirm [Kurzzeichen: J-Y(St)Y] zugelassen.

1.4.1. Installationsdrähte (Y-Drähte)

Installationsdrähte werden im Sprechstellenbau in **Rohrnetzanlagen** eingezogen. Außerdem werden sie als Schalldrähte zum Beschalten von **Verteilern** und **Verzweigern** verwendet. Installationsdrähte haben einen Kupferleiter von 0,6 mm Durchmesser und eine PVC-Isolierung mit einer Wanddicke von 0,4 mm. Abb. 1.2 zeigt die bei der DBP verwendeten Y-Drähte.

 1: einadrig rt

 2: zweiadrig ws-br

 3: dreiadrig ws-br-gn

Abb. 1.2 — Installationsdrähte

Darüber hinaus sehen die VDE-Vorschriften Y-Drähte in den Farben gelb, grau und schwarz vor. Mehradrige Installationsdrähte sind mit einer Schlaglänge von etwa 50 bis 60 mm verseilt.

1.4.2. Einführungsdrähte 2YY

Einführungsdrähte mit einem verzinnnten Kupferleiter von 1,0 mm Durchmesser werden zum **Übergang** von **Blankdrahtleitungen** auf

Kabeladern verwendet. Da die Adern einzeln überführt werden, gibt es den 2YY-Draht nur als Einzeldraht. Über der Isolierhülle aus PE (Polyäthylen) befindet sich ein schwarzer Außenmantel aus PVC (Polyvinylchlorid).

1.4.3. Installationskabel J-YY

Installationskabel der Form J-YY werden bei der DBP zur **festen Verlegung in oder an Gebäuden** verwendet. Sie sind sternverseilt und hinsichtlich der Adernkennzeichnung und Verseilart wie die im Anschlußnetz benutzten Außenkabel aufgebaut. Über den Kupferleitern von 0,6 mm Durchmesser befindet sich eine Isolierhülle aus PVC mit einer Wanddicke von 0,2 mm. Bei den Kabeln ab 10 DA sind je 5 Sternvierer zu einem Grundbündel verseilt. In den Grundbündeln sind die Adern wie folgt gekennzeichnet:

- Adern des Stern-Vierers 1: Grundfarbe rot
- Adern des Stern-Vierers 2: Grundfarbe grün
- Adern des Stern-Vierers 3: Grundfarbe grau
- Adern des Stern-Vierers 4: Grundfarbe gelb
- Adern des Stern-Vierers 5: Grundfarbe weiß

Das Auszählen der Verseilelemente eines Grundbündels erfolgt in der Reihenfolge dieser Aderngrundfarben, d. h., Zählvierer ist der Stern-Vierer mit der roten Grundfarbe. Die Adern der Stämme 1 und 2 jedes Stern-Vierers werden durch blaue oder schwarze Farbringe gekennzeichnet (vgl. hierzu Abb. 1.3).

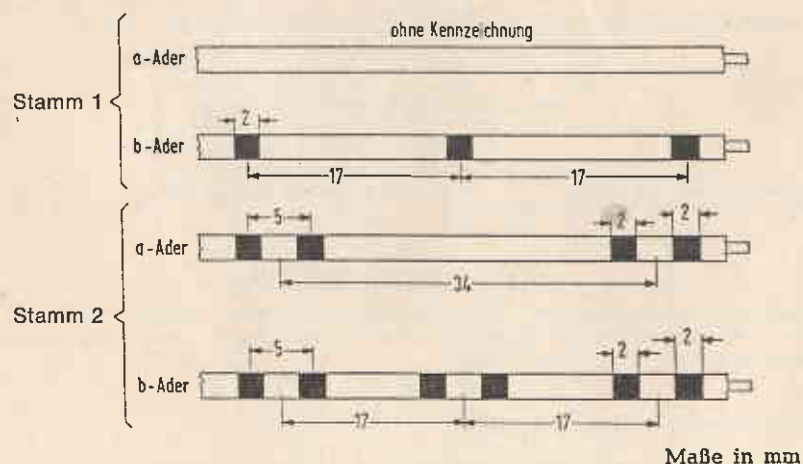


Abb. 1.3 — Kennzeichnung der Stern-Vierer-Adern

Bei Kabeln mit mehreren Grundbündeln hat das Zähl-Grundbündel in jeder Lage eine rote offene Kunststoffband-Wendel; die anderen Grundbündel haben eine naturfarbene oder weiße offene Wendel.

In den Abb. 1.4 und 1.5 sind die Querschnitte der von der DBP beschafften Installationskabel dargestellt und die Verseilelemente dieser Kabel angegeben. Über den entsprechend Abb. 1.4 und 1.5 verseilten Stern-Vierern oder Grundbündeln befindet sich eine Bewicklung aus Isolierstoffolie. Darüber ist ein Außenmantel aus PVC aufgebracht, dessen Dicke mit dem Durchmesser des Kabels zunimmt.

Vor 1970 wurden paarverseilte Installationskabel J-YY und vor 1969 paarverseilte Installationskabel J-Y(St)Y beschafft. Bei diesen Kabeln sind die Adern der zweipaarigen Installationskabel zu einem Stern-Vierer verseilt, während die Installationskabel mit mehr als 4 Adern als Verseilelemente Paare enthalten, die in konzentrischen Lagen verseilt sind.

Außendurchmesser, Wanddicke des Außenmantels, Gewicht je km sowie Regellänge und Lieferart der oben aufgeführten Installationskabel sind in der Tabelle 1.12 angegeben.

1.4.4. Installationskabel mit Zugentlastung J-Y(Z)Y

Installationskabel mit Zugentlastung J-Y(Z)Y wurden bis 1970 paarverseilt und anschließend sternverseilt beschafft. Sie werden sowohl im Freileitungsbau verwendet als auch im Erdboden ausgelegt. Eine ausführliche Beschreibung dieser Kabel enthält der Band 7 (Teil 2) des „Handbuchs der Fernmeldetechnik — Grundreihe“.

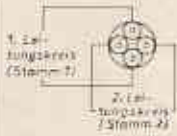
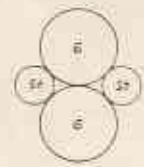
DA	Kabelquerschnitt schematisch	Versellelemente
2	 Grundfarbe rot	1 Stern-Vierer
4	Grundfarben grün  rot	2 Stern-Vierer (St)
6	Grundfarben grau  rot grün	3 Stern-Vierer
16		2 Grundbündel (G) (je Grundbündel nur 4 Stern-Vierer)
24	Grundfarben grün  rot	2 Grundbündel mit je 5 Stern-Vierern u. 2 Stern-Vierern (St) Stern-Vierer rot = Zählvierer

Abb. 1.4 — Installationskabel J-YY

DA	Kabelquerschnitt schematisch	Versellelemente
10		1 Grundbündel = 5 Stern-Vierer = 10 DA Grundfarben der Stern-Vierer: rot, grün, grau, gelb, weiß
20		2 Grundbündel
30		3 Grundbündel
40		4 Grundbündel
50		5 Grundbündel
60		Lage 1: 1 Grundbündel Lage 2: 5 Grundbündel
80		Lage 1: 2 Grundbündel Lage 2: 6 Grundbündel
100		Lage 1: 3 Grundbündel Lage 2: 7 Grundbündel

Abb. 1.5 — Installationskabel J-YY

Tabelle 1.12: Abmessungen der Installationskabel

Lfd. Nr.	Doppeladern DA	Außendurchmesser				Wanddicke des Außen- mantels für J-Y-Y nach Spalte 3 mm	Gewicht etwa kg/km für J-Y-Y nach Spalte 3	Regellänge und Lieferart (Abweichungen möglich)
		J-Y-Y (stern- seitig) ab 1. 1. 1970 mm	J-Y-Y (paar- seitig) ab 1. 1. 1969 mm	J-Y(St)Y (paar- seitig) bis 1968 mm	5			
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	2	4,5	5,0 ± 0,5	5,3	1,0	30	2 DA bis 10 DA in 250 m als Ring 4 DA bis 100 DA in 500 m auf Trommeln	
2	4	6,5	6,5 ± 0,5	7,4	1,0	55		
3	6	7,0	7,5 ± 0,5	8,4	1,0	70		
4	10	8,5	9,0 ± 0,5	9,6	1,0	105		
5	16	10,0	10,0	10,5	1,0	155		
6	20	11,0	11,0	11,5	1,0	190		
7	24	11,5	12,5	13,0	1,0	220		
8	30	13,0	13,5	14,0	1,2	280		
9	40	15,0	15,0	15,5	1,2	360		
10	50	16,5	16,5	17,0	1,2	440		
11	60	17,5	18,0	18,5	1,2	515		
12	80	20,5	20,5	21,0	1,4	685		
13	100	22,5	23,0	24,0	1,4	840		

2. Anschluß- und Verbindungstechniken der Fernmeldetechnik

2.1. Arten und Aufgaben der Verbindungsformen

Die zum Betrieb von Fernmeldeanlagen, Fernsprech- und Fernschreibapparaten benötigten Kabel, Leitungen, Schnüre und Drähte müssen mit den verschiedenen Geräte- und Apparateteilen elektrisch und mechanisch verbunden werden. Dabei werden die Leiter mit einem besonders geformten und gekennzeichneten Anschlußelement der betreffenden Einrichtung verbunden. Man unterscheidet **feste Verbindungen** und **lösbare Verbindungen** in folgenden Ausführungen:

1. lösbare Schraubverbindungen,
2. lösbare Klemmverbindungen,
3. lösbare Steckverbindungen,
4. feste Lötverbindungen,
5. feste lötfreie Verbindungen und
6. trennbare, lötfreie Verbindungen.

Bei den verschiedenen Anschlußstellen weist der Aufbau der Anschlußelemente schon auf die jeweils anzuwendende Verbindungstechnik hin. Lediglich die anzuschließenden Leitungen müssen der jeweiligen Verbindungstechnik entsprechend vorbereitet und verbunden werden.

Die fertigen Verbindungen und Anschlüsse müssen nachfolgend aufgeführte Anforderungen erfüllen:

- a) zuverlässige, dauerhafte Verbindung (mechanische Festigkeit),
- b) geringer elektrischer Übergangswiderstand an der Verbindungsstelle,
- c) Prüfmöglichkeit an der Verbindungsstelle (Ansatzpunkt für Prüfspitzen bzw. Prüfklemmen),
- d) einfache Herstellung der Verbindung.

In vielen Fällen wird zusätzlich noch die Forderung nach einer einfachen Trennmöglichkeit gestellt; diese Aufgabe erfüllen naturgemäß am besten die Steckverbindungen.

2.2. Lötverbindungen

2.2.1. Anwendung und Herstellungsvorgang

Die Lötverbindung wird überwiegend bei der Herstellung von elektrischen Verbindungen in Bauteilgruppen sowie für den Anschluß von

Leitungen der Fernmeldetechnik angewendet. Lötverbindungen werden vor allem dann ausgeführt, wenn die Verbindungsstelle dauerhaft sein soll und alsbald nicht wieder aufgetrennt oder während des Betriebs nicht gelöst und wieder verbunden werden muß.

Beim Löten stellt man mit Hilfe eines durch Erwärmung zum Schmelzen gebrachten metallischen Bindemittels (Lot) eine feste Verbindung zwischen dem Leiter und dem Anschlußelement der Fernmeldeeinrichtung oder dem Leiter einer anderen Leitung her. Es wird in der Lötpraxis zwischen **Weichlöten** und **Hartlöten** unterschieden. Beim **Weichlöten** wird mit Temperaturen unter 400°C und beim **Hartlöten** mit Temperaturen über 500°C gearbeitet. Für die Drahtverbindungs- und Drahtanschlußtechnik genügt das Weichlöten, weil hier die durch Hartlöten erzielten Festigkeitsgrade nicht erforderlich sind. Außerdem ist der Lötvorgang beim Weichlöten einfacher zu handhaben, da kein offenes Lötfeuer gebraucht wird.

2.2.2. Hilfsmittel und Werkzeuge

Die zum Löten benötigten Hilfsmittel sind **Lot** und **Flußmittel**.

Das die Verbindung herstellende Lot ist eine Metallegierung mit einem Schmelzpunkt, der weit unter dem des Kupfers (Leitermaterial) liegen muß. Man verwendet Legierungen, die hauptsächlich Blei, Zink oder Zinn, daneben geringe Anteile von Kupfer, Silber, Cadmium und Antimon enthalten. Das Weichlot wird **Lötzinn** genannt und in **Drahtform** von verschiedenen Stärken hergestellt.

Die als **Flußmittel** verwendeten chemischen Verbindungen verhindern beim Lötvorgang eine Oxydation der Metallteile oder lösen bereits vorhandene Oxide auf; das Flußmittel begünstigt somit auch das Fließen des Lots und sichert einwandfreie metallische Verbindungen. Bei den für die Drahtverbindungstechnik verwendeten **Lötdrähten** ist das Flußmittel in den Innenraum des hohlen Lötdrahts eingefüllt; deshalb wird dieses Weichlot auch „**Röhrenlötzinn**“ genannt. In anderen Fällen kann das Flußmittel als Lötöl oder als Lötöl gesondert vom Lötzinns auf die Lötstelle gebracht werden.

Als **Lötgerät** verwendet man in der Drahtverbindungstechnik grundsätzlich **elektrische LötKolben**. Ein LötKolben hat die Aufgabe, die Lötstelle schnell zu erwärmen und das Lot so zu verflüssigen, daß es die Lötstelle einwandfrei umfließt.

In der Fernmeldetechnik werden allgemein folgende LötKolben verwendet:

- LötKolben:** 40 bis 100 W; Anheizzeit 3 bis 5 min für normale Lötarbeiten an Drähten und Bauteilen.
- Lötpistole:** 60 oder 100 W; Anheizzeit 6 s für die Arbeit der Entstörer im Außendienst; Lötpistolen sind zum Teil mit einer kleinen Lampe ausgestattet, die eine gute und schattenfreie Beleuchtung der Lötstelle ermöglicht.
- LötKolben:** 15 bis 25 W; Anheizzeit 3 bis 5 min für die Arbeit an gedruckten Schaltungen und anderen kleinen Arbeitsobjekten. LötKolben mit so geringen Leistungen sind **Niederspannungskolben** und werden über einen besonderen Transformator angeschlossen.
- KleinslötKolben:** 5 bis 10 W; Anheizzeit 3 bis 5 min für Lötungen an Kleinstbauteilen und Mikroschaltungen; sie sind ebenfalls **Niederspannungskolben** und werden über Transformator angeschlossen.



Abb. 2.1 — LötKolben

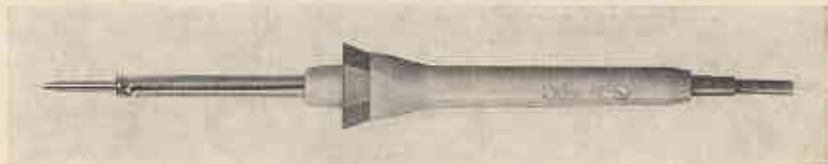


Abb. 2.2 — Klein-LötKolben

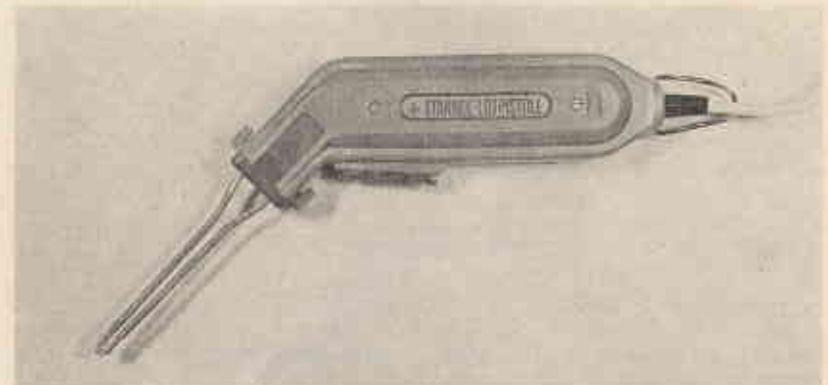


Abb. 2.3 — Lötpistole



Abb. 2.4 — Transformator für Niederspannungs-LötKolben

2.2.3. Lötvorgang bei manuellen Verdrahtungen

Die Anschlüsselemente für Drähte sind bei manueller Verdrahtung die Lötflächen bzw. die Lötösen.

Um den Lötvorgang zu vereinfachen und zu beschleunigen, sind die Lötflächen und Lötösen in der Regel bereits vom Hersteller im Lötbereich verzinkt (mit einer dünnen Lötzinnschicht überzogen), um eine Oxydation der eigentlichen Lötstelle zu vermeiden. Diese Ausführung der Anschlüsselemente ermöglicht mit Hilfe der Ösenform oder mittels Einkerbungen bereits vor der Lötung eine lose Befestigung des abisolierten und verzinkten Leitungstückes. Abb. 2.5 zeigt einige Anschlüsselemente mit der jeweiligen Drahtanlegeart.

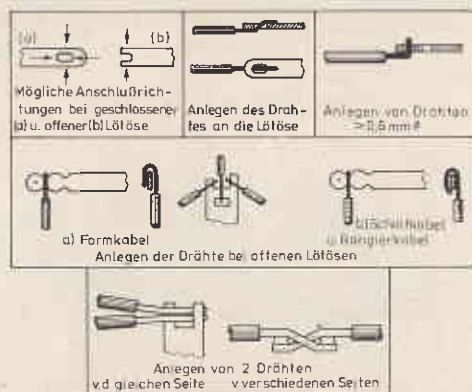


Abb. 2.5 — Anlegen der Drähte an Lötösen

Abb. 2.6 zeigt einige Lötverteiler, die als Anschlüsselemente für größere Bauteilgruppen oder Geräte verwendet werden.

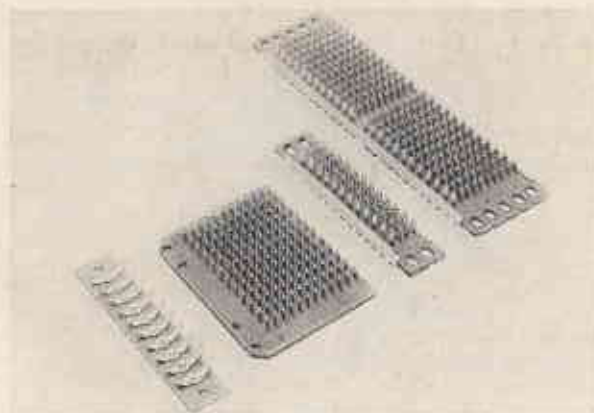


Abb. 2.6 — Lötverteiler

Das Anlegen und Anlöten der Drähte an die Lötflächen und Lötösen geschieht in folgenden Arbeitsgängen:

1. **Abschneiden des Drahts** auf die erforderliche Länge (der Draht ist ggf. so lang zu lassen, daß ein einmaliges Nachsetzen möglich ist).
2. **Abisolieren des Drahts** (der Leiter darf beim Abisolieren nicht eingekerbt oder in anderer Weise beschädigt werden).
3. **Verzinnen des blanken Leitungstückes** (mit der verzinkten Lötkolbenspitze wird ein dünner Zinnfilm auf den Draht aufgetragen).
4. **Anlegen der Leitung an die Lötfläche bzw. Lötöse.**
 - a) Die Drähte müssen so angelegt sein, daß sie an den Anschlußstellen mechanisch so wenig wie möglich beansprucht werden.
 - b) Schalt- und Formkabel müssen an schwer zugänglichen Stellen der Bauteile (Schalter, Klinken, Lampen usw.) so angelegt werden, daß sich diese Bauteile herausziehen lassen.
 - c) Im Regelfall dürfen an einen Anschlußpunkt bis zu 2 Drähte angelegt werden. An Lötflächen mit Einkerbungen soll im Regelfall nur ein Draht je Einkerbung angelegt werden.
 - d) Die Drahtenden sind so anzulegen, daß sie sich bei Bedarf leicht lösen lassen. Der Abstand der Drahtisolierung von der Anschlußstelle darf im Regelfall bis zu 2 mm betragen. Dabei ist zu beachten, daß die Kunststoffisolierung durch die Erwärmung der Lötstelle immer etwas zurückweicht und damit ein Abstand der Isolierung von der Lötfläche entsteht.
5. **Lötzinn auf die Lötspitze des Lötkolbens auftragen** und die Kolbenspitze an die Lötfläche bringen.
6. **Lötfläche mit Lötkolben erwärmen**, bis das an die Gegenseite (auf den Leiter) gehaltene Lötzinn glatt verläuft. Dabei achten wir auf die Lötfläche. Je enger die Lötfläche, desto fester die Verbindung.

Das Umgehen mit einem Lötkolben muß sehr vorsichtig und umsichtig geschehen. Nach dem Lötvorgang sind Flußmittelreste zu entfernen. Der an der Kolbenspitze verbleibende Lötzinnrest ist abzustreifen. Hierzu verwendet man einen angefeuchteten Schwamm. Beim Lötvorgang soll es zu keiner Nasenbildung durch übermäßige Lotverwendung kommen; das Lot soll möglichst flach verlaufen (Abb. 2.7). Außerdem ist auf die benachbarten Drähte, Lötflächen und Bauteile zu achten; u. U. müssen sie durch Abdecken geschützt werden; herabfallendes Lötzinn kann durch Berührungen und Kurzschlußbildung zu schwerwiegenden Störungen führen.

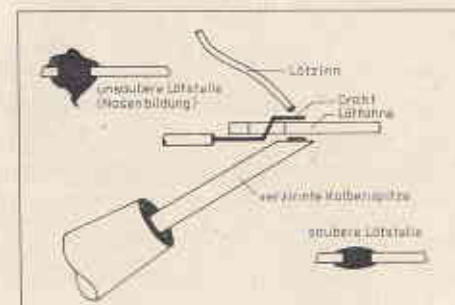


Abb. 2.7 — Lötvorgang

2.2.4. Löten an gedruckten Schaltungen

Die **gedruckte Schaltung** ist eine Verdrahtungstechnik, bei der nicht mit einzelnen Drähten oder mit Formkabeln verdrahtet wird, sondern alle Leitungsverbindungen zwischen den Bauteilen einer bestimmten Schaltung automatisch hergestellt werden (Abb. 2.8). Mit dem Begriff „gedruckte Schaltung“ bezeichnet man alle Leitungszüge und sämtliche Bauelemente der Schaltung. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Bauelemente mit der Leitungsführung direkt zusammengebracht oder später manuell nachgebaut werden.

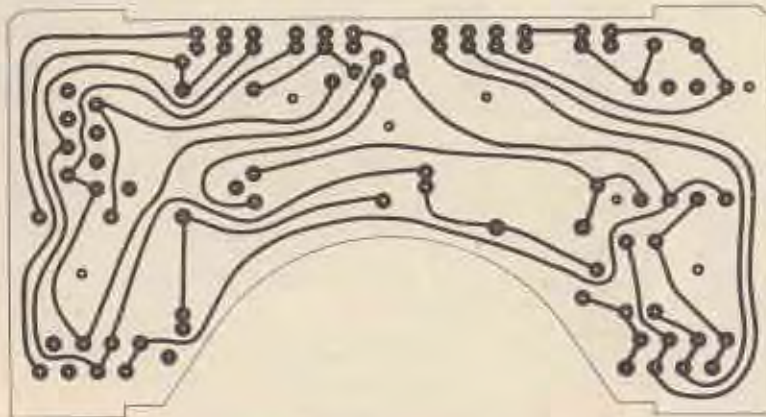


Abb. 2.8 — Gedruckte Schaltung: Leiterplatte
(FeAp 61)

Zur Anfertigung von gedruckten Verdrahtungen werden folgende Techniken verwandt:

- a) **Metallspritzmethode:** Flüssiges Metall wird entsprechend der zukünftigen Leitungsführung auf die isolierende Grundplatte gespritzt.
- b) **Stanztechnik:** Die Leitungszüge werden aus Metallfolien gestanzt und mit der Leiterplatte verbunden.
- c) **Galvanische Technik:** Die Leitermetalle werden galvanisch auf die entsprechend der Leitungsführung vorbereiteten Teile der Leiterplatte niedergeschlagen.
- d) **Ätzmethode:** Das Leitermuster wird aus einer dünnen Metallfolie, die auf die Leiterplatte aufgebracht ist, herausgeätzt.

Von den vorstehenden Verfahren werden in der Industrie besonders die galvanische Technik und die Ätzmethode angewendet.

Bei der **industriellen Fertigung** von gedruckten Schaltungen werden sämtliche, in einer Ebene liegenden Lötstellen in einem gemeinsamen Arbeitsvorgang durch Tauchlötung hergestellt. Die mit den Bauelementen bestückte Leiterplatte wird zunächst in ein Flußmittelbad und danach in das eigentliche Lötbad getaucht.

Bei **manuellen Lötarbeiten** an Leiterplatten müssen die Lötstellen auf der Platte und die Anschlüsse der Bauelemente zunächst verzinnt werden. Dann sind mit möglichst kurzen Lötzeiten (3 . . . 5 s) die Lötstellen mit einem flußmittelhaltigen Lötzin (Kolophoniumzin) herzustellen. Es besteht auch die Möglichkeit, die gesamte Leitungsführung der gedruckten Verdrahtung zu verzinnen (durch Tauchverfahren), was den späteren Lötvorgang wesentlich vereinfacht.

Der Ersatz für die einzelnen Drähte einer herkömmlichen Verdrahtung ist die **gedruckte Verdrahtung** (Abb. 2.9), bei der alle benötigten Leitungszüge durch besondere Techniken auf eine Isolierstoffplatte aufgebracht werden und mit dieser innig verbunden sind.

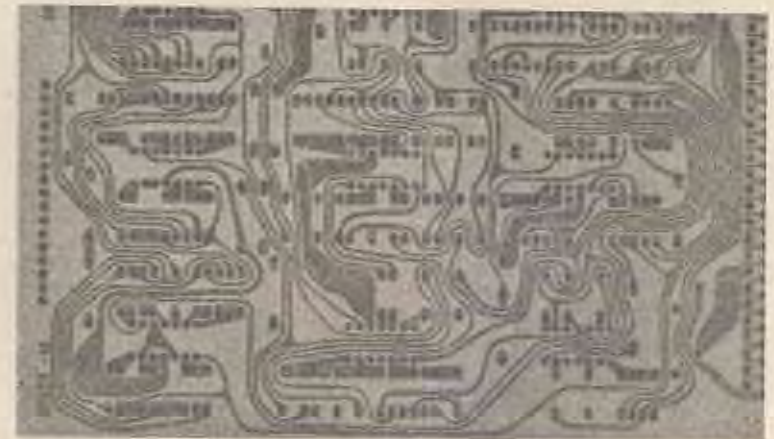


Abb. 2.9 — Gedruckte Verdrahtung
(Werkbild der Firma Kolbe)

2.2.5. Löten an Elektrolytkondensatoren

Die Lötflächen von Elektrolytkondensatoren dürfen beim Löten nicht zu stark erhitzt werden. Durch zu starkes Erhitzen der Lötflächen dringt nämlich die Vergußmasse des Kondensators nach außen. Nach dem Erkalten tritt sie nicht mehr in den beim Löten entstandenen Hohlraum zurück. Durch Überhitzung beim Anlöten wird der Durchschlag eines Elektrolytkondensators begünstigt, was durch vorsichtiges Löten vermieden werden muß.

2.2.6. Löten an Halbleiterbauelementen

Bei Lötarbeiten an temperaturempfindlichen Halbleiterbauelementen (Dioden, Transistoren usw.) sind hohe Temperaturen zu vermeiden, weil sie zu einer Veränderung bzw. Zerstörung des Bauelements führen.

Die Grenztemperaturen, die nicht überschritten werden sollten, liegen bei Siliziumbauelementen zwischen $+50^{\circ}$ und $+90^{\circ}\text{C}$; bei Germaniumbauelementen betragen die entsprechenden Werte $+120^{\circ}$ und $+200^{\circ}\text{C}$. Halbleiterbauelemente sind deshalb auch nicht in der unmittelbaren Nähe von wärmeabgebenden Bauelementen, wie z. B. Elektronenröhren, einzubauen. Beim Anschließen der Bauelemente sollen die Anschlußdrähte nicht unter 10 bis 20 mm gekürzt werden. Während des Lötvorgangs ist für eine sinnvolle **Wärmeableitung** zu sorgen; zur Wärmeableitung legt man deshalb einen Wärmeableiter (Wärmehunt) zwischen Lötstelle und Bauelement. Ein solcher Wärmeableiter kann ein geschlitzter Kupferblock sein, der mit seinem Schlitz über den Anschlußdraht geklemmt wird. Hierdurch wird die beim Löten entstehende Wärme an die Umgebung der Lötstelle abgeleitet und das Bauteil ist gegen Zerstörung durch Überhitzung geschützt. Es genügt in der allgemeinen Lötpraxis aber auch eine Flachzange, die als Wärmeableiter mit dem Anschlußdraht in Berührung gebracht wird.

Damit die Lötzeit verkürzt wird, ist mit gut geheiztem und gut verzinntem LötKolben zu arbeiten. Als Lot empfiehlt sich ein niedrigschmelzender Lötendraht (z. B. Flutrin-Lötendraht Typ P mit 60% Zinn und Kolophonlumzelle). Weitere Einzelheiten über Montage und Anschluß von Halbleiterbauelementen sind den Datenblättern der jeweiligen Herstellerfirma zu entnehmen.

2.3. Schraubverbindungen

2.3.1. Schraubverbindungen ohne Kabelschuhe

Bei dieser Verbindungsart wird der abisolierte Leiter unter die Schraube einer Schraubleiste eingelegt und durch Festschrauben der Schraube eine **Verbindung** hergestellt, die bei Bedarf leicht wieder gelöst werden kann. Dabei ist zu beachten, daß der Leiter links neben den Schraubenschaft so angelegt wird, daß der blanke Teil des Drahts durch die Rechtsdrehung des Festschraubens voll unter den Schraubenschaft gezogen wird und somit eine sichere Verbindung gewährleistet ist. Bei vielen Schraubleisten ist zusätzlich eine Unterlegscheibe auf den Schraubenschaft gesteckt, damit der Leiter durch mehrmaliges Fest- und Losschrauben nicht beschädigt wird.

Bei **Schraub-Schraub-Leisten** haben die Schrauben ihr Gegengewinde in einer Grundplatte, die auch als Gegendrucklage für die Schraubverbindung dient. Diese Grundplatte hat bei einer Schraubleiste auch das Gegengewinde für das zweite Schraubverbindungselement (vgl. hierzu Abb. 2.10 unter d). Bei **Schraub-Löt-Leisten** ist die Grundplatte für die Schraubverbindung auf der zweiten Anschlußseite als Lötfläche ausgebildet (vgl. Abb. 2.10 unter a und c).



Abb. 2.10 — Schraubleisten und kombinierte Löt- und Schraubleisten

2.3.2. Schraubverbindungen mit Kabelschuhen

Kabelschuhe dienen zum Anschließen von Drähten an Schraubleisten. Sie ermöglichen ein schnelles Ab- und Anlegen der Verbindungsdrähte. Besonders die Drähte von **Anschlußschnüren** (mit Litzenleitern) werden vielfach mit Kabelschuhen ausgerüstet.

Abb. 2.11 zeigt einige Kabelschuhformen, die sich durch die Lage des Anschlußschaffes (a, b), durch die Ösenform (d, e) und durch die Anschlußschäfte (f, g) voneinander unterscheiden.

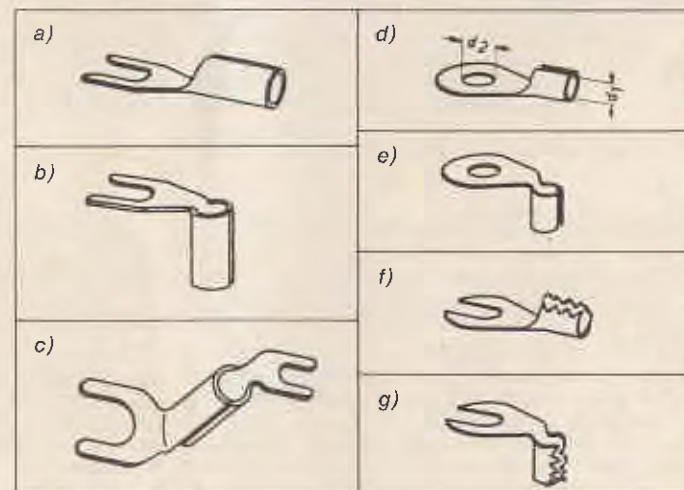


Abb. 2.11 — Kabelschuhe

2.3.2.1. Montage der Kabelschuhe

Der abisolierte blanke Draht wird in den Schaft des Kabelschuhs gesteckt. Die Isolierung des Drahts endet dabei unmittelbar am Schaftende. Mit einer Zange wird dann der Schaft des Kabelschuhs so fest um den Draht gedrückt, daß er sich nicht mehr herausziehen läßt. Bei den gezahnten Kabelschäften sollen die Zähne beim Zusammendrücken sauber ineinandergreifen.

Die Anschlußtechnik mit Kabelschuhen bezeichnet man als **Crimp-Verbindung**. „Crimp“ ist die englische Bezeichnung für alle Anschlußverfahren, die durch Pressen, Andrücken und Anschlagen ausgeführt werden. Wichtig für eine gute Kabelschuhverbindung ist die Schaftform des Kabelschuhs und der Preßdruck beim Schließen des Schaftes.

2.4. Wickelverbindung

Die **Wickelverbindung** ist ein lötfreies, nicht trennbares Drahtanschlußverfahren, bei dem der abisolierte blanke Draht unter einer bestimmten Zugspannung mit sieben Windungen um ein scharfkantiges Anschlußelement in Stiftform gewickelt wird. Durch die Zugspannung beim Wickelvorgang wird der Draht durch die scharfen Kanten des Anschlußstiftes eingekerbt und an den Stift festgelegt, so daß eine elektrisch gut leitende Verbindung entsteht. Die Wickelverbindung wird auch als „wire-wrap“-Verbindung bezeichnet.



Wickelt man außer den Blankdrahtwindungen auch noch eine Windung des isolierten Drahts mit um den Stift, dann erreicht man eine zusätzliche Verbesserung der Rüttelfestigkeit der Drahtverbindung. Damit die benötigte Zugspannung beim Wickeln erreicht wird und gleichmäßig erhalten bleibt, wird die wire-wrap-Wickelverbindung mit **Wickelpistolen** ausgeführt. Wird eine Wickelverbindung gelöst, dann wird dabei der Verbindungsdraht beschädigt bzw. zerstört.

Abb. 2.12 — Wickelverbindung

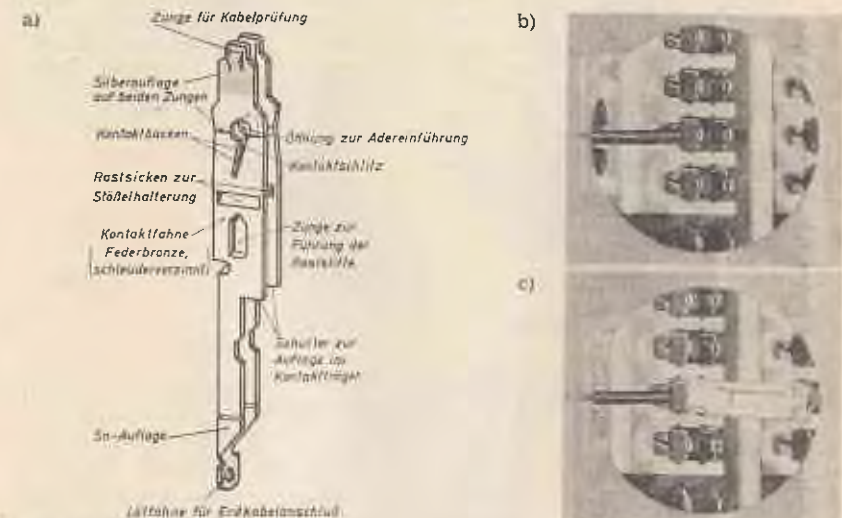
2.5. Klammerverbindung

Die **Klammerverbindung** ist ein lötfreies, nicht trennbares Verbindungsverfahren, bei dem Drähte und Litzen miteinander verbunden werden können.

Der Draht wird im ersten Arbeitsgang abisoliert und dann zusammen mit einer Klammer mit einer Pistole bei einer Schubkraft von 150 N (etwa 15 kp) auf einen Dorn aufgeschossen. Es können bis zu zwei Drähte auf einem Dorn befestigt werden. Die mechanisch und elektrisch einwandfreie und dauerhafte Verbindung wird über den Preßsitz der Klammer erzielt. Zum Lösen der Verbindung wird die Klammer mit einem einfachen Werkzeug abgezogen; hierbei wird die Klammer unbrauchbar. Die Klammerverbindung wird auch als „termi-point“-Verbindung bezeichnet.

2.6. Trennbare, lötfreie Verbindung

Unter einer **trennbaren, lötfreien Verbindung** versteht man eine Verbindungstechnik, die wie eine Steckverbindung gelöst und wieder neu verbunden werden kann, ohne daß dabei die Verbindungselemente unbrauchbar geworden sind. Hierbei handelt es sich um eine löt-, schraub- und abisolierfreie Drahtanschlußtechnik, die abgekürzt als **LSA-Technik** bezeichnet wird.



- a) Anschlußelement
- b) Leitungsdraht wird in die Feder eingeführt
- c) Schließstecker wird aufgesetzt

Abb. 2.13 — LSA-Technik (Prinzip)

Das Anschließen der Schalt- und Installationsdrähte an die LSA-Anschlußelemente ist verhältnismäßig einfach und zeitsparend. Der nicht abisolierte Draht wird von der Seite in die Öffnung zur Adereinführung des Anschlußelements gesteckt. Das Anschlußelement ist ein Doppелеlement und ergibt so bei fertiger Verbindung eine doppelte Kontaktgabe.

Nach dem Einführen des Drahts wird ein Schließstecker aus Kunststoff auf das Anschlußelement aufgesetzt und mit einem Schlägwerkzeug in Form eines Federkörners in das Anschlußelement gedrückt. Dabei schiebt der Schließstecker den eingelegten Draht in den Kontaktschlitz mit den sich verengenden Kontaktbacken. Die Isolierung wird hierbei durchgeschert und die metallene Ader eingekerbt, so daß eine mechanisch und elektrisch einwandfreie Verbindung mit den Kontaktfedern des Kontaktelements entsteht. Jedes Anschlußelement kann zwei Drähte aufnehmen (vgl. hierzu Abb. 2.14). Wird der zweite Draht später eingelegt, so wird der Schließstecker mit einem Ziehwerkzeug,

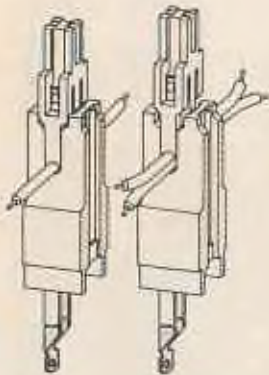


Abb. 2.14 — LSA-Einheiten mit einem und mit zwei eingeleiteten Drähten

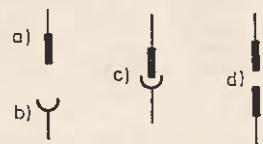
das einer Häkelnadel gleicht, herausgezogen (der erste Installationsdraht bleibt dabei im Kontaktelement) und der zweite Draht wird nach dem gleichen Verfahren wie für den ersten Draht eingelegt.

Sollen die Drähte wieder gelöst werden, dann ist das Ziehwerkzeug nach dem Entfernen des Schließsteckers so zwischen die LSA-Kontaktfedern einzuführen, daß es nach einer Drehung von etwa 90° unter den Draht greift. Der Draht wird dann mit dem Ziehwerkzeug bis in die Höhe der Adernzuführung hochgezogen und kann dann leicht herausgezogen werden. Ein erneutes Einsetzen des Drahts ist allerdings nicht möglich. Der Draht muß zum erneuten Anschließen nachgesetzt werden. Jeder LSA-Kontakt hat eine Meßzunge zum Prüfen der sonst nicht mehr zugänglichen Adernverbindung.

2.7. Steckverbindungen

Eine elektrische Steckverbindung ist eine Vereinigung von elektrischen Steckverbindern. Sie stellt eine oder mehrere Kontaktverbindungen zwischen elektrischen Leitern dar (DIN 41630). Dabei entsteht die elektrische Verbindung durch das Zusammenstecken zweier Kontaktteile. An diesen Kontaktteilen wird beim Vereinigen oder Trennen die Stromführung geschlossen oder geöffnet. Steckverbindungen werden in der Fernmeldetechnik überall dort eingesetzt, wo aus betrieblichen Gründen eine einfach auszuführende Trennung der Verbindung erforderlich ist.

Die „klassische Steckverbindung“ besteht aus **Stöpsel und Klinke**, die im Abschnitt 7 beschrieben sind. Darüber hinaus sind in der Fernmeldetechnik noch viele andere Steckverbindungsarten eingesetzt. Bei den meisten dieser Steckverbindungsarten ist das **Stift-Buchse-Prinzip** angewendet.



- a) Steckerstift
- b) Steckerbuchse
- c) Steckverbindung
- d) Steck- oder Druckverbinder mit gleichen Steckerteilen

Abb. 2.15 — Schaltzeichen für Steckverbindungen

Bei der Stift-Buchse-Verbindung wird ein als runder oder flacher Stift geformter Kontaktteil in eine als Gegenstück genau passende Buchse eingeführt. Der Buchsenkontakt besteht vielfach aus geschlitztem Material mit großer Elastizität, um Doppelkontaktstellen mit hoher Kontaktgüte zu gewährleisten. Der zusätzliche Federdruck des Buchsenkontakts sichert dabei die gute Kontaktgabe. Vielfach haben Steckverbinderkombinationen noch eine zusätzliche mechanische Verriegelung, die ein unbeabsichtigtes Herausziehen des Steckers verhindert. Die Abb. 2.16 und 2.17 zeigen zwei bei der DBP häufig verwendete Steckverbindungsarten.



Abb. 2.16 — Messerteile und Federleiste
(Werkbild der Firma T. u. N.)

Das Steckverbinderpaar **Messerteile und Federleiste** (vgl. hierzu Abb. 2.16) besteht aus Kunststoffgrundelementen, in die als Kontaktteile flache Stifte (Messerkontakte) und als Gegenkontakt Federbuchsen eingesetzt sind. Die Rückseiten dieser Kontaktteile sind zum Anschluß der Drähte als Lötflanschen ausgebildet. Messerteilen und Federleisten gibt es in unterschiedlichen Größen mit bis zu 30 Verbindungen.

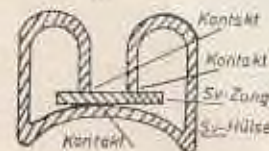


Abb. 2.17 — Steckverbinder

Steckverbinder (Abb. 2.17) dienen z. B. zur Verbindung der Baugruppen des FeAp 61 und zur Anschaltung von Handapparat und Anschlußsnur. Diese Steckverbinder (Sv) bestehen aus Steckverbinderzungen (Sv-Zange) und Steckverbinderhülsen (Sv-Hülse). Die Sv ergeben mit ihren drei Kontaktstellen eine gute Kontaktgabe, die durch einen Verbindungsdruck von 5 N (etwa 500 p) noch erhöht wird.

3. Lötösenstreifen, Trennleisten und Schaltstreifen

3.1. Aufgaben, Einsatzmöglichkeiten und Aufbau

In den fernmeldetechnischen Einrichtungen müssen zahlreiche Verbindungen und Übergänge zwischen den einzelnen Baugruppen oder zwischen Kabeln und technischen Schaltgliedern hergestellt werden. Dürfen diese Verbindungen aus schaltungstechnischen Gründen nicht starr verkabelt werden, dann sind in die Verbindungsstellen Verteiler einzusetzen. Die wichtigsten Verteiler sind in den Vermittlungsstellen (VSt) die **Hauptverteiler**, die **Zwischenverteiler** (ZVt) und die **Schaltverteiler** (SchVt); in der Übertragungstechnik werden außer den ZVt auch Kabelendgestelle (KE) verwendet. Je nach der Aufgabe der Verteiler sind für den Abschluß der ankommenden und abgehenden Kabel **Lötösenstreifen**, **Trennleisten** oder/und **Schaltstreifen** vorgesehen.

Der **Hauptverteiler** nimmt an der **senkrechten Seite** die Ortskabel (Ok) aus dem Ortsanschlußnetz und aus dem Ortsverbindungsleitungsnetz der Vermittlungsstelle auf. Die Innenkabel zu den technischen Einrichtungen der Vermittlungsstelle (Vorwähler, Anrufsucher und Übertragungen) enden an der **waagerechten Seite** des HVT. An der senkrechten Seite des HVT sind die Kabeladern der Ortskabel angelötet. Die Bezeichnung „senkrechte Seite“ weist auf die Anbringungsart und Zählweise der Trennleisten und Lötösenstreifen hin. Die internen Verbindungskabel enden an der „waagerechten Seite“ des HVT und werden dort an Schaltstreifen oder Lötösenstreifen angelötet. Die Bezeichnung „waagerechte Seite“ besagt, daß die Schalt- oder Lötösenstreifen dort waagerecht angebracht sind (Zählweise von links nach rechts).

Der **Zwischenverteiler** ist ein Verteiler zwischen den Wahlstufen und technischen Einrichtungen innerhalb der Vermittlungsstellen oder großer Nebenanlagen. Auch zwischen den technischen Einrichtungen der Übertragungs-, Telegrafien- und Datenübertragungstechnik sind ZVt eingefügt. An **Lötösenstreifen** enden die Leitungen von den Eingängen und Ausgängen der einzelnen Schaltglieder oder sonstigen technischen Einrichtungen.

Alle Verteiler sind mit **Lötösenstreifen**, **Trennleisten** oder/und **Schaltstreifen** ausgerüstet. Sie sollen ankommende und abgehende Leitungen an ihren Lötflächen aufnehmen, damit sie mit anderen Verbindungsleitungen weiter verbunden werden können. Die Lötflächen bilden das Verbindungselement zwischen den ankommenden und abgehenden Leitungen. Durch den Aufbau der Streifen und Leisten und die Anordnung der Lötflächen ergibt sich an ihnen jeweils eine **Kabelseite** und eine **Rangierseite**, an die die Rangierdrähte angeschaltet werden. Bei **waagerechter Lage** der Streifen ist die Kabelseite **unten**; **senkrecht** angebrachte Streifen haben die Kabelseite **links**.

Trennleisten können auch Sicherungselemente für abzusichernde Leitungen aufnehmen. An Schaltstreifen können mit Hilfe von Schaltsteckern bestimmte Betriebsumschaltungen (z. B. Anschaltung auf Sonderdienste oder Hinweisschaltungen) ausgeführt werden.

Bei Lötösenstreifen, Trennleisten und Schaltstreifen können von der gelochten Rückwand her die Drähte an die Lötflächen herangeführt werden. Dabei ist darauf zu achten, daß die einzelnen Adern gerade und glatt zur Lötfläche führen. Adernkreuzungen im Bereich der Lötflächen sind zu vermeiden. Die isolierten Schaltadern sollen die Lötflächen nicht berühren, damit die Isolation während des Lötvorgangs nicht abschmilzt. Die abisolierten Drähte werden in die Einkerbungen der Lötflächen gelegt und angelötet (vgl. hierzu auch Abschn. 2.2).

3.2. Lötösenstreifen

Lötösenstreifen sind die einfachsten Kabelabschlußbauteile. Sie bestehen aus doppelseitig belegbaren **Lötösen**, die durch einen Isoliersteg getrennt die Kabel- und die Rangierseite bilden.

Die Anzahl der Lötflächenreihen je Streifen ist unterschiedlich. Es gibt Lötösenstreifen mit 2, 3, 4, 5, 6 oder 8 Lötflächen je Reihe, die entsprechend der Adernbezeichnung von der Rückwand aus gesehen mit a, b, c, d usw. bezeichnet werden. Die Lötösenstreifen werden in senkrechter oder waagerechter Anordnung an die entsprechenden Verteilergestelle geschraubt. Vor den Lötflächenreihen ist auf der Frontseite des Lötösenstreifens ein Bezeichnungstreifen in eine Halteschiene geschoben. Man unterscheidet Lötösenstreifen mit einseitig und doppelseitig gelochter Rückwand.



Abb. 3.1 — Lötösenstreifen (mit doppelseitig gelochter Rückwand)

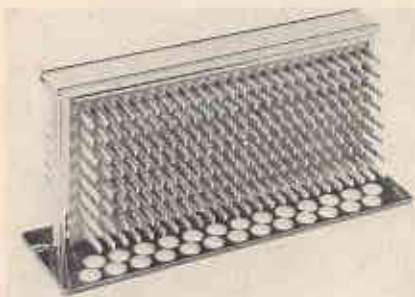


Abb. 3.2 — Lötösenstreifen (mit einseitig gelochter Rückwand)

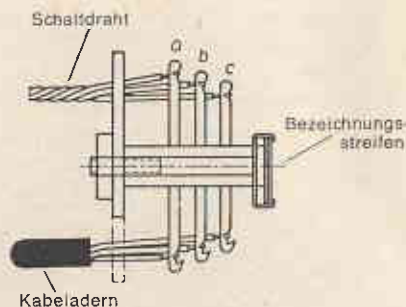


Abb. 3.3 — Lötösenstreifen (Seitenansicht)

3.3. Trennleisten 55

Die **Trennleiste** (Trle) ist ein Kabelabschlußbauteil, das neben der Kabelabschluß- und Rangiermöglichkeit auch eine Trennung der ankommenden von der abgehenden Ader erlaubt, ohne daß Lötverbindungen gelöst werden müssen. Darüber hinaus dient sie auch als Meßpunkt. Sind an den Fernmelde-Ortsleitungen Schutzmaßnahmen gegen Überspannungen durchzuführen, dann sind die gefährdeten Fernmeldestromkreise am HVt an der Trle mit Gasentladungsleitern zu schützen.

Trennleisten werden an der senkrechten Seite des Hauptverteilers eingesetzt. Die an der Kabelseite einer solchen Trennleiste abgeschlossenen Aufteilungskabel sind aus dem Kabelaufteilungsraum herangeführt; sie stellen die Verbindung zu den Kabeln aus dem Anschlußbereich der Vermittlungsstelle und zu den OVk her. Die Anschlußelemente der Trennleisten sind jeweils zu Fünfer-Blöcken zusammengefaßt. Es gibt Trennleisten zu 25 und 50 Doppeladern (DA).

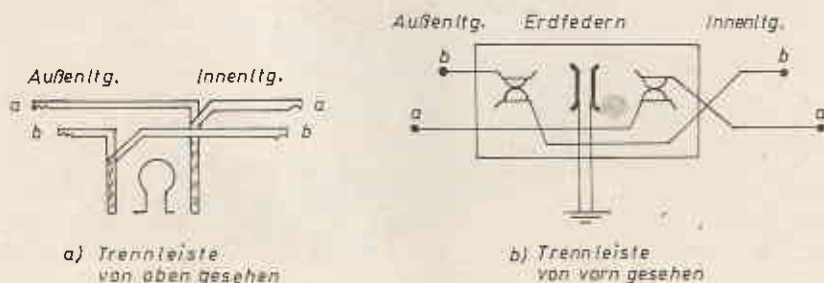


Abb. 3.4 — Prinzipdarstellung einer Trennleiste 55

Die **Trennleisten 55** können durch folgende Zubehörteile ergänzt werden: Überspannungsableiter, Trennstecker, Blindstecker, Prüf-

stecker mit Verbundeinrichtung. Diese Zubehörteile werden bedarfsweise auf die einzelnen Doppeladern (DA) der Trennleisten aufgesteckt.

Der **Überspannungsableiter** (ÜsAg) wird verwendet, wenn wegen einer Gefährdung der Leitungen durch Überspannung ein besonderer Schutz erforderlich ist (z. B. für Kabel, die im Bereich von Wechselstrombahnen oder Leitungen, die durch Blitzeinschlag besonders gefährdet sind).

Die als Überspannungsschutz verwendeten Gasentladungsableiter werden in einen Kunststoffhalter gesteckt. Dies stellt den auf die Trennleiste aufsteckbaren Überspannungsschutz dar (Abb. 3.5).

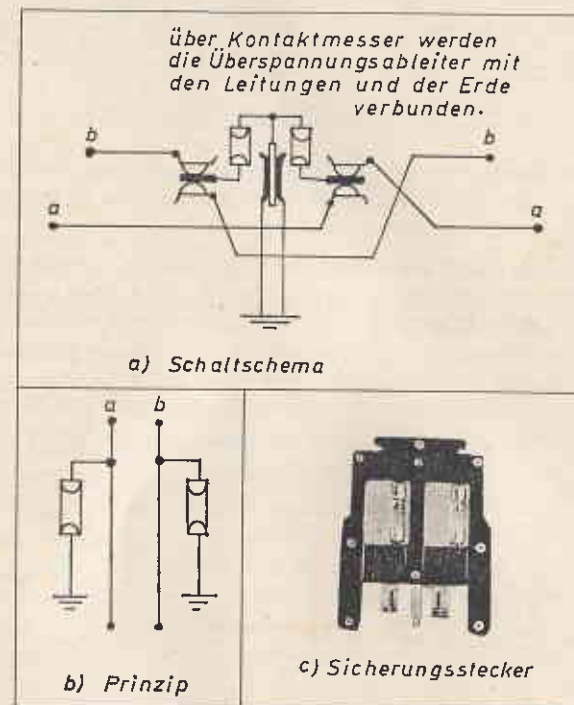


Abb. 3.5 — Trennleiste mit Überspannungsschutz

Der **Trennstecker** (Abb. 3.6) dient zum Trennen (Isolieren) der ankommenden Leitung von der abgehenden Leitung. Es gibt Trennstecker in kleiner und großer Ausführung.

Kleine Trennstecker bilden die Regelform des Trennsteckers. (Sind diese Trennstecker durch Zubehörteile auf anderen Adern der Trennleiste schwer zugänglich, so ist ein besonderer Steckerzieher zu verwenden.)

Große Trennstecker werden verwendet, wenn auf den benachbarten Leitungen Überspannungsstecker aufgesteckt sind.

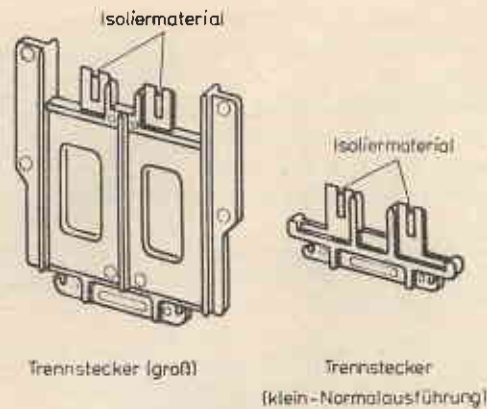


Abb. 3.6 — Trennstecker zur Trennleiste

Farbige Blindstecker werden zur Kennzeichnung besonders wichtiger Leitungen auf die Trennleisten aufgesetzt, um ein unbeabsichtigtes Trennen dieser Leitungen zu vermeiden.

Mit Prüfsteckern mit Verbundeinrichtung können Leitungen auf die Prüftische von Fernsprechartstörungenstellen geschaltet werden. Diese Schaltungen werden an der Trle ausgeführt. Die für eine solche Prüfverbindung benötigte Einheit besteht aus einem Prüfstecker mit Prüfschnur, deren zweites Ende mit einem Verbundstecker abgeschlossen ist. Dieser wird auf den Verbundsockel gesteckt, der am HVt-Gestell befestigt und mit Prüflleitungen zum Prüfplatz beschaltet ist.

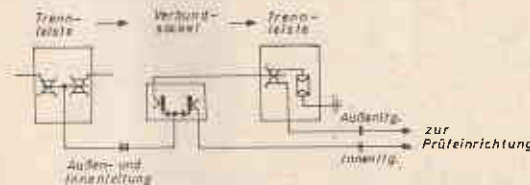


Abb. 3.7 — Prüfverbindung von der Trennleiste über Verbundeinrichtung

In der Abb. 3.8 ist eine Trennleiste 55 mit Zubehör dargestellt.

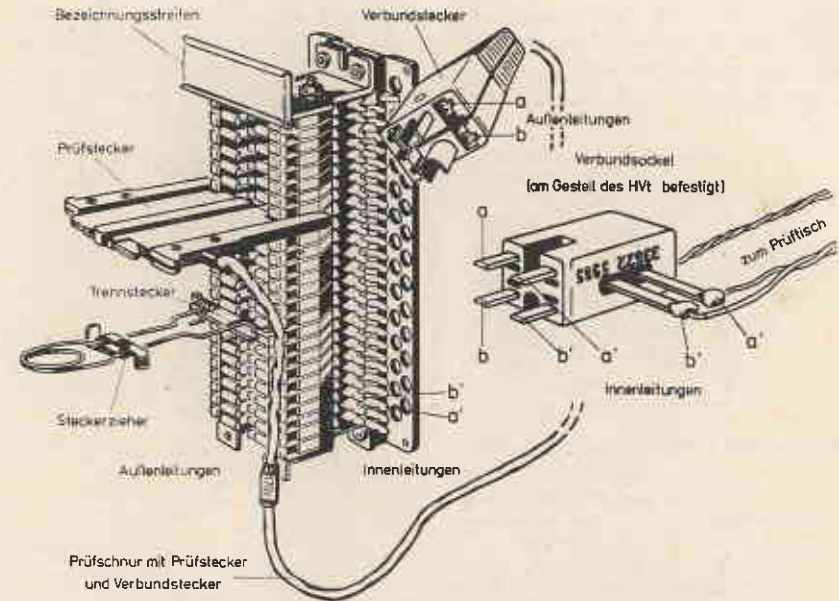


Abb. 3.8 — Trennleiste 55 (Trle 55) zu 25 DA (mit Zubehör)

3.4. Schaltstreifen 55

Die Schaltstreifen sind am Schaltverteiler oder an der waagerechten Seite des HVt eingebaut und bieten die vielfältigsten Schalt- und Betriebsmöglichkeiten. Außer den über Kontakten verbundenen Lötflächen hat jeder Schaltstreifen zusätzliche Seitenbahnen, die über besondere Schaltstecker mit den Lötflächen der Kabel- und Rangierseite verbunden werden können. Über Schaltstecker mit Prüfschnur und Verbundstecker können auch Verbindungen zu den Leitungen auf den Verbundsockeln am HVt-Gestell hergestellt werden.

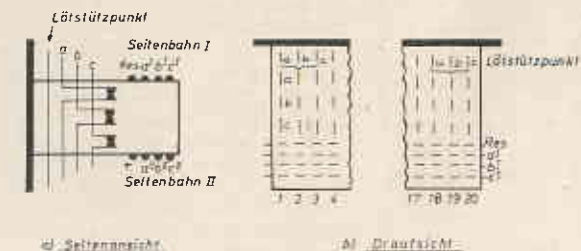


Abb. 3.9 — Schaltstreifen 55 (Prinzipdarstellungen)

Der jeweils **20 Lötflächenreihen** fassende Schaltstreifen (Typenbezeichnung: Schaltstreifen 55) wird in sieben verschiedenen Ausführungen hergestellt. Sie unterscheiden sich durch die Zahl der Seitenbahnen und die Anzahl der Lötflächen je Reihe.

FTZ-Bezeichnung	Firmen-Bezeichnung
S 1	DSb
S 2	CSb
S 3	CS
S 4	BSb
S 5	BS
S 6	CS2bi
S 7	CSI

Erläuterung der Abkürzungen:

- B** = 2 Lötflächenreihen,
C = 3 Lötflächenreihen,
D = 4 Lötflächenreihen,
S = Schaltstreifen
b = 2 Seitenbahnen
2b = 4 Seitenbahnen
i = statt Kontaktleisten Isolierpimpel an den Kontaktfedern

Bezeichnungsbeispiel für Schaltstreifen 55:

Schaltstreifen S 1 (DSb): D = 4 Lötflächenreihen, S = Schaltstreifen, b = 2 Seitenbahnen.

Die Seitenbahnen sind in Längsrichtung vor den Lötflächenreihen liegende, durchgehende Kontaktbänder. Die Anschlüsse dieser Kontaktbänder sind als Lötflächen an den Stirnseiten des Schaltstreifens herausgeführt. Im Regelfall hat ein Schaltstreifen eine Seitenbahn an der Rangierseite (Seitenbahn I) und eine an der Kabelseite (Seitenbahn II). Bei den 2b-Schaltstreifen (4 Seitenbahnen) sind die Kontaktbänder der Seitenbahnen SI und SII in der Mitte unterbrochen, deshalb hat jede Schaltstreifenhälfte zwei Seitenbahnen. Diese Seitenbahnen ermöglichen Hinweisdienst- und Sonderdienstschaltungen (z. B. Sperre mit oder ohne Hinweisansage, Schalten auf Fernsprechauftragsdienst usw.), die auf Wunsch des Teilnehmers, aus betrieblichen oder gebührenrechtlichen Gründen durchgeführt werden müssen. Das verbindende Schaltungsteil für diese Betriebsumschaltungen ist der **Schaltstecker** (Abb. 3.10), der eine Verbindung der Seitenbahnen des Schaltstreifens mit den Lötflächenkontakten herstellt.

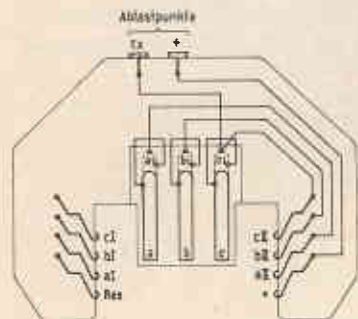


Abb. 3.10 — Schaltstecker 55

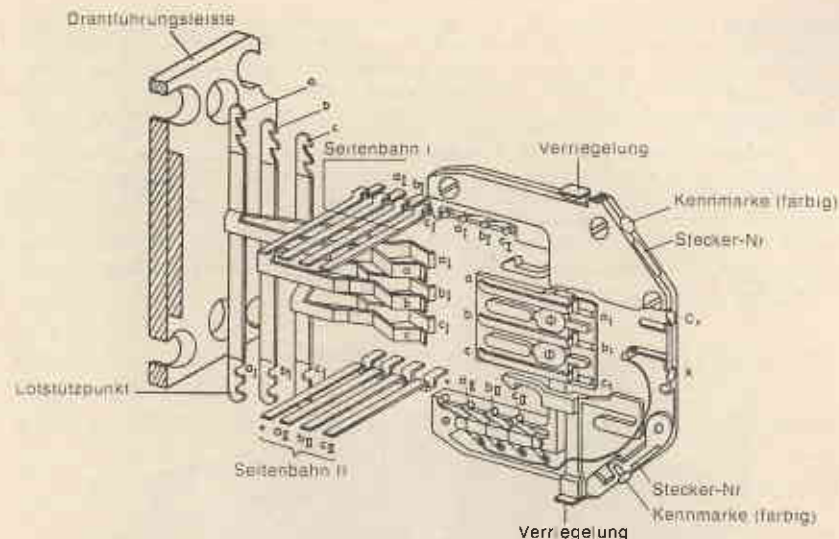
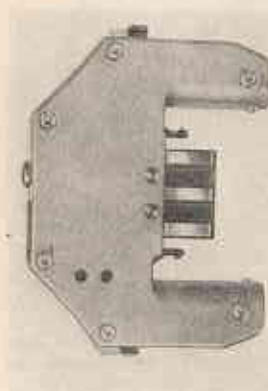


Abb. 3.11 — Schaltstreifen- und Schaltsteckergrundelemente

Über die Innenverdrahtung des Schaltsteckers werden die 2×4 Kontaktfedern der Steckerschenkel mit den 3×3 Kontaktfedern des Mittelstücks verbunden. Beim Aufsetzen des Schaltsteckers auf eine Leitung des Schaltstreifens wird dann eine Verbindung von den Kontaktpunkten der Seitenbahn zu den Kontakten der Lötflächen hergestellt (vgl. Abb. 3.11). Unterschiedliche Verdrahtungen innerhalb der Schaltstecker ergeben viele verschiedene Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Seitenbahnen und den Lötflächen der Schaltstreifen. Die Schaltstecker sind entsprechend ihrem Verwendungszweck und der sich daraus ergebenden unterschiedlichen Verdrahtung mit dreistelligen Zahlen numeriert (z. B. Schaltstecker Nr. 601: Sperre mit Hinweisansage oder Schaltstecker Nr. 615 [vgl. Abb. 3.12]).



Schaltstecker Nr. 615

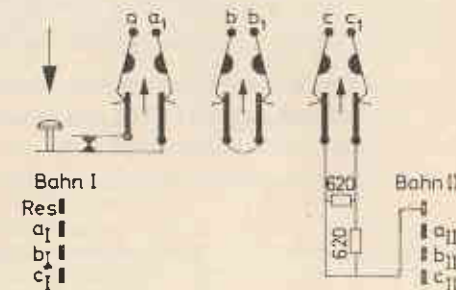


Abb. 3.12 — Schaltstecker Nr. 615

Die Punkte e_2 und x (Abb. 3.11) auf dem Schaltstecker sind sogenannte Abtastpunkte; sie werden für Prüfzwecke benutzt, wenn die Leitung auf dem Schaltstreifen durch den aufgesteckten Schaltstecker für einen aufsteckbaren Prüfhörer nicht mehr zugänglich ist. Der aufgesteckte Schaltstecker darf zum Prüfen nicht abgenommen werden.

Mit **Trennsteckern** können die Kontakte aufgetrennt werden, mit denen die Lötflächen beider Leitungen verbunden sind. Der nicht über Kontakte geführte Lötstützpunkt (vgl. hierzu Abb. 3.9) der Schaltstreifen ist für weitere Umschaltungen vorgesehen. Betriebsumschaltungen werden dann über den Lötstützpunkt geführt, wenn die Schaltung längere Zeit bestehen bleiben muß. Die Seitenbahnen werden dadurch für kurzzeitige Betriebsumschaltungen frei gehalten.



Abb. 3.13 — Schaltstreifen 55

3.5. Trennleisten und Schaltstreifen 71

Im Zusammenhang mit einer neuen Hauptverteiler Ausführung (HVT 71) sind neue Anschalteinheiten entwickelt worden, die zur Zeit noch erprobt werden. Es handelt sich dabei um folgende Bauteile:

- a) **Trennleiste 71** (senkrechte Seite des HVT),
- b) **Anschlußstreifen 71** (waagerechte Seite des HVT bei EWSO 1- und EDS-R-VSt) und
- c) **Schaltstreifen 71** (waagerechte Seite des HVT bei EMD-VSt).

Zusätzlich zu diesen größeren Anschalteinheiten (Schaltstreifen 71: 200 Teilnehmerleitungen und 52 Sonderdienstschaltungen) werden moderne Anschlußtechniken eingesetzt, bei denen die Drähte löt-, schraub- und abisoliertfrei angelegt werden. Diese Technik hat dann die Bezeichnung LSAI (vgl. hierzu Abschn. 2.6).

4. Bauelemente

4.1. Erläuterung der Begriffe „Bauelement“ und „Bauteil“

Die für die Fernmeldetechnik wichtigsten **Bauelemente** sind Widerstände, Spulen, Kondensatoren und Halbleiterbauelemente (Dioden, Transistoren usw.¹⁾. Sie haben die Eigenschaft, die elektrischen Werte in Fernmeldestromkreisen zu beeinflussen. Diese Beeinflussungen können erwünscht, z. B. Nachrichtenübertragung, oder unerwünscht sein, z. B. Nebensprechen.

Mit **Bauteil** werden einzelne technische Baueinheiten bezeichnet, die in den technischen Einrichtungen und Apparaten

- a) **schaltungstechnische Funktionen** ausüben (Schalter, Tasten, Relais, Wähler),
- b) der **optischen oder akustischen Anzeige** dienen (Lampen, Schauzeichen bzw. Wecker, Schnarren) oder
- c) **Sicherheitsfunktionen** übernehmen (Sicherungen und Schutzschalter).

Bauteile und Bauelemente werden in Fernmeldeanlagen zu **Baugruppen** bzw. **Baueinheiten** zusammengesetzt. Die Zusammenschaltung der einzelnen Teile zu funktionsfähigen Geräten ist Aufgabe der **Schaltungstechnik**. Weitere Aufgaben der Schaltungstechnik sind die betriebliche Durchführung von Funktionsabläufen in Fernmeldeanlagen sowie ihre zeichnerische Darstellung in Schaltplänen.

4.2. Widerstände

4.2.1. Widerstandsarten und Schaltzeichen

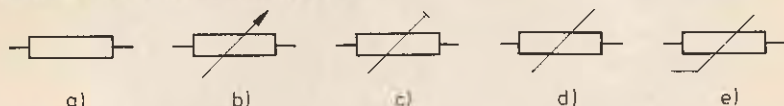
Alle Bauelemente, die die Strom- und Spannungswerte in Stromkreisen beeinflussen, heißen **Widerstand**. Widerstände, in denen elektrische Leistung in Wärme umgewandelt wird, nennt man ohmsche Widerstände. Hierbei hat das Wort „Widerstand“ eine doppelte Bedeutung. Einmal wird damit das Bauelement „Widerstand“ im Sinne des **Widerstandskörpers** bezeichnet, zum anderen bezeichnet man damit den **Widerstandswert** dieses Bauelements und meint damit die Größe der Auswirkungen, die der Widerstand auf die Strom- und Spannungsverhältnisse im Stromkreis ausübt.

¹ Die Halbleiterbauelemente und ihre Anwendung werden in dem Sonderband „Grundlagen der Elektronik“ erläutert, der beim Institut zur Entwicklung moderner Unterrichtsmedien e. V., 28 Bremen 1, Bahnhofstraße 10 bestellt werden kann.

Elektrische Widerstände, die in Gleich- und Wechselstromkreisen die gleichen Wirkungen ausüben, heißen **Wirkwiderstände** oder **Gleichstromwiderstände**. Es sind dies z. B. alle Drahtwiderstände, Glühlampen, Heizgeräte usw. Elektrische Widerstände, die in Gleich- und Wechselstromkreisen verschieden große Wirkungen ausüben, heißen **Wechselstromwiderstände**. Dies sind die Spulen, die außer dem Wirkwiderstand einen induktiven Blindwiderstand haben, und die Kondensatoren, die außer ihrem Isolationswiderstand einen kapazitiven Blindwiderstand aufweisen (vgl. hierzu auch Band 3 dieser Handbuchreihe). In diesem Band soll lediglich der Wirkwiderstand behandelt werden.

Inwieweit ohmsche Widerstände aufgrund ihrer Bauform auch als Induktivität und als Kapazität, d. h. frequenzabhängig mit Blindwiderstandswerten, in Wechselstromkreisen wirksam werden, soll hier zunächst unberücksichtigt bleiben.

Für die zeichnerische Darstellung von elektrischen Widerständen werden die nachfolgenden **Schaltzeichen** benutzt:



- a) Widerstand, allgemein
b) veränderbarer Widerstand
c) einstellbarer Widerstand
d) linear veränderlicher Widerstand
e) nichtlinear veränderlicher Widerstand

Abb. 4.1 — Schaltzeichen für Widerstände nach DIN 40 700

Unter einem **veränderbaren Widerstand** versteht man Widerstände, deren Werte von Hand verändert werden können, z. B. Regelwiderstände. Ein **einstellbarer Widerstand** läßt sich von Hand in seinem Widerstandswert fest einstellen, z. B. Trimmwiderstände. Unter einem **veränderlichen Widerstand** versteht man Widerstände, deren Widerstandswert durch den Einfluß einer physikalischen Größe (Temperatur, Licht usw.) verändert werden, z. B. Heißleiter, Fotowiderstände usw. Von diesen Widerständen ist der Widerstandswert **stromrichtungsunabhängig**.

4.2.2. Physikalische Wirkungen der Widerstände

Die Größe des Widerstandswerts eines Widerstands ist von dem verwendeten Widerstandswerkstoff, seiner Bauart (Drahtlänge, -querschnitt) und von der Temperatur abhängig. Die elektrische Eigenschaft von Widerstandswerkstoffen wird durch den spezifischen Widerstand angegeben:

Der spezifische Widerstand gibt den Widerstandswert eines Leiters an von 1 m Länge, 1 mm² Querschnitt bei 20 °C.

Aus fertigungstechnischen Gründen ist in der Massenherstellung der gewünschte Widerstandswert nicht ganz genau erreichbar und für die normalen schaltungstechnischen Belange auch nicht notwendig. Deshalb gibt man die jeweils vorliegenden **Toleranzen** mit dem Widerstandswert zusammen an: ±20%;

±10%; ±5%; ±2%; ±1%; ±0,5%. Die beiden letztgenannten Toleranzen kennzeichnen den Bereich der möglichst genau herzustellenden Meßwiderstände.

Tabelle 4.1: Widerstandsverhalten verschiedener Materialien

Leiterwerkstoff	Spezifischer Widerstand ρ $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Leitfähigkeit κ $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$	Temperaturbeiwert α $\frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 10^{-3}$
Silber	0,016	62,5	3,8
Kupfer	0,01786	56	3,93
Bronze	0,018 ... 0,056	55 ... 18	4,0
Gold	0,023	44	4,0
Aluminium	0,02857	35	3,77
Messing	0,07 ... 0,09	14 ... 11	1,5
Nickel	0,08 ... 0,11	13 ... 9	3,7 ... 6
Eisen	0,10 ... 0,15	10 ... 7	4,5 ... 6
Platin	0,11 ... 0,14	9 ... 7	2 ... 3
Blei	0,21	4,8	4,2
Neusilber	0,30	3,3	0,25
Nickelin	0,43	2,3	0,23
Quecksilber	0,96	1,04	0,92
Chromnickel	1,1	0,91	0,1
Wismut	1,2	0,83	4,2

Zur Widerstandsberechnung dient folgende Formel:

$$\text{Leiterwiderstand}/\Omega = \frac{\text{Leiterlänge}/\text{m} \cdot \text{spez. Widerstand}/\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}}{\text{Leiterquerschnitt}/\text{mm}^2}$$

$$R = \frac{l \cdot \rho}{A} \quad \Omega \quad \text{oder} \quad R = \frac{l}{\kappa \cdot A} \quad \Omega$$

Die mit dieser Formel berechneten Widerstandswerte gelten für 20 °C.

Ein Widerstandswert wird also größer, wenn die Drahtlänge größer wird, der Drahtquerschnitt verkleinert wird und der spezifische Widerstand größer wird.

Jeder praktische Stromkreis besteht aus **Verlustwiderständen** und **Nutzwiderständen**. Verlustwiderstände sind z. B. die Leitungswiderstände und die inneren Widerstände von Spannungsquellen. Nutzwiderstände sind die Verbraucherwiderstände, in denen die elektrische Energie in Nutzenergie umgewandelt wird, z. B. in Wärme oder mechanische Arbeit. Damit die Verbraucher auch die richtigen Spannungs-, Strom- und Leistungswerte erhalten, ist es oftmals notwendig, weitere **Zusatzwiderstände** in die Schaltung mit einzufügen.

4.2.3. Temperaturabhängigkeit der Widerstandswerte

Der Widerstandswert eines Widerstands ist auch von der Temperatur des Werkstoffs abhängig. Bei Metallen erhöht sich der Widerstand mit zunehmender Temperatur (je Grad um rund 0,4 %); bei abnehmender

Temperatur sinkt der Widerstandswert. **Metalle** sind deshalb **Kaltleiter**.

Nichtmetalle, wie z. B. Halbleiter und Kohle, die bei Temperaturanstieg ihren Widerstand verringern, werden als **Heißeiter** (Thermistoren) bezeichnet. Diese Heißeitereigenschaft macht man sich bei der Lösung von Schaltungsaufgaben (z. B. lange Relaisansprechzeiten) zunutze.

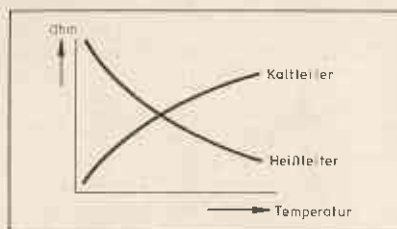


Abb. 4.2 — Kaltleiter- und Heißeiterverhalten in Abhängigkeit von der Temperatur

Der **Widerstandswerkstoff** beim Heißeiter ist vornehmlich **Uranoxid**, das zum Schutz benachbarter Bauteile vor hohen Temperaturen in ein Vakuum eingeschlossen ist. Folgende Daten verdeutlichen das temperaturabhängige Verhalten eines Uranoxid-Heißeiters:

Widerstand bei 20 °C = 5000 Ω,

Widerstand bei 200 °C = 50 Ω.

Die Größe der Widerstandsveränderung bei Temperaturveränderungen wird bei allen Werkstoffen durch den **Temperaturbeiwert** (Temperaturkoeffizient) angegeben.

Der **Temperaturbeiwert** gibt an, um wieviel Ω sich ein Widerstand von 1 Ω bei einer Temperaturveränderung von 1 °C ändert.

Kaltleiter haben einen **positiven** Temperaturkoeffizienten und werden als **PTC-Widerstände** bezeichnet. **Heißeiter** haben einen **negativen** Temperaturkoeffizienten und werden als **NTC-Widerstände** bezeichnet.

Die Temperaturkoeffizienten verschiedener Werkstoffe können der Tabelle 4.1 entnommen werden.

4.2.4. Der Widerstand im Stromkreis

Die Abhängigkeit von Stromstärke — Spannung — Widerstand ergibt sich aus dem **Ohmschen Gesetz**:

$$\text{Widerstand}/\Omega = \frac{\text{Spannung}/\text{V}}{\text{Stromstärke}/\text{A}}$$

$$R = \frac{U}{I} \quad \Omega$$

$$\text{Stromstärke}/\text{A} = \frac{\text{Spannung}/\text{V}}{\text{Widerstand}/\Omega}$$

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{A}$$

Elektrische Widerstände werden für folgende Anwendungsbereiche verwendet:

- Begrenzung der Stromstärke** auf den erforderlichen bzw. erwünschten Wert,
- Schutzwiderstände** als Vorwiderstände zur Verhinderung von Kurzschlüssen,
- Frittwiderstände** zur Verbesserung der Kontaktgabe für die Sprechadern,
- Widerstände in **Funkenlöschschaltungen** zum Schutz von starkbelasteten Kontakten.

Das nachfolgende Schaltungsbeispiel (Abb. 4.3) zeigt einige Anwendungsformen für Widerstände in Fernmeldeanlagen.

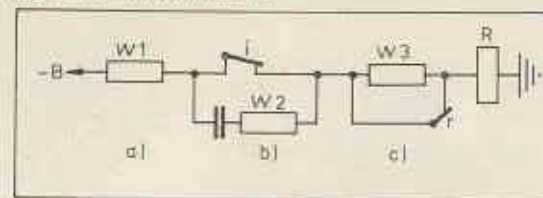


Abb. 4.3 — Widerstände im Stromkreis

Erläuterung:

- Der Widerstand 1 (W1) dient als Schutzwiderstand. Er verhindert einen möglichen Kurzschluß, der z. B. bei Prüfarbeiten am 1-Kontakt entstehen könnte.
- Der Widerstand 2 (W2) erfüllt im Zusammenhang mit dem Kondensator eine Aufgabe als Funkenlöschwiderstand für den Impulskontakt „1“.
- Der durch den Kontakt des Relais (r) eingeschaltete Widerstand 3 (W3) verringert nach Ansprechen des Relais den Stromfluß (der Ansprechstrom des Relais wird auf den niedrigeren Haltestrom umgeschaltet).

4.2.5. Bauformen der Widerstände

Nach der Bauform und dem Widerstandsverhalten werden elektrische Widerstände wie folgt unterschieden:

- Festwiderstände**, deren Widerstandswerte unveränderbar sind,

- b) **veränderbare Widerstände**, deren Widerstandswerte durch die Einstellung eines Abgriffs veränderbar sind und
- c) **veränderliche Widerstände**, deren Widerstandswerte durch den Einfluß physikalischer Größen selbsttätig verändert werden können.

Diese unterschiedliche Widerstandsbezeichnung weist auf die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten der Widerstände hin. Daneben gibt es bei den einzelnen Widerstandsarten noch Unterschiede im Hinblick auf ihre Bauform sowie die Montage- und Anschlußtechnik.

Alle die in diesem Abschnitt behandelten Widerstandsarten sind **stromrichtungsunabhängig**, d. h. ihre Widerstandswerte sind für beide Stromrichtungen gleich groß.

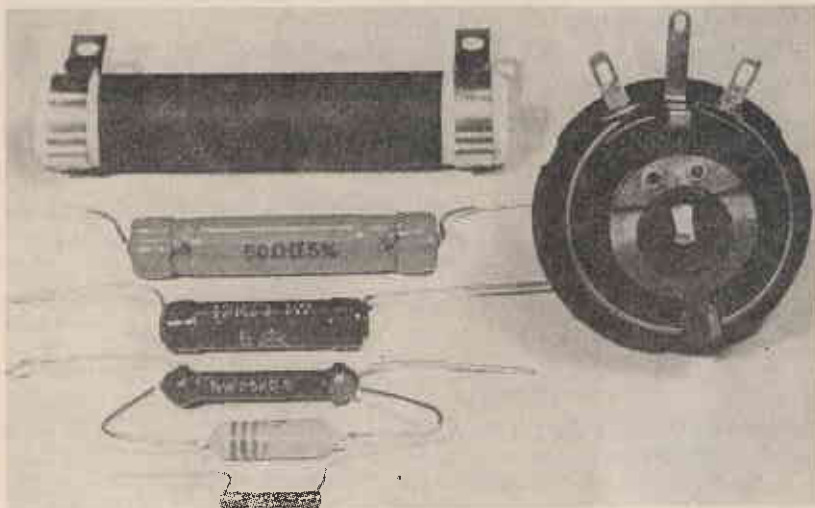


Abb. 4.4 — Bauformen der Widerstände

In der Abb. 4.4 sind die verschiedenen Bauformen der Widerstände dargestellt: Regelbarer Widerstand, Drahtwiderstand sowie Schicht- und Massewiderstände.

4.2.5.1. Festwiderstände

Festwiderstände haben einen festen, unveränderbaren Widerstandswert. Der Widerstandswert der meisten Festwiderstände ist nahezu temperaturunabhängig. Nach ihrer Bauform und den verwendeten Werkstoffen unterscheidet man Draht-, Schicht- und Massewiderstände.

Der leitende Teil eines **Drahtwiderstands** ist ein Widerstandsdraht aus einem der Werkstoffe der nachfolgenden Tabelle 4.2. Die gebräuchlichsten Widerstandswerkstoffe für Drahtwiderstände sind Konstantan, Manganin und bestimmte Silberlegierungen.

Tabelle 4.2: Spezifische Widerstandswerte und Zusammensetzung von Widerstandsmaterialien

Material	Zusammensetzung	spezifischer Widerstand ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
Neusilber	60 % Cu, 22 % Zn, 18 % Ni	0,35
Nickelin	80 % Cu, 15 % Zn, 25 % Sn	0,40
Manganin	86 % Cu, 2 % Ni, 12 % Mn	0,43
Silberlegierung	82 % Ag, 10 % Mn, 8 % Sn	0,44
Resistin		0,475
Konstantan	60 % Cu, 40 % Ni	0,50
Isabellin	84 % Cu, 13 % Mn, 3 % Al	0,50
Novokanstant	82,5 % Cu, 13 % Mn, 4 % Al, 1,5 % Fe	0,50
Rheotan		0,72
CN	20–25 % Cr, 20–22 % Ni, Rest Fe	0,95
SC 30	28–32 % Cr, 2–3 % Si, Rest Fe	0,95
Quecksilber		0,958
CN 30	18–22 % Cr, 28–35 % Ni, Rest Fe	1,04
SC 20	17–20 % Cr, 3–4 % Si, Rest Fe	1,05
CN 80	18–20 % Cr, 76–80 % Ni, Rest Fe	1,09
CN 60	15–20 % Cr, 58–63 % Ni, Rest Fe	1,11
AC 20	18–22 % Cr, 3–4 % Al, Rest Fe	1,20
Wismut		1,20
AC 22	20–24 % Cr, 4,5–5,5 % Al, Rest Fe	1,37
AC 30	28–32 % Cr, 4,5–5,5 % Al, Rest Fe	1,40
Kohle		40
Graphit		50 bis 100
Silit		1000

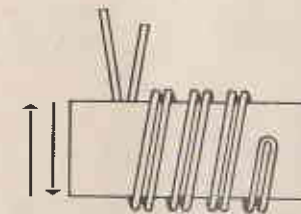


Abb. 4.5 — Biflar gewickelter Widerstand

In den Schaltungen der Fernmeldeanlagen werden solche Drahtwiderstände vielfach als zusätzliche Wicklungen auf den Spulenkörper eines Relais aufgebracht. Um dabei die Induktivität aufzuheben, wird jede Rechtswindung einer solchen Widerstandswicklung durch eine Linkswindung wiederholt. Die magnetischen Felder der Widerstandswicklung sind dann gegeneinander gerichtet und heben sich im Spuleninnern auf. Eine solche Wicklungsausführung nennt man **bifilare Wicklung**.

Schichtwiderstände sind wirtschaftlicher als Drahtwiderstände und werden besonders für hohe Widerstandswerte eingesetzt. Sie bestehen aus einem zylinder- oder röhrenförmigen Keramik- oder Porzellan-körper, auf den in einer dünnen Schicht das Widerstandsmaterial auf-

gespritzt ist. Widerstandswerkstoffe für Schichtwiderstände sind: Kristallkohle oder Kolloidkohle¹, Graphit, Selit und Dispersionsmittel².

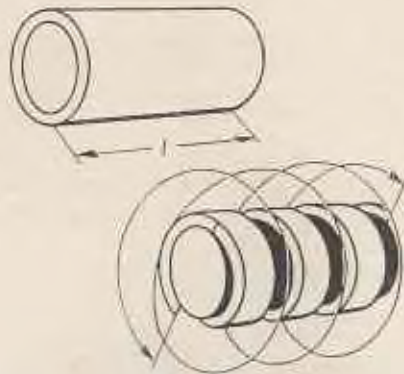


Abb. 4.6 — Schichtwiderstand

(Werkbild der Firma Siemens AG)

Um bei Schichtwiderständen den gewünschten Widerstandswert zu erreichen, kann die Widerstandsschicht durch Einschleifen einer Wendel zu einem schraubenförmigen Band geformt werden. Für den mechanischen Schutz erhält der Schichtwiderstand anschließend eine Lackierung.

Massewiderstände haben keinen besonderen Tragkörper. Hier besteht der gesamte Widerstand aus einem Gemisch von leitenden Widerstandswerkstoffen und nichtleitenden Füllstoffen. Werkstoffe für Massewiderstände sind: Kohlenstoff, Siliziumoxid, Metalloxide und Ferrite. Bei der Herstellung von Massewiderständen werden die Drahtanschlüsse unmittelbar mit eingepreßt.

Da die Massewiderstände verhältnismäßig hohe Toleranzen aufweisen, werden sie heute nur noch wenig verwendet und weitgehend durch Schichtwiderstände ersetzt.

4.2.5.2. Mechanisch regelbare Widerstände

Mechanisch regelbare Widerstände sind veränderbare Widerstände. Sie werden in Draht- oder Schichtbauform ausgeführt und sind durch

einen Regelmechanismus stufenweise oder stetig in ihrem Widerstandswert zu verändern. Der Regelmechanismus besteht bei zylinderförmigen Widerständen aus einem Schieber, der an einer Spindel befestigt ist und den Abgriff an jeder Stelle des Widerstandskörpers ermöglicht. Bei der Kreisform besteht die Regelmöglichkeit aus einem zeigerartigen Abgriff mit Achse und Drehknopf (vgl. hierzu Abb. 4.4). Regelbare Widerstände dieser Bauformen werden auch als **Potentiometer** bezeichnet.

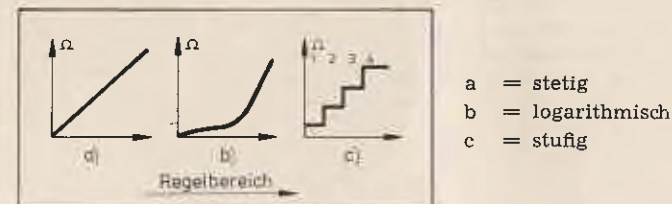


Abb. 4.7 — Widerstandsverlauf regelbarer Widerstände

4.2.5.3. Temperaturabhängige Widerstände

Temperaturabhängige Widerstände sind veränderliche Widerstände, deren Widerstandswerte von der Temperatur des Widerstandskörpers abhängig sind. Ihr Widerstandswert kann durch den Einfluß der Temperatur selbsttätig verändert werden. **Kaltleiter** (PTC-Widerstände) werden für Spannungen von 6 bis 220 V hergestellt. **Heißleiter** (NTC-Widerstände, Thermistoren) werden aus Halbleiterwerkstoffen (z. B. Uranoxid) hergestellt. In der Fernmeldetechnik benutzt man Heißleiter als „Anlaßheißleiter“ in Relaischaltungen, um Anzugs- oder Abfallverzögerungen zu erreichen. Außerdem werden Heißleiter verwendet, um die technischen Einrichtungen vor hohen Einschaltstromstößen zu schützen.

4.2.5.4. Spannungsabhängige Widerstände

Spannungsabhängige Widerstände sind veränderliche Widerstände, deren Widerstandswerte von der Höhe der anliegenden Spannung abhängig sind. Ihr Widerstandswert kann durch die Höhe der angeschalteten Spannung selbsttätig verändert werden. Man nennt die spannungsabhängigen Widerstände auch Varistoren¹.

¹ Varistor = variable resistor = veränderlicher Widerstand

¹ Kolloid (griech.): Stoff in feinsten (kolloidalen) Verteilung; Teilchen mit einer Größe von 10^{-6} bis 10^{-1} cm in einem anderen Medium (Dispersionsmittel).

² Dispersionsmittel: Mittel, das in einer durchgehenden, zusammenhängenden Phase eines kolloidalen Zweistoffsystems den 2. Stoff in äußerst feiner Verteilung aufnimmt und hält.

4.2.5.5. Lichtabhängige Widerstände

Lichtabhängige Widerstände sind veränderliche Widerstände, deren Widerstandswerte von der Beleuchtungsstärke, die auf den Widerstandskörper einwirkt, abhängig sind. Ihr Widerstandswert kann durch den Lichteinfall selbsttätig verändert werden. Die lichtabhängigen Widerstände heißen auch Fotowiderstände.

Lichtabhängige Widerstände bestehen aus Selen oder Cadmiumsulfid bzw. aus einer Legierung beider Werkstoffe.

Die Wirkungsweise von Fotowiderständen beruht darauf, daß bei einigen Halbleitern durch einfallendes Licht gebundene Elektronen frei werden, so daß sich ihre Leitfähigkeit erhöht und der Widerstandswert verringert wird. Die bei Fotowiderständen erreichte Widerstandsänderung kann bis 10^6 Ohm betragen; sie beruht auf dem „inneren Photoeffekt“ (Freiwerden von Elektronen an der Oberfläche von Metallen oder im Inneren von Halbleitern bei Lichteinwirkung).

4.2.6. Widerstandswerte und Kennzeichnung der Widerstände

Die Widerstandswerte werden nach

- Nennwert,
- Istwert und
- Toleranzen (+ oder —) unterschieden.

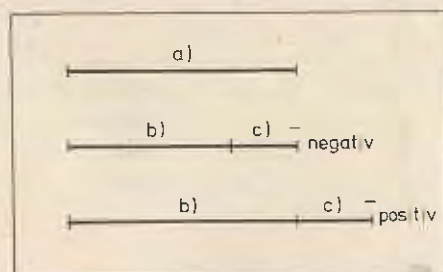


Abb. 4.8 — Widerstandswerte

Beispiel:

Die Toleranzangabe eines Widerstands von $100 \Omega \pm 10\%$ besagt, daß der Istwert von dem Nennwert in den Wertgrenzen von 90Ω bis 110Ω abweichen darf.

Welche Toleranzgrenze für einen einzubauenden Widerstand gewählt wird, hängt von der erforderlichen Genauigkeit der Schaltfunktion ab. Widerstände mit großen Toleranzwerten sind allgemein billiger als Widerstände mit engen Toleranzgrenzen. Genauigkeit und Kostenaufwand sind für die Auswahl von einzubauenden Widerständen ausschlaggebend.

4.2.6.1. Widerstandskennzeichnung

Jeder elektrische Widerstand ist unter anderen mit seinem Nennwert gekennzeichnet. Hierbei sind verschiedene Kennzeichnungsarten gebräuchlich.

Bei der Kennzeichnung durch **Beschriftung des Widerstandskörpers** stehen Widerstandsnennwert, Toleranz und Herstellerfirma auf dem Widerstandskörper. Diese Angaben sind unmittelbar ablesbar, z. B.

— 100-10%/s-SAG —

Die vorstehende Widerstandsbeschriftung bedeutet, daß der Nennwert des Widerstands 100 Ohm beträgt und die Toleranz $\pm 10\%$ des Nennwertes betragen darf. Der tatsächliche Widerstandswert kann also zwischen 90 Ohm und 110 Ohm betragen.

Die meisten elektrischen Widerstände sind heute durch **Farbbringe auf dem Widerstandskörper** gekennzeichnet. Bei diesen Widerständen müssen die Widerstandsnennwerte und die Toleranzen einem Farbschlüssel entnommen werden, der in der nachstehenden Tabelle 4.3 dargestellt ist. Die Widerstandswerte von Widerständen, die mit Farbringen gekennzeichnet sind, sind genormt; sie können der **Internationalen Normreihe** entnommen werden¹.

Außer den Widerstandsnennwerten und den Toleranzen von Widerständen ist auch die **Belastbarkeit des Widerstands** von großer Bedeutung. Widerstände, die größere elektrische Leistungen aufnehmen müssen, müssen größer und stärker gebaut sein als Widerstände, deren Leistungsaufnahme nur gering ist. Für die Auswahl eines einzubauenden Widerstands ist daher nicht nur Widerstandswert, sondern auch die Belastbarkeit in Watt maßgebend. Auch für die Auswahl der Belastbarkeit eines Widerstands ist die Wirtschaftlichkeit der Widerstandsbeschaffung von großer Bedeutung. Widerstände mit einer großen Belastbarkeit sind teurer als Widerstände mit geringerer Belastbarkeit.

Die Belastbarkeit von Widerständen ist nach DIN 41410 wie folgt festgelegt:

0,5 W, 1,0 W, 2,0 W, 4,0 W und 6,0 W.

Die Belastbarkeit in Watt eines Widerstands ist auf dem Widerstandskörper meistens nicht angegeben. Zur Bestimmung der Widerstandsbelastbarkeit dient nur das geübte Auge des Fachmanns, der an der Größe des Widerstandskörpers auch die Belastbarkeit abschätzen kann.

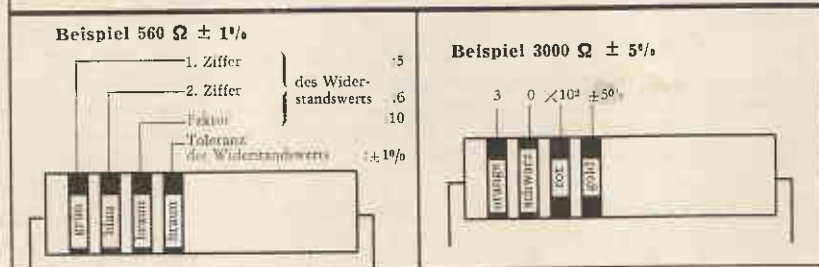
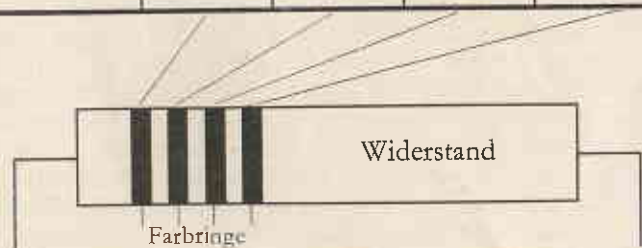
4.2.6.2. Widerstandwicklung auf einem Relais

Für die Kennzeichnung von elektrischen Widerständen, die auf einem Relaiskern aufgewickelt sind, dient der Spulenzettel, aus dem sämt-

¹ Vgl. hierzu den Sonderband „Grundlagen der Elektronik“, der beim Institut zur Entwicklung moderner Unterrichtsmedien e. V., 28 Bremen 1, Bahnhofstraße 10 bestellt werden kann.

Tabelle 4.3: Farbkennzeichnung für Widerstände

Kennfarbe	Widerstandswert in Ω			Toleranz des Widerstandswerts
	1. Ziffer	2. Ziffer	Faktor	
keine	—	—	—	$\pm 20\%$
silber	—	—	10^{-2}	$\pm 10\%$
gold	—	—	10^{-1}	$\pm 5\%$
schwarz	—	0	10^0	—
braun	1	1	10^1	$\pm 1\%$
rot	2	2	10^2	$\pm 2\%$
orange	3	3	10^3	—
gelb	4	4	10^4	—
grün	5	5	10^5	$\pm 0,5\%$
blau	6	6	10^6	—
violett	7	7	10^7	—
grau	8	8	10^8	—
weiß	9	9	10^9	—

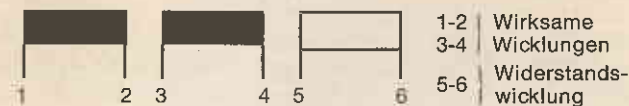


liche technischen Daten der Relaispule entnommen werden können. Nachstehend ist der Spulenzettel einer Relaispule dargestellt und die Bedeutung der Angaben erläutert.

III (56) 15-bif-0,15 WdSS

- III = 3. Wicklung des Relais,
 (56) = Lötflächen 5 und 6 des Relais,
 15 = Widerstandswert in Ohm,
 bif = Wicklungsform,
 0,15 = Drahtstärke,
 WdSS = Widerstandsdraht (Isolierung, doppelt mit Seide).

Werden die Widerstandswerte von elektrischen Widerständen, die sich auf einem Relaiskern befinden, in einer Relaisübersicht gekennzeichnet, dann verwendet man dazu das nachstehende Schaltzeichen. Hieraus sind die Widerstandsanschlüsse ersichtlich; der Widerstandsnennwert muß jedoch dem Spulenzettel entnommen werden.



4.2.7. Wechselstromwiderstände

In Wechselstromkreisen werden außer ohmschen Widerständen auch Wechselstromwiderstände, das sind die Kondensatoren oder Spulen, eingesetzt.

Ihre Widerstandswerte sind vor allem von der Frequenz des Wechselstroms abhängig. Der frequenzabhängige Widerstand von Spulen und Kondensatoren wird Blindwiderstand genannt. Da keine verlustfreien Spulen und Kondensatoren hergestellt werden können, kommt bei diesen Bauelementen noch ein Wirkwiderstandsanteil hinzu, der als Verlustwiderstand bezeichnet wird. Verlustwiderstand und Blindwiderstand ergeben bei Spulen und Kondensatoren den Scheinwiderstand.

Die Wirkwiderstandsanteile werden bei der Spule durch den Drahtwiderstand und beim Kondensator durch den Isolationswiderstand dargestellt. Bei Spulen liegt der Verlustwiderstand mit der Induktivität in Reihe, bei Kondensatoren liegt der Verlustwiderstand parallel zur Kapazität. Die Verlustwiderstandswerte sind unabhängig von der Frequenz. In der Praxis werden die Verlustwiderstände von Spulen und Kondensatoren häufig vernachlässigt.



Abb. 4.9 — Verlustbehaftete Spule

4.10 — Verlustbehafteter Kondensator

Bei Spulen wird der Scheinwiderstand mit zunehmender Frequenz größer; der Scheinwiderstand von Kondensatoren vermindert sich mit steigender Frequenz.

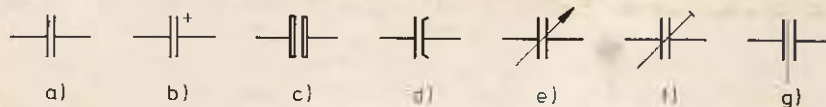
So wie jeder Wechselstromwiderstand bestimmte Wirkwiderstandsanteile besitzt, so hat auch jeder ohmsche Widerstand — wie überhaupt jeder Draht — durch das bei Stromfluß vorhandene magnetische Feld frequenzabhängige Widerstandserscheinungen. Man bezeichnet ein Bauelement jedoch nur dann als **Wechselstromwiderstand**, wenn der frequenzabhängige Blindwiderstandsanteil als ausschlaggebende Wirkung des Bauteils genutzt wird.

4.3. Kondensatoren

4.3.1. Allgemeines

Der Kondensator ist ein Wechselstromwiderstand, der in Wechselstromkreisen einen **frequenzabhängigen Widerstandswert** hat. Mit zunehmender Frequenz wird der Widerstandswert kleiner. Ein Kondensator hat im Gleichstromkreis praktisch einen unendlich großen Widerstand.

In seiner Grundform besteht ein Kondensator aus zwei voneinander isolierten metallischen Leitern (Platten, Beläge), zwischen denen sich ein Dielektrikum befindet. Beim Anlegen einer Spannung entsteht zwischen den beiden Platten ein elektrisches Feld. Ein Kondensator hat die Eigenschaft, elektrische Ladungen aufzunehmen und zu speichern. Die Ladungsfähigkeit eines Kondensators wird als **Kapazität** bezeichnet. Die Einheit für die Kapazität ist das **Farad**.



- a) Kondensator, allgemein
- b) Elektrolytkondensator
- c) umgepolter Elektrolytkondensator
- d) Kondensator mit Kennzeichnung des Außenbelags
- e) Kondensator mit veränderbarer Kapazität
- f) Kondensator mit einstellbarer Kapazität
- g) Kondensator mit Abgriff

Abb. 4.11 — Schaltzeichen für Kondensatoren
(nach DIN 49 700)

4.3.2. Physikalisches Verhalten des Kondensators

Die Wirkungsweise von Kondensatoren beruht auf den Erscheinungen des **elektrischen Feldes**. Zwischen zwei voneinander isolierten Leitern (Platten, Belägen), die verschieden gepolt sind, entsteht ein elektrisches Feld mit entsprechenden Kraftwirkungen. Eine unterschiedliche Polung (+ Pol; — Pol) zwischen den Platten wird durch Anlegen einer Gleichspannung erreicht.

Wird an einen Kondensator eine Gleichspannung geschaltet, dann werden die Elektronen im Dielektrikum so weit verschoben, bis die Kondensatorgegenspannung gleich der angelegten Gleichspannung ist. Der Kondensator lädt sich dabei auf und sperrt den Gleichstrom. Die Größe der aufgenommenen Elektrizitätsmenge ist abhängig von der Höhe der angeschalteten Gleichspannung und der Kapazität des Kondensators.

Da sich die Art des verwendeten Dielektrikums auf die Kapazität des Kondensators auswirkt, hat man für die als Dielektrikum verwendeten Isolierstoffe Vergleichswerte aufgestellt, die als **Dielektrizitätszahl** bezeichnet werden. Bezugswert ist dabei die Luft als Dielektrikum mit der Dielektrizitätszahl von 1.

Tabelle 4.4: Dielektrizitätszahlen

Material	Dielektrizitätszahl
Luft	1
Polystyrol	2 ... 2,8
Hartgummi	3
Quarz	3,8 ... 5
Hartpapier	4 ... 8
Glas	4 ... 8
Phenolharz	5
Glimmer	6 ... 8
Aluminiumoxid	9
Keramik	40 ... 100

Die **Dielektrizitätskonstante** gibt an, auf das Wievielfache sich die Kapazität eines Kondensators vergrößert, wenn anstelle von Luft ein anderes Dielektrikum verwendet wird.



Abb. 4.12 — Kondensator
im Gleichstromkreis

Das elektrische Verhalten eines Kondensators im Gleichstromkreis soll an der Abb. 4.12 verdeutlicht werden.

Schalterstellung 1: Durch die angelegte Spannung U fließt ein Ladestrom bis zur vollständigen Ladung des Kondensators.

Schalterstellung 2: Der Kondensator fließt durch die im Dielektrikum verschobenen Elektronen geladen.

Schalterstellung 3: Der Kondensator entlädt sich über den Widerstand (R). Zu Beginn dieser Entladung ist der Stromfluß groß, da die Kondensatorspannung ihren Höchstwert hat. Während der Entladezeit nimmt der Entladestrom ab und erreicht den Wert Null, wenn der Kondensator entladen ist.

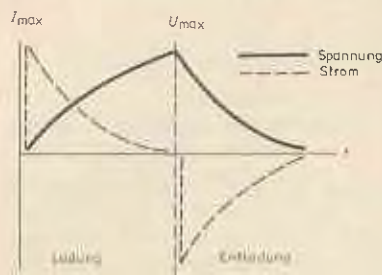


Abb. 4.13 — Strom und Spannung eines

Kondensators im Gleichstromkreis

- c) Dielektrizitätszahl; je größer die Dielektrizitätszahl, desto größer ist die Kapazität.

Das Verhältnis zwischen der vom Kondensator aufgenommenen Elektrizitätsmenge Q und der Spannung U bezeichnet man als Kapazität. Die Kapazität gibt die Elektrizitätsmenge an, die ein Kondensator pro Volt aufnehmen kann. Die Kapazität ist von folgenden Größen abhängig:

- a) Größe der Platten; je größer die Platten sind, um so größer ist die Kapazität;

- b) Abstand der Platten; je größer der Plattenabstand, um so kleiner die Kapazität.

Schaltet man einen Kondensator in einen Wechselstromkreis, so kommt es zu einer frequenzabhängigen Umpolung an den Platten des Kondensators. Der Kondensator wird abwechselnd auf- und entladen. Die dadurch entstehenden Elektronenbewegungen in den Platten bzw. Belägen und den Zuführungen des Kondensators lassen den Eindruck eines Stromflusses durch den Kondensator entstehen. Der Kondensator läßt den Wechselstrom im Stromkreis fließen.

In der Fernmeldetechnik werden überwiegend Kondensatoren mit einer Kapazität von $0,1 \mu\text{F}$ bis $4 \mu\text{F}$ verwendet. Die Kondensatoren erfüllen in den Fernmeldeanlagen folgende Aufgaben:

- Gleichstromsperre,
- Funkenlöschung,
- Beeinflussung von Relaiszeiten,
- Impulsgebe,
- Siebung in Netzspeisegeräten,
- Leitungssymmetrie,
- Kapazitive Kopplung von Schaltungsteilen und
- Erzeugung von Phasenverschiebung.

4.3.3. Bauformen der Kondensatoren

Nach ihrer Bauform, Herstellungsart und Wirkungsweise werden Wickelkondensatoren, Blockkondensatoren, Elektrolytkondensatoren und Drehkondensatoren unterschieden.

4.3.3.1. Wickelkondensatoren

Bei einem Wickelkondensator sind die beiden Beläge in Form von Folien mit einem dazwischenliegenden Isolierstoff (Dielektrikum) zu einem Wickel aufgewickelt. Durch Imprägnierung dieses Kondensatorwickels werden die Dielektrizitätszahl vergrößert und die Spannungsfestigkeit erhöht. Ein solcher Kondensatorwickel wird dann in eine Becherform eingebaut oder in der Form eines länglichen Rundzylinders als Bauelement hergestellt. Die jeweils gewünschte Ausführungsform ist vom Einsatz bzw. der Einbaumöglichkeit des Kondensators abhängig. Ein Kondensator in Rundform kann z. B. unmittelbar in die Verdrahtung eingelötet werden.

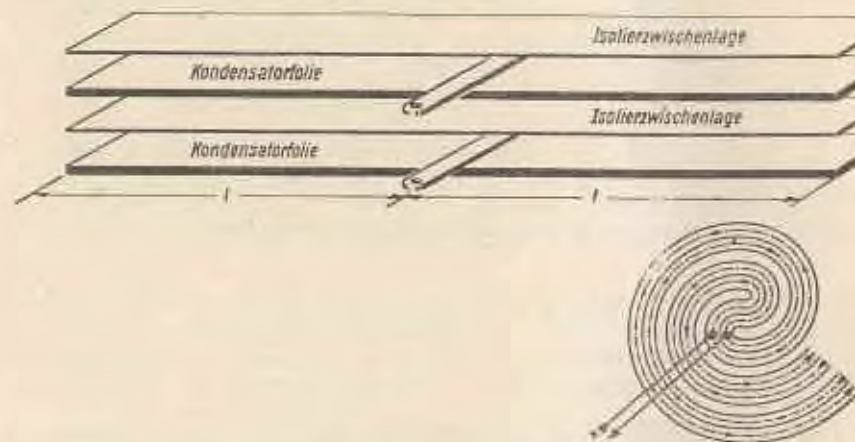


Abb. 4.14 — Kondensatorwickel

(Werkbild der Firma Siemens AG)

Wickelkondensatoren werden als Papierkondensatoren und Metallpapierkondensatoren hergestellt. Beim **Papierkondensator** bestehen die Beläge aus einer Aluminiumfolie und das Dielektrikum aus paraffinetränktem Papier. Beim **Metallpapierkondensator** werden die Zinkbeläge auf das Dielektrikum (Natronzellulosepapier) unmittelbar aufgedampft.



Abb. 4.15 — Blockkondensator

Ein solcher Metallpapierkondensator (**MP-Kondensator**) ist durch sogenannte Selbstheilung weitgehend gegen die Zerstörung durch Spannungsdurchschlag geschützt. Die Zinkfolie brennt um die Durchschlagstelle weiter ab als das sie umgebende Dielektrikum. Eine Berührung der beiden Metallfolien nach erfolgtem Durchschlag wird dadurch vermieden. Die hierbei entstehende geringfügige Kapazitätsverminderung ist praktisch bedeutungslos.

4.3.3.2. Elektrolyt-Kondensatoren

Beim **Elektrolyt-Kondensator** besteht eine Elektrode aus einer Aluminiumfolie, die mit einer als Dielektrikum wirkenden Oxidschicht versehen ist. Die Gegenelektrode besteht aus einer elektrisch leitenden Flüssigkeit, dem Elektrolyten (Borax oder Natriumperborat). Als Träger für den Elektrolyten verwendet man saugfähiges Papier, das mit der anderen Elektrode (Alu-Folie mit Dielektrikum) zu einem losen Wickel zusammengerollt ist. Dieser Wickel wird so in einen Becher eingebaut, daß der Becher die Polarität des Elektrolyten (Minus) annimmt.

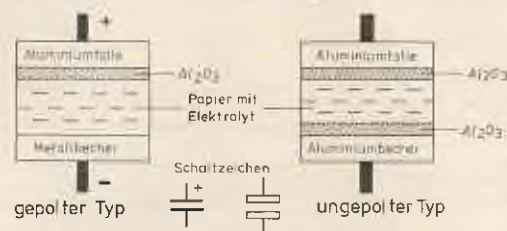


Abb. 4.16 — Aufbau eines Elektrolytkondensators

Beim Anschluß eines Elektrolytkondensators muß auf die Polung geachtet werden. Bei falscher Polung verliert der Kondensator durch einen elektrochemischen Vorgang im Dielektrikum seine Sperrwirkung; außerdem wird der Elektrolyt chemisch zerstört.

Die Art und die Anordnung der Elektroden und des Dielektrikums im Elektrolytkondensator erlauben hohe Kapazitätswerte bei kleinen Bauteilabmessungen. Das chemische Verhalten des Elektrolyten und die als Dielektrikum wirkende Oxidschicht gestatten keine langen Ruhezeiten für einen Elektrolytkondensator. Ist der Elektrolytkondensator längere Zeit spannungslos, findet beim Einsatz im Stromkreis zunächst eine sogenannte **Formierung** des Kondensators statt; d. h., die Oxidschicht auf der Aluminiumelektrode wird auf elektrochemischem Weg neu gebildet.

4.3.3.3. Drehkondensatoren

Technische Einrichtungen, in denen die Kapazitätswerte mechanisch zu verändern sind, werden mit Drehkondensatoren ausgerüstet. Bei einem **Drehkondensator** können die Plattenpaare durch Drehen eines Einstellknopfes oder mit Hilfe eines Schraubenziehers bzw. eines Trimmwerkzeugs in ihrer Stellung gegeneinander verstellt werden. Dadurch ändert sich die Kapazität des Kondensators. Luft, Glimmer oder ein besonders hochwertiges Quarz bilden beim Drehkondensator das Dielektrikum.



Abb. 4.17 — Drehkondensator

Drehkondensatoren werden vor allem zur frequenzmäßigen Abstimmung von Wechselstromkreisen in der Funk- und Übertragungstechnik eingesetzt.

4.3.4. Kennzeichnung der Kondensatoren

Auf den Kondensatoren sind die für den Einsatz benötigten technischen Daten angegeben. Es handelt sich dabei um folgende Einzelangaben:

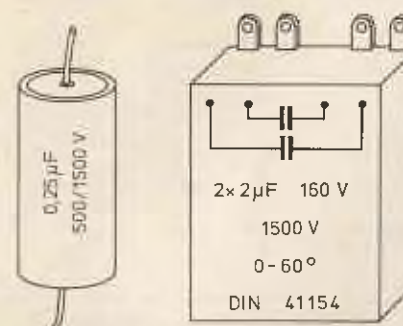


Abb. 4.18 — Beschriftung von Kondensatoren

- Kapazität,
- maximale Betriebsspannung,
- Temperaturbereich,
- Prüfspannung,
- Ausführungsform,
- Anzahl der in einem Becher untergebrachten Kondensatoren.

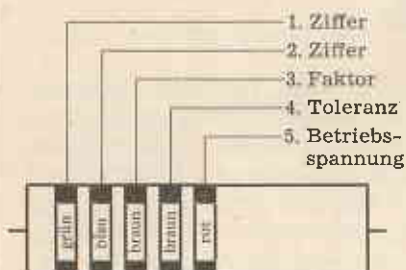
Die meisten Kondensatoren sind heute durch Farbringe auf dem Kondensatorkörper gekennzeichnet. Bei diesen Kondensatoren müssen die Kapazitätswerte und die Betriebsspannungen einem Farbschlüssel entnommen werden, der in der nachstehenden Tabelle 4.5 dargestellt ist. Die Kapazitätswerte von Kondensatoren, die mit Farbringen gekennzeichnet sind, sind genormt; sie können der Internationalen Normreihe entnommen werden (vgl. hierzu auch den Sonderband „Grundlagen der Elektronik“).

Tabelle 4.5: Farbkennzeichnung für Kondensatoren

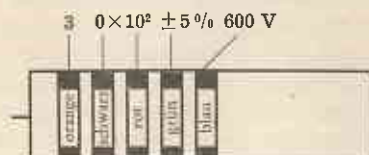
Kennfarbe	Kapazität in pF			Toleranz %	Betriebs- spannung V
	1. Ziffer	2. Ziffer	3. Faktor		
keine	—	—	—	20	500
schwarz	(0)	0	1	20	—
braun	1	1	10	1	100
rot	2	2	10 ²	2	200
orange	3	3	10 ³	3	300
gelb	4	4	10 ⁴	—	400
grün	5	5	—	5	500
blau	6	6	—	6	600
violett	7	7	—	7	700
grau	8	8	10 ⁻²	8	800
weiß	9	9	10 ⁻¹	10	900



Farbringe

Beispiel: 560 pF $\pm 1\%$ 200 VBeispiel: 3 nF $\pm 5\%$ 600 V

$$C = 3000 \text{ pF} = 3 \text{ nF}$$



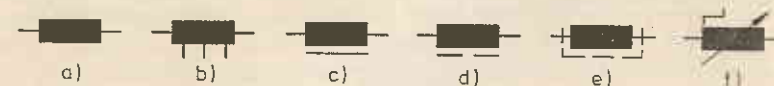
4.4. Spulen

4.4.1. Allgemeines

Spulen bestehen aus mehreren voneinander isolierten Windungen. Sie üben in Gleich- und Wechselstromkreisen unterschiedliche Wirkungen aus.

Wird eine Spule in einen **Gleichstromkreis** geschaltet, dann ist, mit Ausnahme der Ein- und Ausschaltaugenblicke, nur der Wirkwiderstand der Spule wirksam. Dieser Wirkwiderstand wird durch den Drahtwiderstand der Spule dargestellt. Liegt eine Spule in einem **Wechselstromkreis**, dann wird infolge der fortwährenden Stromänderungen noch ein induktiver Blindwiderstand zusätzlich wirksam, der mit zunehmender Frequenz größer wird. Mit steigender Frequenz wird daher der Scheinwiderstand der Spule größer. Diese Wirkung der Spule beruht auf den Erscheinungen der Selbstinduktion.

Bauelemente, in denen die Wirkungen der Fremdinduktion und der Selbstinduktion für ihre Funktionen genutzt werden, heißen **Drossel-spule**, **Induktionsspule** und **Übertrager** bzw. **Transformator**.



- a) Wicklung, Induktivität, allgemein
- b) Wicklung mit Anzapfungen
- c) Wicklung mit magnetisierbarem Kern
- d) Wicklung mit magnetisierbarem Kern und Luftspalt
- e) Wicklung, geschirmt
- f) Induktivität, stufenförmig veränderbar durch mechanische Verstellung

Abb. 4.19 — Schaltzeichen für Spulen

4.4.2. Physikalische Grundlagen

Die Wirkungen einer Spule in Gleich- und Wechselstromkreisen beruhen darauf, daß jeder stromdurchflossene Leiter von einem Magnetfeld umgeben ist. Wird das den Leiter umgebende Magnetfeld geändert, dann wird in dem Leiter eine elektrische Spannung erzeugt. Ändert sich um einen Leiter ein fremderregtes Magnetfeld, dann wird eine Spannung der **Fremdinduktion** erzeugt. Hierauf beruhen die Wirkungsweisen von Generatoren und Transformatoren. Wird um einen Leiter das selbsterregte Magnetfeld geändert, dann entsteht eine Spannung der **Selbstinduktion**. Hierauf beruht die Wirkungsweise von Drosselspulen.

Wird in einer Spule die Stromstärke geändert, dann ändert sich damit auch die Stärke des Magnetfelds im Spulenraum. Hierdurch entsteht in den Spulenwindungen eine Selbstinduktionsspannung, die so gerichtet ist, daß sie die Stromänderung zu verhindern sucht (Lenzsche Regel). Die Höhe der Selbstinduktionsspannung ist dabei von der Schnelligkeit der Stromänderung abhängig. Damit wird bei hoher Frequenz eine höhere Selbstinduktionsspannung erzeugt als bei niedriger Frequenz; der Blindwiderstand einer Spule ist daher bei hoher Frequenz größer als bei niedriger Frequenz. Wird die Stromstärke nicht geändert, dann wird keine Selbstinduktionsspannung erzeugt, der Blindwiderstand ist dann Null. Aufgrund dieser Erscheinungen läßt die Spule den Gleichstrom fließen und vermindert den Wechselstrom mit zunehmender Frequenz. Man sagt, die Spule „drosselt“ den Wechselstrom und nennt daher die Spule auch **Drosselspule**.

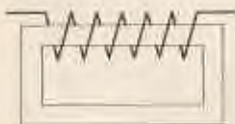


Abb. 4.20 — Spule mit geschlossenem Eisenkern

Die Höhe der in einer Spule erzeugten Selbstinduktionsspannung ist von der Schnelligkeit der Magnetfeldänderung im Spulenraum abhängig. Die Stärke des Magnetfelds hängt von der Stärke des Stroms und der Bauart der Spule ab. In einer Spule mit geschlossenem Kern wird dabei eine höhere Selbstinduktionsspannung erzeugt als in einer Spule mit Lufthohlraum. Der induktive Blindwiderstand von Spulen mit geschlossenem Kern ist daher größer als der von Spulen mit Lufthohlraum. Der Einfluß der Bauart der Spule auf die Größe des induktiven Blindwiderstands wird als **Induktivität** bezeichnet. Die Induktivität einer Spule ist die Eigenschaft, jeder Stromänderung entgegenwirken zu können.

Bei einer in einem Wechselstromkreis liegenden Spule mit geschlossenem Kern treten im Kern Wirbelstrom- und Ummagnetisierungsverluste auf, durch die der Kern erwärmt wird. Um die unzulässige Erwärmung von Kernen zu vermeiden, werden sie aus voneinander isolierten Blechen zusammengesetzt.

Liegt eine Drosselspule in einem Gleichstromkreis, dann ist die Induktivität der Spule nur während der Ein- und Ausschalt Augenblicke wirksam. Bei der Einschaltung ist die Selbstinduktionsspannung stromhemmend, bei der Ausschaltung stromerhaltend gerichtet. Hierdurch steigt der Strom bei der Einschaltung allmählich auf seinen Höchstwert und fällt nach der Ausschaltung allmählich wieder auf Null herab.

Wird eine Drosselspule durch einen Gleichstrom vormagnetisiert, dann vermindert sich damit ihre Induktivität, weil magnetisch gesättigtes Eisen eine kleinere Permeabilitätszahl hat als unmagnetisiertes Eisen.

Der induktive Blindwiderstand von vormagnetisierten Drosselspulen ist daher kleiner als bei nichtmagnetisierten Drosselspulen.

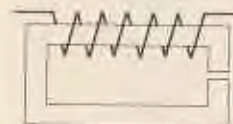


Abb. 4.21 — Spule mit offenem Eisenkern

Bei einer Spule mit unterbrochenem Kern ist die Größe der Induktivität unabhängig von dem Gleichstrom; der Kern wird nicht mehr so stark vormagnetisiert, so daß der induktive Blindwiderstand unabhängig von der Stärke des fließenden Gleichstroms ist. Durch den Luftspalt wird die Induktivität der Spule „linearisiert“.

Das Verhalten einer Spule im Wechselstromkreis ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Anzahl der Windungen,
- Spule mit oder ohne Kern,
- Kern mit oder ohne Luftspalt,
- Frequenz der angelegten Wechselspannung und
- fließende Stromstärke.

4.4.3. Verwendungsmöglichkeiten für Spulen

In den Fernmeldeanlagen werden Spulen als **Drosselspulen, Induktionsspulen, Übertrager und Transformatoren** für entsprechende Aufgaben in Wechselstromkreisen eingesetzt. Die Wirkungsweise dieser Bauteile beruht überwiegend auf dem Induktionsverhalten von Spulen bei Stromänderungen. Das unterschiedliche Verhalten der einzelnen Bauteile im Stromkreis wird lediglich durch die Anzahl und den Aufbau der Spulen im gleichen Magnetfeld beeinflusst. Bei einer magnetischen Kopplung von mehreren Spulen im gleichen Magnetfeld kommt es zwischen den Spulen durch die Induktionswirkungen zu Spannungsübertragungen. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die induzierte Spannung der Spannung, die sie verursacht hat, immer entgegengerichtet ist.

Die nachfolgende Abb. 4.22 zeigt mehrere Spulenarten und Übertrager, wie sie in der Fernmeldetechnik verwendet werden.

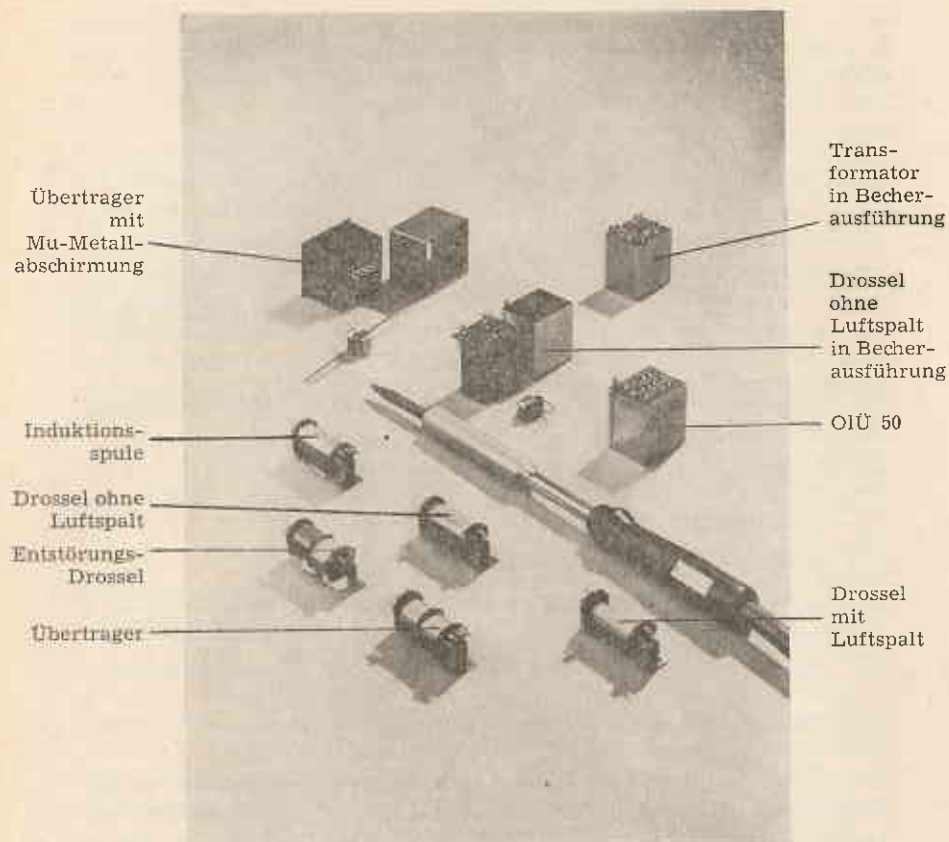


Abb. 4.22 — Spulen und Übertrager
(Werkbild der Firma Siemens AG)

4.4.4. Drosselspulen

Drosselspulen werden eingesetzt, wenn in einem Stromkreis der Wechselstrom vermindert werden soll. Die dafür verwendeten Spulen haben einen geschlossenen Eisenkreis und 2000 bis 10 000 Windungen; ihr ohmscher Widerstand beträgt 100 bis 1000 Ohm. Da die Ansprechstromkreise der Relais aus Spulen mit Eisenkreis (Joch und Anker) bestehen, werden in Fernmeldeanlagen vielfach die Relais auch zu Drosselaufgaben verwendet. Zur bautechnischen Vereinfachung werden die Relaispulen ohne Kontaktanordnungen mit festgeklebtem Anker (Schließung des Eisenkreises) als Drosselspulen in Fernmeldeanlagen verwendet. Ein typisches Anwendungsgebiet für Drosselspulen sind die Siebketten in Netzanschlußgeräten. In Verbindung

mit Kondensatoren glätten sie den gleichgerichteten Wechselstrom (Abb. 4.23).

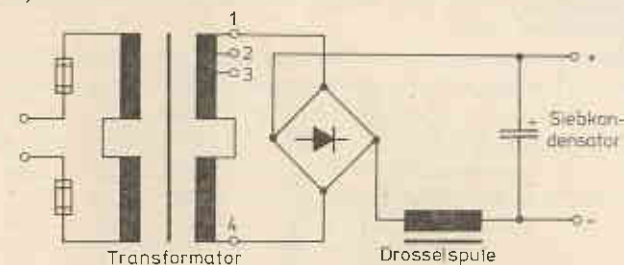


Abb. 4.23 — Drosselspule in einer Siebkette

4.4.5. Transformatoren

Bei einem **Transformator** sind mindestens zwei elektrisch (galvanisch) getrennte Wicklungen auf einen gemeinsamen Eisenkern ohne Luftspalt aufgebracht (Abb. 4.24). Eine Wicklung ist die Eingangswicklung und wird als **Primärwicklung** bezeichnet. Die Ausgangswicklung bezeichnet man als **Sekundärwicklung**. Durch die magnetische Verketzung der beiden Wicklungen im gleichen Magnetfeld kommt es zu einer Energieübertragung von der Primär- zur Sekundärwicklung. Das Verhältnis der Primär- zur Sekundärspannung ist abhängig von den Windungszahlen der beiden Wicklungen. Je mehr Windungen die zweite Wicklung (Sekundärwicklung) hat, um so höher ist die an der Sekundärwicklung erzeugte Spannung.

Die Spannungen eines Transformators verhalten sich wie die Windungszahlen.

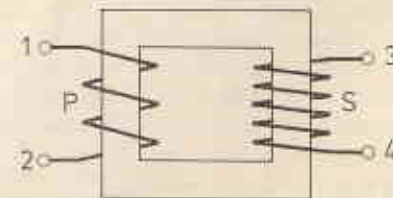


Abb. 4.24 — Transformator (Prinzipdarstellung)

Bei einer Primärwicklung, die z. B. fünfmal soviel Windungen hat wie die Sekundärwicklung, wird die Sekundärspannung auf ein Fünftel der Primärspannung transformiert. Das Übersetzungsverhältnis dieses Transformators ist 5:1.

Die Transformierung bezieht sich auf die Spannung und den Strom. Die **Leistung** als Produkt aus Strom und Spannung ist primär- und sekundärseitig gleich groß; sie wird sogar durch die Verluste des Transformators noch herabgesetzt.

Für den Transformatorbau bedeutet das, daß die Wicklung mit hohen Windungszahlen (hohe Spannung) infolge des niedrigeren Stroms aus dünnerem Draht bestehen kann wie die Wicklung mit wenigen Windungen (kleine Spannung, stärkerer Strom).

Durch verschiedene Abgriffe an der Sekundärwicklung können unterschiedliche Sekundärspannungen abgenommen werden (vgl. hierzu Abb. 4.23). In Fernmeldeanlagen werden Transformatoren vor allem in Netzanschlußgeräten eingesetzt. Die primärseitig anliegende Netzspannung wird auf die jeweils benötigte Anlagenspannung herabtransformiert (z. B. 220 V/50 Hz auf 60 V bzw. 24 V).

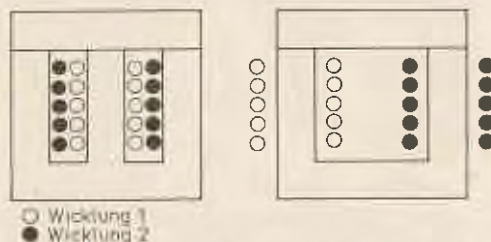


Abb. 4.23 — Transformator (Querschnittsdarstellungen der Wicklungsarten)
(Werkbild der Firma Siemens AG)

4.4.6. Übertrager

Der **Übertrager** unterscheidet sich von Transformatoren nur durch seine Aufgabenstellung und die dadurch bedingte konstruktive Ausführung und das Übersetzungsverhältnis.

Ein Übertrager soll keine Spannungen herauf- oder herabtransformieren, sondern innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs möglichst gleichmäßige Übertragungseigenschaften aufweisen, damit eine gute elektrische Anpassung zweier Kreise oder Einrichtungen erzielt wird. So werden Übertrager z. B. als **Leitungsabschluß** und gleichzeitig zur **Übertragung** des tonfrequenten **Sprechwechselstroms** eingesetzt.

Innerhalb einer Fernsprechverbindung werden z. B. die galvanisch durchgeführten Sprechadern mit einem Übertrager und einem Kondensator abgeschlossen, um den Gleichstrom des Mikrofonspeisekreises zu sperren und den Sprechwechselstrom durchzulassen (Abb. 4.26). Weitere Übertrageraufgaben liegen in der **Anpassung** des Wellenwiderstands einer Leitung an ein Gerät, zweier Leitungen oder zweier Geräte, die zusammengeschaltet sind, Übertrager werden auch als galvanisch trennendes Bauteil für den Starkstromschutz eingesetzt (Trenntransformator).

Die erforderlichen gleichmäßig guten Übertragungseigenschaften erreicht man durch ein **Wicklungsverhältnis** von 1:1 zwischen Primär- und Sekundärwicklung, wenn beide Kreise etwa den gleichen Wellenwiderstand haben. Bei einer Anpassung von Kreisen unterschiedlicher

Wellenwiderstände werden z. B. Übertrager mit Widerstandsverhältnissen von 1:2; 2:1 oder 1:4 eingesetzt.

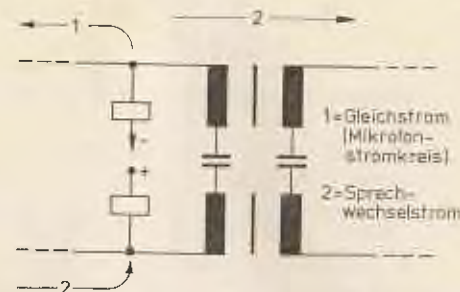


Abb. 4.26 — Übertrager mit Kondensator als Leitungsabschluß (z. B. im I. GW)

4.4.7. Induktionsspulen

Auch bei **Induktionsspulen** sind mehrere Wicklungen auf einem gemeinsamen Eisenkern angeordnet. Dieser Eisenkern hat jedoch einen **Luftspalt**, weil Induktionsspulen in Stromkreisen eingesetzt werden, die von überlagerten Gleichströmen durchflossen werden. Ein solcher Stromkreis ist zum Beispiel der Mikrofonstromkreis im Fernsprechapparat. Der zur Mikrofonspeisung verwendete Gleichstrom fließt durch die Primärwicklung der Induktionsspule, ohne auf den Fernhörer im Sekundärkreis einzuwirken. Lediglich der überlagerte Sprechwechselstrom wird von der Primär- zur Sekundärwicklung — und damit auf den Fernhörer — übertragen.

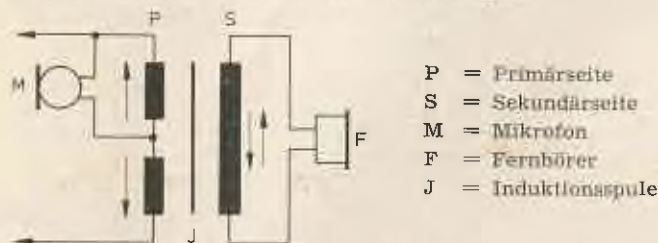


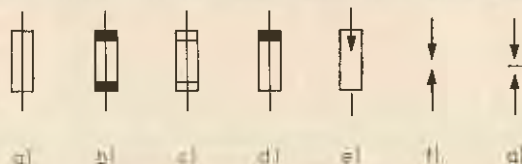
Abb. 4.27 — Induktionsspule mit Mikrofon und Fernhörer

Durch Unterteilung der Primärwicklung und unterschiedliche Primär- und Sekundärwicklungswerte verbessert man noch die Übertragungseigenschaften des Fernsprechapparats im Hinblick auf die Dämpfung der eigenen Sprache im eigenen Fernhörer (Rückhördämpfung). Das Sprech- und Hörsystem eines Fernsprechapparats ist so gestaltet, daß nur so viel von der Energie des eigenen Mikrofonkreises auf den eigenen Fernhörer übertragen wird, daß der Benutzer den Eindruck eines eingeschalteten und betriebsfähigen Sprechsystems gewinnt. Bei völliger Rückhördämpfung würde der Eindruck einer betriebsunfähigen Leitung und Apparatur entstehen.

5. Sicherungen

5.1. Allgemeines

Schutzmaßnahmen an Fernmeldeanlagen sollen die Anlagen und die Personen, die sie benutzen oder daran tätig sind, vor Gefährdung durch zu hohe Spannungen und zu starken Strömen schützen. Außerdem können die Schutzmaßnahmen Störungen verhindern oder die Auswirkungen von Störungen vermindern. Die zu treffende Schutzmaßnahme richtet sich nach der Art und dem Verwendungszweck der zu schützenden Fernmeldeanlage. Die Schutzmaßnahmen beziehen sich nicht nur auf das Personal und die Fernmeldeeinrichtungen der DBP, sondern auch auf die Teilnehmereinrichtungen und deren Benutzer.



- a) Sicherung, allgemein b) Grobsicherung c) Feinsicherung
d) Sicherung mit Kennzeichnung des netzseitigen Anschlusses
e) Überspannungsableiter, Spannungssicherung
f) Funkenstrecke g) Doppelfunkenstrecke

Abb. 5.1 — Schaltzeichen für Sicherungen

Die Ursachen für Überströme können sein

1. die **Überlastung** eines Stromkreises durch zu viele Verbraucher,
2. der **Kurzschluß** durch direkte Berührung spannungsführender Leiter und
3. ein direkter **Erdschluß** spannungsführender Leiter.

Die Ursachen für Überspannungen können sein

1. die **Berührung** einer Fernmeldeleitung mit einer Starkstromleitung (z. B. zwischen zwei Freileitungen),
2. ein **Blitzeinschlag** in Fernmeldeleitungen (z. B. Freileitung) und
3. eine **induktive Einwirkung** von benachbarten Starkstromleitungen (z. B. elektrisch angetriebene Schienenbahnen).

Die **Sicherungsgeräte** sollen die auftretenden Überspannungen selbsttätig ableiten und bei Überströmen die gestörten Stromkreise selbsttätig unterbrechen.

In den Fernmeldeanlagen wird das Ansprechen von Sicherungen in Signaleinrichtungen durch verschiedenfarbige Lampenanzeigen und unterschiedliche Weckersignale angezeigt, damit das Betriebspersonal die Ursachen für das Auslösen der Sicherung beseitigen und die Sicherungen erneuern kann. Von unbesetzten Betriebsstellen können diese Signale über eine Störungssignalisierung zu besetzten Dienststellen weitergemeldet und von dort die Bedienung der gemeldeten Signale veranlaßt werden.

Je nach den Betriebsverhältnissen in den abzusichernden Stromkreisen unterscheidet man **flinke** und **träge** Stromsicherungen. Träge Sicherungen werden dort eingesetzt, wo betriebsbedingte kurzzeitige Stromspitzen auftreten können, ohne daß sie zu einer Gefährdung der technischen Einrichtungen führen. Der Schutz gegen zu hohe Überspannungen ist stets so vorzusehen, daß in den Fernmeldestromkreisen eine gefährdende Überspannung gar nicht erst auftreten kann.

5.2. Stromsicherungen

5.2.1. Aufgaben und Ausführungsarten

Stromsicherungen müssen bei Überströmen die stromführenden Leitungen innerhalb bestimmter Zeiten unterbrechen. Sie werden deshalb in die Leitung geschaltet. Das Durchbrennen einer Stromsicherung ist abhängig von der Stärke des hindurchfließenden Stroms und der Schmelzdauer des Schmelzdrahts. Die Schmelzdauer ist dabei die Zeit, die bis zum Auftrennen des Stromkreises infolge überhöhter Stromwärme vergeht. Hinsichtlich der Stromwerte unterscheidet man folgende Begriffe:

- a) den **Nennstrom**; das ist der Dauerstrom, für den die Stromsicherung gebaut und nach der sie benannt ist;
- b) den **Grenzstrom**; das ist der Stromwert, den die Sicherung gerade noch fließen läßt, ohne den Stromkreis aufzutrennen und
- c) den **Auslösestrom**; das ist der Stromwert, bei dem die Stromsicherung in der zulässigen Auslösezeit gerade durchschmilzt.

Die **Nennstromstärke** kennzeichnet den Stromwert, den eine Sicherung im Dauerbetrieb aushält. Wird dieser Nennstromwert bis zur Höhe des **Auslösestroms** überschritten, so muß die Sicherung innerhalb der **Auslösezeit** den Stromkreis unterbrechen. Auslösestrom und Auslösezeit sind voneinander abhängig. Zeitmäßig muß eine Sicherung den **1,5fachen Nennstromwert bis zu einer Stunde** aushalten. Bei einem 1,6- bis 2,1fachen Nennstromwert muß die Sicherung **einwandfrei auslösen**, je höher der Auslösestrom, um so schneller trennt die Sicherung den Stromkreis auf; man sagt, die Sicherung spricht an.

Stromsicherungen sind so in die Stromkreise der Fernmeldeanlagen einzufügen, daß der zu schützende Anlagenteil rechtzeitig abgeschaltet wird. Die in den Fernmeldeanlagen fließenden Ströme sind aufgrund der vielfältigen Stromverzweigungen von unterschiedlicher Stärke. Diesen unterschiedlichen Höchststromwerten entsprechend sind auch verschiedene Sicherungsanordnungen und Sicherungsarten eingesetzt. Man unterscheidet die Stromsicherungen nach ihrer Betriebsart in **Haupt-, Zwischen-, Abzweig- und Einzelsicherungen**.

Nach ihrer Bauform werden in den Fernmeldeanlagen folgende Stromsicherungen unterschieden:

- Schmelzsicherungen,
- Rücklötsicherungen,
- Umkehrauslöser und
- Fernmeldeschutzschalter.

5.2.2. Schmelzsicherungen

Schmelzsicherungen bestehen aus einem Sicherungskörper (Porzellan oder Glas) mit einem eingezogenen Sicherungsdraht aus Silber. Die Stärke des Drahts ist von dem jeweiligen Nennstromwert abhängig. Beim Erreichen der Auslösestromstärke schmilzt der Sicherungsdraht und unterbricht so den Stromkreis. Bei Schmelzsicherungen mit hohen Auslösestromwerten ist der Schmelzdraht zur Löschung des beim Durchschlag entstehenden Lichtbogens in Quarzsand eingebettet. Die **Auslösezeit** solcher Schmelzsicherungen liegt bei 20—30 ms. Bei Sicherungspatronen aus Porzellan wird der **Sicherungsnennwert** durch ein farbiges **Sicherungsplättchen** am Kopf der Patrone angegeben.

Tabelle 5.1: Kennfarben für Sicherungspatronen (Kennmelder)

ocker	= 1 A	grau	= 16 A
rosa	= 2 A	blau	= 20 A
gelb/braun	= 4 A	gelb	= 25 A
grün	= 6 A	schwarz	= 35 A
rot	= 10 A		

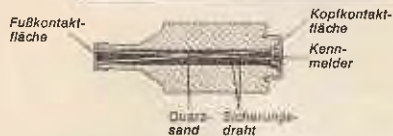


Abb. 5.2 — Schmelzsicherung mit Porzellankörper

Der farbige **Kennmelder** der Sicherung steht unter Federdruck und wird beim Auslösen der Sicherung weggeschleudert. So sind bereits ausgelöste Sicherungen am fehlenden Farbplättchen zu erkennen. Damit in die Sicherungselemente nicht irrtümlich falsche Sicherungspatronen eingeschraubt werden können, ist in die Sicherungssockel ein **Paßring** eingesetzt, in den nur der Fußteil der richtigen Patrone hineinpaßt und Kontakt geben kann.

Sicherungskörper aus Glas (Abb. 5.3) enthalten den Sicherungswert als Prägung auf einem der beiden Metallendstücke.

5.2.3. Rücklötsicherungen

Rücklötsicherungen sind Stromsicherungen, deren Auslösewirkung ebenfalls auf der Stromwärme beruht, die ein Schmelzlot sehr schnell

zum Fließen bringt. Ein Kontaktstift wird im kalten Zustand in einer Buchse von dem Weichlot (Wood-Metall) in Arbeitsstellung festgehalten. Das Weichlot in der Buchse ist von einer Wicklung umgeben, die vom Arbeitsstrom durchflossen wird (Abb. 5.4).

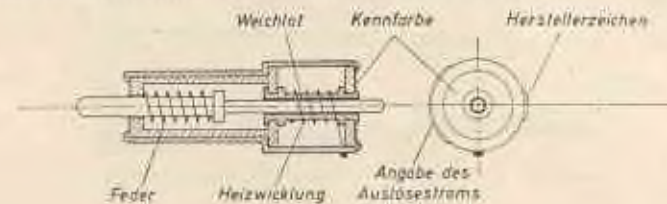


Abb. 5.4 — Rücklötsicherung

Wood-Metall: Legierung aus 50% Wismut, 25% Blei, 12,5% Zinn und 12,5% Cadmium (Schmelzpunkt 60 °C).

Erreicht der Nennstrom den Auslösestrom, dann erwärmt sich die Sicherungswicklung so stark, daß der Schmelzpunkt des Wood-Metalls (60 °C) erreicht wird. Das flüssige Lot gibt den unter Federdruck stehenden Kontaktstift frei. Der Kontaktstift ändert seine Lage und trennt den zu sichernden Stromkreis auf. Das geschieht durch einen Federbügel, der vorher die Verbindung zwischen dem Sicherungsstift und der Sicherungsfassung mit der Stromzuführung herstellte. Der Federbügel schließt nach dem Auftrennen einen Signalstromkreis für die optische und akustische Anzeile des Ansprechens der Sicherung.

Eine **Rücklötvorrichtung** dient zum Rücklöten ausgelöster Sicherungen durch erneutes Erhitzen der Spule und Zurückdrücken des Stiftes in die Betriebslage.

Die **Rücklötvorrichtung** ermöglicht auch eine Überprüfung des Sicherungssystems durch eine Strommessung, so daß nur einwandfreie Sicherungen zur Wiederverwendung kommen.

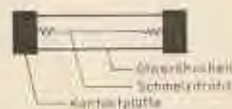


Abb. 5.3 — Schmelzsicherung mit Glaskörper



- a) eingesetzte Rücklötsicherung
b) Kontaktstift mit Federbügel
c) Kontakt für Signalstromkreis
d) Lötflächen

Abb. 5.5 — Sicherungselement
(für Rücklötsicherungen und Umkehrauslöser F 49)

5.2.4. Umkehrauslöser

Eine Weiterentwicklung der Rücklötsicherung ist der **Umkehrauslöser** (Abb. 5.6). Als **Feinststromsicherung F 49** sichert er ebenso wie die

Rücklötsicherung Einzelstromkreise in Fernmeldeanlagen gegen Überströme ab. Das Auslöseprinzip des Umkehrauslösers entspricht dem Verfahren der Rücklötsicherung.

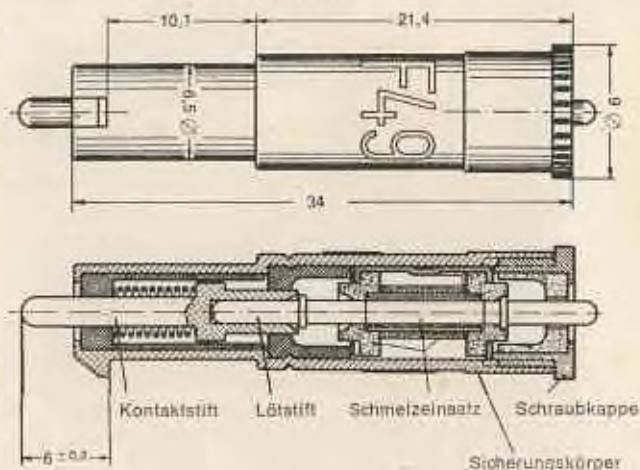


Abb. 5.6 — Umkehrauslöser F 49

Ein beim Auslösestrom flüssig werdendes Lot drückt mit Hilfe einer Feder einen Kontaktstift heraus. Dieser Kontaktstift gibt eine Kontaktfeder am Sicherungselement frei und trennt so den Hauptstromkreis auf. Gleichzeitig wird durch die ausgelöste Feder des Sicherungselements ein Signalstromkreis geschlossen. Der Rücklötvorgang ist bei dieser Sicherung entbehrlich, weil der Schmelzeinsatz mit Spule und Kontaktstift aus dem Sicherungskörper herausgenommen werden kann. Umgekehrt wird er dann wieder in den Sicherungskörper eingesetzt. Der Kontaktstift hat dann wieder seine Betriebslage und die Kontaktfeder am Sicherungselement kann ebenfalls wieder in die Betriebslage gebracht werden. Vor dem erneuten Einsatz soll die Sicherung F 49 aber mit einem speziell für diese Sicherungsform entwickelten **Sicherungsprüfgerät** auf ihre Betriebssicherheit geprüft werden. Dadurch vermeidet man das Einsetzen von Schmelzeinsätzen, deren Spulen nicht mehr betriebsfähig sind. Die Skala des Prüfgeräts ist in farbige Felder eingeteilt, die dem

Tabelle 5.2: Kennwerte für Umkehrauslöser

Kennfarbe	Nennstrom A	Auslösestrom A
hellrot	0,1	0,2
schwarz	0,16	0,3
braun	0,25	0,5
gelb	0,4	0,75
weiß	0,5	1
hellblau	0,7	1,2
rot	0,8	1,5
grau	1	2
grün	1,6	3
blau	4	6

Auslösestromwert entsprechen (vgl. hierzu Tabelle 5.2). Auf der abschraubbaren Verschlusskappe der Sicherungspatrone ist der Sicherungswert (Auslösestrom) mit der gleichen Farbe gekennzeichnet.

Umkehrauslöser haben wie alle auf dem Schmelzlotprinzip beruhenden Sicherungssysteme eine längere Auslösezeit als die Schmelzdrahtsicherungen. Sie beträgt etwa 40 Sekunden.

5.3. Fernmeldeschutzschalter

Der **Fernmeldeschutzschalter** ist ein Sicherungsbauteil, bei dem außer einer möglichen Handauslösung zwei automatische Auslösesysteme gleichzeitig wirksam werden können, und zwar

- eine **thermische Auslösung** (Bimetallwirkung) zur zeitlich verzögerten Auslösung,
Auslösung bei 2facher Nennstromstärke in 40 s,
Auslösung bei 5facher Nennstromstärke in 5 s und
- eine **magnetische Auslösung** (Kurzschlußauslösung) zur Schnellauslösung,
Auslösung bei 11facher Nennstromstärke in 0,006 s.

Je nach Überschreitung der Nennstromwerte spricht entweder zuerst die thermische oder zuerst die magnetische Auslösung an. Darüber hinaus kann der Schutzschalter durch eine Schaltstange (vgl. Abb. 5.7, Zustand 3) von Hand ausgelöst werden.

Stellung Schaltstange Schalter	1 eingedrückt Betriebszustand	2 herausgesprungen elektr. ausgelöst	3 in Mittelstellung geöffnet, ohne Alarm	4 eingedrückt elektr. ausgelöst
Hauptkontakt	geschlossen	offen	offen	offen
Signalkontakt	offen	geschlossen	offen	geschlossen
Trennkontakt	geschlossen	offen	offen	offen

Abb. 5.7 — Schaltzustände des Fernmeldeschutzschalters

Abb. 5.7 zeigt die vier möglichen Betriebszustände des Fernmeldeschutzschalters. Die Erläuterung der Arbeitsweise des Schutzschalters geschieht mit Hilfe der Abb. 5.7 und 5.9.

Beim Fernmeldeschutzschalter unterscheidet man 4 verschiedene Schaltzustände (Abb. 5.7):

1. Schaltzustand — Betriebszustand

Eingedrückte Schaltstange mit geschlossenem Hauptkontakt (Signalkontakt offen);

2. Schaltzustand — Auslösezustand

Herausgesprungene Schaltstange mit offenem Hauptkontakt und geschlossenem Signalkontakt;

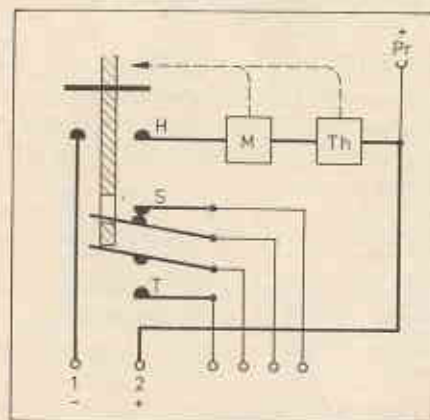
3. Schaltzustand — Handauslösung

Schaltstange in Mittelstellung und alle Kontakte geöffnet (z. B. zum Sperren von Einrichtungen geeignet);

4. Schaltzustand — Auslösezustand

Eingedrückte Schaltstange bei nicht behobener Störung (Auslösestrom), offener Hauptkontakt, geschlossener Signalkontakt (Auslöseursache noch nicht behoben).

Die Kontaktanordnung des Fernmeldeschalters ist in nachstehender Abb. 5.8 dargestellt.



H = Hauptkontakt
M = Magnetauslöser
Pr = Prüfklinke
S = Signalkontakt
T = Thermokontakt
Th = Thermoauslöser

Abb. 5.8 — Kontaktanordnung des Fernmeldeschalters

Beim Auslösesystem des Fernmeldeschalters wird die Wippe in Abhängigkeit von den Auslösesystemen (thermisch, magnetisch) über die Sperrfeder freigegeben. Die Sperrfeder überträgt die Bewegung der Magnetspulen und des Bimetallstreifens auf den Auslösemechanismus. Durch Federkraft gleitet dabei der im Knie drehbar gelagerte Kniehebel aus seiner Grundstellung und gibt die Wippe frei, die dem Druck der Kontaktstange nachgeben kann.

Fernmeldeschutzschalter können zu **Sicherungsstreifen** zusammengebaut werden. Sie nehmen dabei nicht mehr Platz ein als die Umkehrauslöser mit ihren Sicherungselementen.

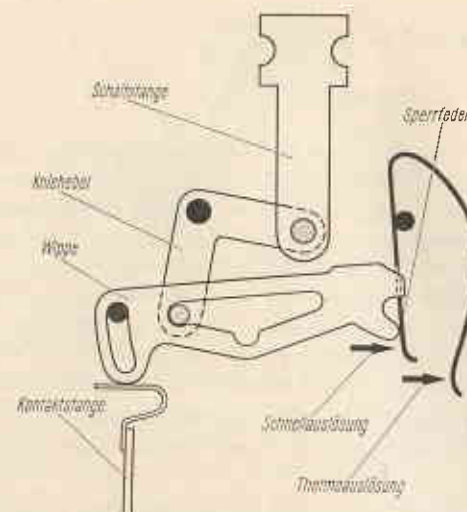


Abb. 5.9 — Auslösesystem des Fernmeldeschalters

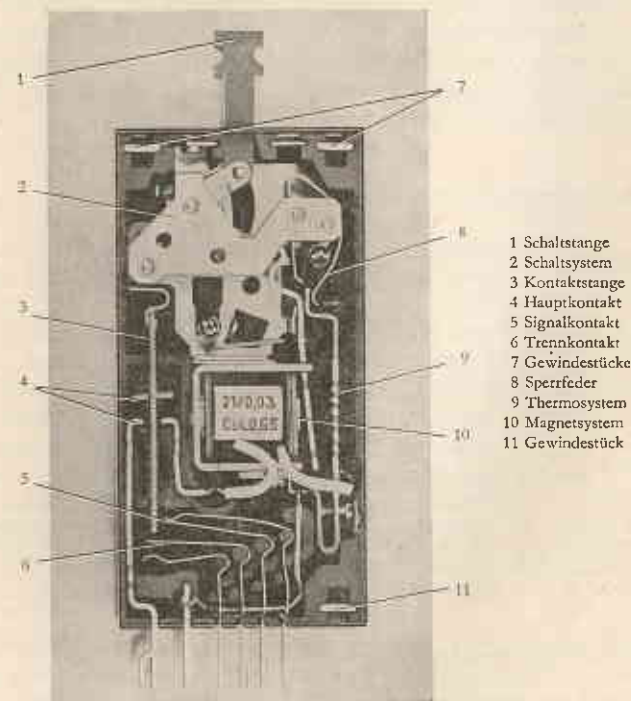


Abb. 5.10 — Fernmeldeschutzschalter

5.4. Spannungssicherungen

5.4.1. Aufgaben und Einsatz

Spannungssicherungen leiten die durch äußere Beeinflussungen (z. B. Blitzeinschlag oder Starkstromberührung) aufgetretenen Überspannungen zur Erde ab. Man bezeichnet sie als **Überspannungsableiter** oder **Überspannungsbegrenzer** (VDE 0845). Sie werden zwischen die abzusichernde Leitung und die Erdleitung geschaltet. Ein solcher Überspannungsschutz ist jedoch nur bei überspannungsgefährdeten Leitungen erforderlich. Bei den Fernmeldeleitungen beschränken sich die Gefährdungsmöglichkeiten — und damit der Bedarf an Spannungssicherungen — auf folgende Leitungsführungen:

- Freileitungen**, die mit Starkstromleitungen in Berührung kommen können oder durch Blitzeinwirkung gefährdet sind und
- Kabel**, bei denen durch Näherung oder Parallelführung mit elektrischen Schienenbahnen Überspannungen (Längsspannungen) durch induktive Übertragung auftreten können.

Die Spannungssicherungen werden in Grob- und Feinsicherungen eingeteilt. **Grobsicherungen** schützen vor Auslösespannungen von 1500 V bis 2500 V. **Feinsicherungen** sprechen je nach Ausführungsform bei Auslösespannungen von 230 V bis 500 V an.

5.4.2. Spannungsgrobsicherungen



Abb. 5.11 — Grob-funk-strecke

Spannungsgrobsicherungen bestehen aus zwei Metallteilen, die in geringem Abstand (etwa 0,5 bis 1 mm) angebracht sind. Es kann sich dabei um gerade Metallstanzteile oder um gezahnte Metallelektroden handeln. Die abzusichernde Leitung ist an eine Metallelektrode angeschlossen. Entsteht auf der Leitung eine gefährdende Überspannung, die mindestens der Auslösespannung entspricht, dann schlägt ein Funke auf die mit der Erdleitung verbundene zweite Metallelektrode über. Über diese **Grobfunkenstrecke** wird dann die Überspannung unschädlich gemacht.

5.4.3. Spannungsfeinsicherungen

Als **Spannungsfeinsicherungen** zum Ableiten der Überspannungen dienen entweder Kohleableiter oder Gasentladungsableiter.

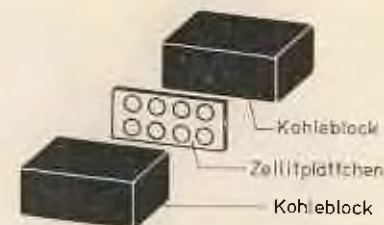


Abb. 5.12 — Kohleableiter

Kohleableiter, die künftig nicht mehr beschafft werden, bestehen aus zwei Kohleblöcken mit einem als Isolierung dazwischenliegenden gelochten Zellitplättchen. Je eine der Kohleelektroden ist mit der abzusichernden Leitung bzw. mit der Erdleitung verbunden. Bei Überspannungen von 400 bis 500 V schlägt die Spannung durch das Zellitplättchen durch und wird zur Erde abgeleitet.

Als Ersatz für die Kohleableiter wurde ein **Gasentladungsableiter** entwickelt und als Spannungsfeinsicherung eingesetzt. Der Gasentladungsableiter (UsAg) besteht aus einem mit Edelgas gefüllten Glaskolben, in den zwei Elektroden eingesetzt sind, die mit den metallischen Kontaktflächen an den Enden des Glaskolbens verbunden sind. Wird die bei 230 Volt liegende Zündspannung erreicht, so entsteht zwischen den Elektroden ein Kurzschluß, der die Überspannung zur Erde ableitet.

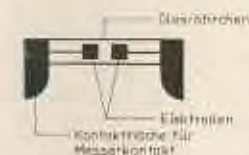


Abb. 5.13 — Gasentladungsableiter

Überspannungsableiter sind normalerweise nach dem Ableiten einer Überspannung wieder betriebsbereit. Sie brauchen also nicht nach dem Ansprechen ausgewechselt zu werden. Ausfälle der UsAg lassen sich jedoch nicht ganz vermeiden. Weil schadhafte UsAg nicht immer durch einen direkten Kurzschluß angezeigt werden, sind die UsAg nach den technischen Vorschriften mindestens alle 4 Jahre zu prüfen.

Spannungssicherungen werden in die Abschlußeinrichtungen der gefährdeten Leitungen eingesetzt. Die verschiedenen Arten der Überspannungsableiter sind in der nachfolgenden Abb. 5.14 zusammengestellt.

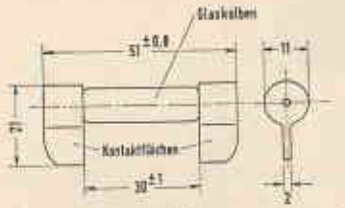
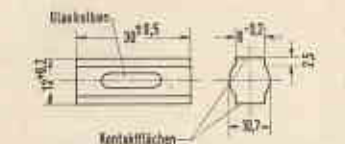
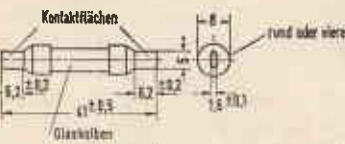
Überspannungsableiter (UsAg) (Überspannungsbegrenzer)			
 Überspannungsableiter Form A 230 Volt	Form A	230 Volt	DEVs 59 UDs mit Sicherungsschutz
	Form B	230 Volt	Sicherungsleiste 33 (HVT) Sicherungskästchen M 48 und M 54 Sicherungsschutz 54
 Überspannungsableiter Form B 230 Volt	Form E	230 Volt	Trennleiste 55 (HVT) in Verbindung mit dem Halter 55 LVz/KVz in Verbindung mit dem Überspannungsschutz 52
	Knopfableiter	230 Volt	Einzelbauteil in Geräten. In Verbindung mit entspr. Halterungen in den Formen B und E wie oben
 Überspannungsableiter Form E 230 Volt	Kohleableiter	500 Volt	Sicherungsleiste 33 (HVT) Sicherungskästchen M 48
	Grobfunkens- strecke	2000 Volt	DEVs 50 und 59 UDs 55 mit Sicherungsschutz Sicherungskästchen M 48 und M 54

Abb. 5.14 — Spannungssicherungen

Die Spannungssicherungen werden wie folgt eingebaut:

- a) Überspannungsableiter in der Trennleiste am Hauptverteiler in der Vermittlungsstelle.

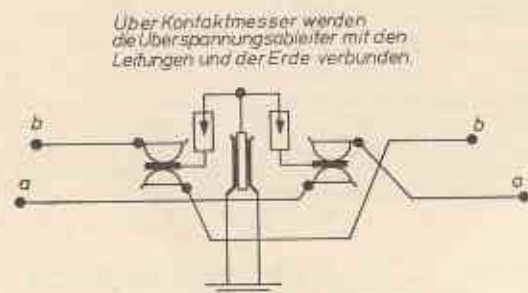


Abb. 5.15 — Überspannungsableiter an der Trennleiste

Der als Zubehör zur Trennleiste verwendete Sicherungshalter 55 nimmt 2 Gasentladungableiter auf. Der Sicherungshalter mit den Gasentladungableitern wird dann über die Trennleiste mit der zu schützenden Leitung verbunden.

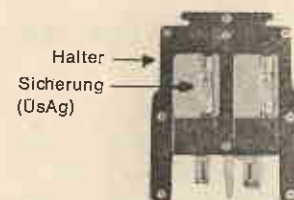


Abb. 5.16 — Sicherungshalter mit UsAg

In einem besonderen Sicherungsraum des ÜEVs sind die ankommenden und abgehenden Leitungen an Spannungs- und Stromsicherungen angeschlossen. Bei einer Absicherung der Leitung im ÜEVs entfällt in der Regel die Absicherung mit Sicherungsstecker am Hauptverteiler.

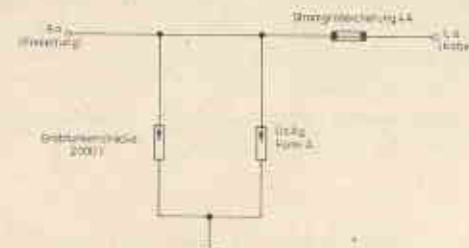


Abb. 5.17 — Sicherungsschutz im ÜEVs

- c) Überspannungsableiter im Sicherungskästchen (Sik) bei Teilnehmerendstellen mit oberirdischer Leitungszuführung als Schutz für die Teilnehmereinrichtungen und die Benutzer der Fernmeldeeinrichtungen.

Das Sicherungskästchen ist in der Nähe der Außenleitungseinführung anzubringen. Es enthält Strom- und Spannungssicherungen für eine Doppelleitung.

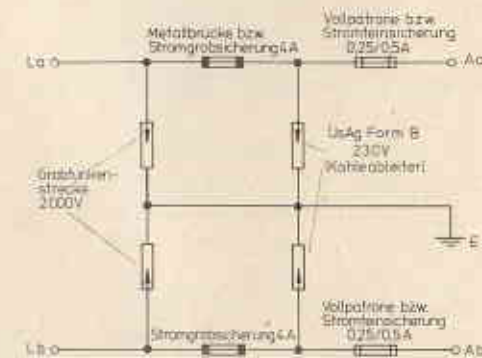


Abb. 5.18 — Sicherungsanordnung im Sik

Ein Bild des Sicherungskästchens 54 und seine Schaltung zeigt Abb. 5.19.

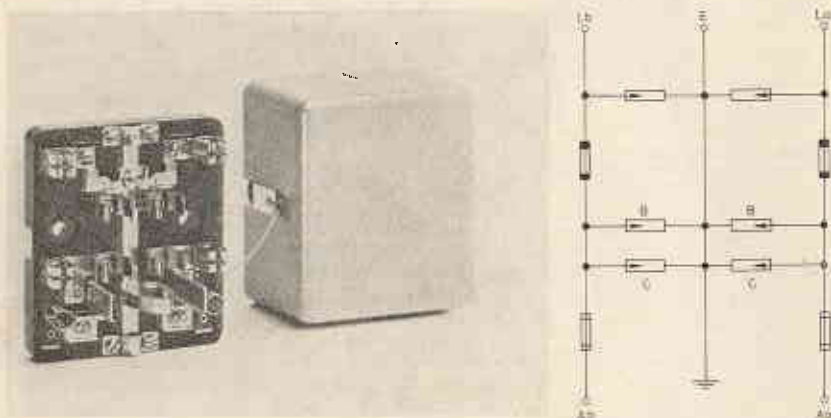


Abb. 5.19 — Vorderansicht und Schaltung des Sicherungskästchens 54
(Werkbild der Firma Krone)

6. Tasten und Schalter

6.1. Aufgaben und Verwendungsmöglichkeiten

Für Schaltvorgänge, die von Hand (manuell) einzuleiten und zu steuern sind, werden sehr oft **Tasten** und **Schalter** als Bedienungselemente eingesetzt. Sie werden bevorzugt für Abfrageplätze, Vermittlungsplätze, Bedienungsfelder von Prüfeinrichtungen und dgl. verwendet. Die Kontaktfedersätze der Tasten und Schalter entsprechen weitgehend denen der Relais; sie sind lediglich den vorliegenden Schaltaufgaben angepaßt. Die verschiedenen Möglichkeiten zur Kontaktbetätigung bei Tasten und Schaltern sind abhängig von ihrer Ausführung und den sich daraus ergebenden Bedienungseigenschaften. Abb. 6.1 zeigt zwei Kontaktfedersätze von Tasten oder Schaltern, die in einer bzw. zwei Betätigungsrichtungen betätigt werden können.



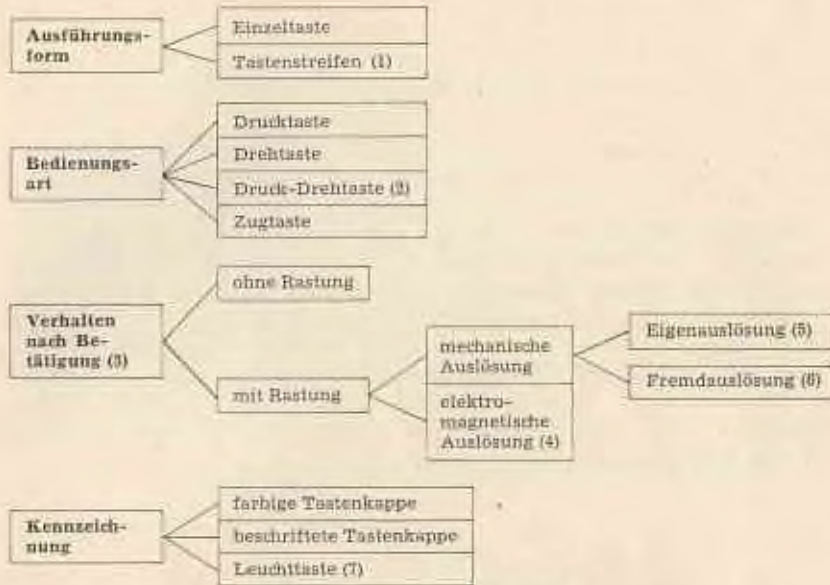
Abb. 6.1 — Beispiel für die Anordnung der Kontaktfedersätze
bei Tasten und Schaltern

6.2. Ausführungsarten der Tasten und ihre Merkmale

Das Arbeitselement zur Kontaktbetätigung ist bei der Taste ein Kegel, der als Verlängerung des Bedienungselements zwischen die Betätigungsfedern der Kontaktfedersätze gedrückt wird, wodurch die Kontakte betätigt werden.

Tasten werden in sehr vielfältigen Ausführungsarten hergestellt; deshalb sind die Tasten nachstehend anhand der wichtigsten Grundmerkmale erklärt. Soweit zu den nachstehend aufgeführten Einzelmerkmalen von Tasten noch Erläuterungen notwendig sind, verweist die eingeklammerte Ziffer auf die anschließenden Hinweise.

Tabelle 6.1: Ausführungsformen und Merkmale von Tasten

Abb. 6.2 — Einzelaste (federnd)
(Werkbild der Firma T u. N)Abb. 6.3 — Leuchttaste mit Eigenauslösung
(Werkbild der Firma T u. N)

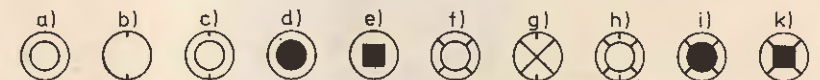
Erläuterungen zu den Merkmalen der Tasten:

- (1) Tastenstreifen: Bis zu 10 Tasten sind auf einem Streifen vereinigt. Die Tasten eines Tastenstreifens können als Einzelasten betätigt werden, sie können aber auch durch eine entsprechende Mechanik über eine gemeinsame Auslösung verfügen.

- (2) **Druck-Dreh-Taste:** Bei dieser Taste erfolgt die Kontaktbetätigung durch Druck der Taste. Durch die anschließende Drehbewegung der Taste wird die Taste festgestellt (eingerastet). Eine solche Taste kann also als federnde Taste (ohne Drehung) oder als rastende Taste (mit Drehung) verwendet werden.
- (3) **Verhalten der Taste nach ihrer Betätigung:** Hier ist zwischen Tasten zu unterscheiden, bei denen die Kontakte nach Betätigung durch den Federdruck wieder in ihre Ruhelage zurückgehen und einrastenden Tasten, bei denen die Kontakte erst durch einen weiteren Bedienungsvorgang (z. B. Ausschaltung) wieder in die Ruhelage gestellt werden (vgl. auch Erläuterung 2).
- (4) **Elektromagnetische Auslösung:** Diese Tasten verfügen über ein elektromagnetisches Rast- und Auslösesystem; sie werden deshalb **Magnettasten** genannt. Bei Kontaktbetätigung wird eine Haltespule eingeschaltet, die das Auslösen der Taste und der Kontakte verhindert. Ein anderer Kontakt (Relaiskontakt, andere Taste oder dgl.) unterbricht den Stromkreis der Haltespule und die Taste löst aus.
- (5) **Eigenauslösung:** Hier handelt es sich um eine einzelne Taste, die nach Betätigung einrastet und deren Kontakte betätigt bleiben. Erst bei nochmaligem Tastendruck (Eigenauslösung) wird der Rückstellmechanismus freigegeben und die Taste löst aus (vgl. hierzu Abb. 6.3).
- (6) **Fremdauslösung:** Diese Tasten rasten bei Betätigung ein. Sie werden durch das Drücken einer anderen Taste oder von einem zentralen Bedienungsplatz ausgelöst. Tasten in Fernsprechapparaten sind vielfach solche Rasttasten mit Fremdauslösung. Die Rückstellung der Tasten wird dabei dann durch das Auflegen des Handapparats bewirkt. Die Fremdauslösung findet man auch in Form einer gemeinsamen Auslösung bei Tastenstreifen.
- (7) **Leuchttaste:** Die Leuchttaste bildet zusammen mit einer Lampenfassung ein gemeinsames Bauteil. Die in die Lampenfassung eingesetzte Fernmeldekleinlampe kennzeichnet durch gleichbleibendes, flackerndes oder flimmern-des Leuchten einen bestimmten Betriebszustand, der für die Tastenbedienung von Bedeutung ist.

Nach den betrieblichen Erfordernissen unterscheidet man folgende Tastenbezeichnungen: **Druckaste**, **Drehtaste**, **Druck-Drehtaste**, **Zugaste**, **Leuchtdruckaste**, **Leuchtdrehtaste**, **Leuchtdruckdrehtaste**, **Magnettaste** und **Leuchtmagnettaste**.

In den Übersichten und den Belegungsplänen für Tastenfelder werden die verschiedenen Tasten durch Symbole gekennzeichnet (Abb. 6.4).



- | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| a) Druckaste, nicht einrastend | f) Leucht-Druckaste, nicht einrastend |
| b) Drehtaste | g) Leucht-Drehtaste |
| c) Druck-Drehtaste | h) Leucht-Druck-Drehtaste |
| d) Druckaste, einrastend | i) Leucht-Druckaste, einrastend |
| e) Magnettaste | k) Leucht-Magnettaste |

Abb. 6.4 — Schaltzeichen für Tasten

6.3. Ausführungsarten der Schalter und ihre Merkmale

Schalter erfüllen im wesentlichen die gleichen Aufgaben wie Tasten. Hier werden die Kontakte jedoch nicht durch Druck auf ein Bedienungselement, sondern durch Drehen oder Kippen eines Schalthebels betätigt. Es werden grundsätzlich unterschieden:

- a) Kippschalter und
- b) Drehschalter.

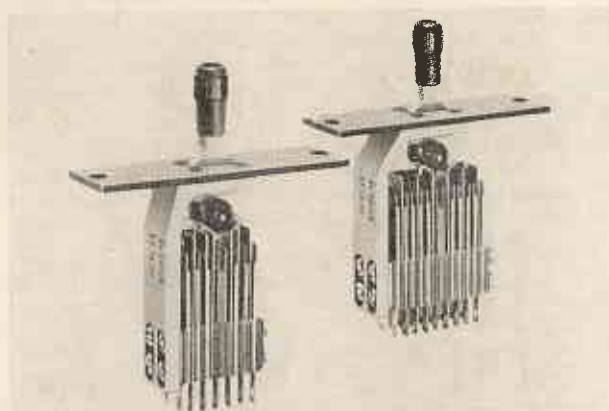


Abb. 6.5 — Kippschalter (Seitenansicht auf Federsatz)
(Werkbild der Firma T u. N)



Abb. 6.6 — Drehschalter
(Werkbild der Firma T u. N)

6.3.1. Kippschalter

In der Fernsprengerätetechnik werden **Kippschalter** als Abfrage-, Ruf-, Mithör-, Verbindungs- und Trennschalter eingesetzt.

Das Grundelement eines Kippschalters ist ein Metallwinkel, an dessen Schenkel die Kontaktfedersätze befestigt sind. Aus dem kurzen Winkelstück ragt der drehbar gelagerte Betätigungshebel heraus, der an der den Kontakten zugewendeten Seite zwei Gleitrollen hat. Diese Gleitrollen bewirken beim Kippen des Hebels die Kontaktbetätigung. Dieser Grundaufbau eines Kippschalters ermöglicht drei Schalterstellungen und ebenso viele Bedienungsmöglichkeiten. Je nach Aufgabenstellung wird der Schalter entsprechend ausgeführt.

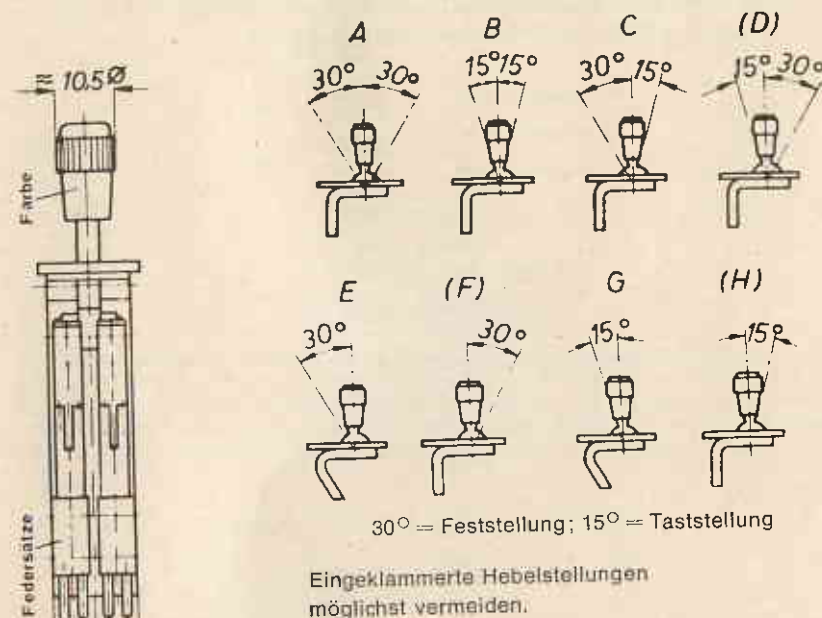


Abb. 6.7 — Kippschalter
(Vorderansicht)

Abb. 6.8 — Stellungen des Kippschalters

Werden Schalter mit mechanisch verriegelter Raststellung verwendet, so muß die federnd gelagerte Hülse des Betätigungshebels leicht angezogen und je nach gewünschter Stellung in ein zahnkranzähnliches Rastsegment eingerastet werden.

Zur Unterscheidung bestimmter Aufgabenstellungen der Schalter werden die Bedienungshebel mit farbigen Hülsen ausgestattet, die bei Bedarf auswechselbar sind.

6.3.2. Drehschalter

Drehschalter werden durch die Drehbewegung eines Hebels oder Drehknopfs in eine rastende Arbeitsstellung gebracht. Sie sind vielfach als **Sperrschalter** eingesetzt. Neben dem Drehschalter nach Abb. 6.6 gibt es auch Drehschalter in der Ausführung als **Paketschalter**. Bei diesem Schalter sind die Kontaktsätze auf verschiedenen scheibenförmigen Ebenen untereinander angebracht. Mit Schleifarmen werden die einzelnen Ebenen bei Schalterdrehung abgefühlt und so verschiedenartige Kontaktkombinationen hergestellt. Die gewünschte Hebelstellung ist auf einer unter dem Bedienungshebel liegenden Skala ablesbar. Paketschalter finden hauptsächlich Anwendung in Meß- und Prüfgeräten. Hierbei werden mit ihnen die einzelnen Meßkreise bzw. Prüffunktionen eingeschaltet.

7. Stöpsel und Klinken

7.1. Aufgaben und Verwendungsmöglichkeiten

Stöpsel und Klinken sind Steckverbindungsteile, die in der Regel als Betriebsmittel für handbediente Vermittlungseinrichtungen (Fernschränke und Nebenstellenanlagen mit handbedienten Vermittlungseinrichtungen, sogenannte Glühlampenschränke) verwendet werden. Die Handapparate und Sprechgarnituren von Abfrageplätzen werden vielfach auch über Stöpsel und Klinken angeschlossen.



Abb. 7.1 — Schaltzeichen

Die zu verbindenden Leitungen werden jeweils an Stöpsel und Klinken angeschlossen und durch Zusammenstecken der beiden Teile miteinander verbunden. In Zweischnursystemen (Schnurpaar) liegen alle Leitungen auf Klinken. Zur Verbindung zweier Leitungen werden die Abfrage- und Verbindungsschnüre (eines Schnurpaares) mit ihren Stöpseln in die Klinken der beiden Leitungen gesteckt.

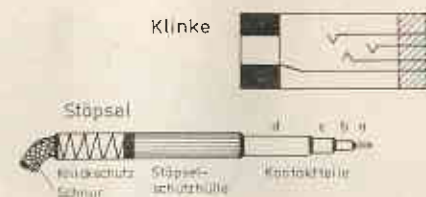


Abb. 7.2 — Stöpsel und Klinken

7.2. Ausführungsarten und Merkmale der Stöpsel

Der **Stöpsel** ist ein Steckverbindungsteil, bei dem die Kontaktstellen aus konzentrisch hintereinander angeordneten Ringen aus Messing

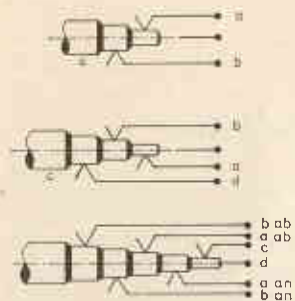


Abb. 7.3 — Stöpsel-Klinkenverbindung

sind vierpolig und haben einen dicken Griff und zum Teil seitliche Schnureinführungen; sie werden auch als Walzenstöpsel bezeichnet.

7.3. Ausführungsarten und Merkmale der Klinken

Die **Klinke** ist das Gegenstück für eine Steckverbindung über Stöpsel.

Durch Stecken des Stöpsels in die Klinke wird eine Verbindung zwischen den Stöpselringen und den Klinkenfedern bzw. der Klinkenhülse hergestellt (vgl. hierzu Abb. 7.3). Dabei wird eine Kontaktstelle zwischen dem Führungsring in der Klinkeneinführung (Klinkenhülse) und dem Stöpselring gebildet. Die anderen Kontaktstellen (Klinkenfedern) sind so ausgeformt und eingestellt, daß sie einen leichten Druck auf die Stöpselringe ausüben. Durch die beim Betrieb ständig durchzuführenden Steck- und Ziehvorgänge zwischen Stöpsel und Klinke werden die Stöpselringe und Klinkenfedern selbsttätig gereinigt.

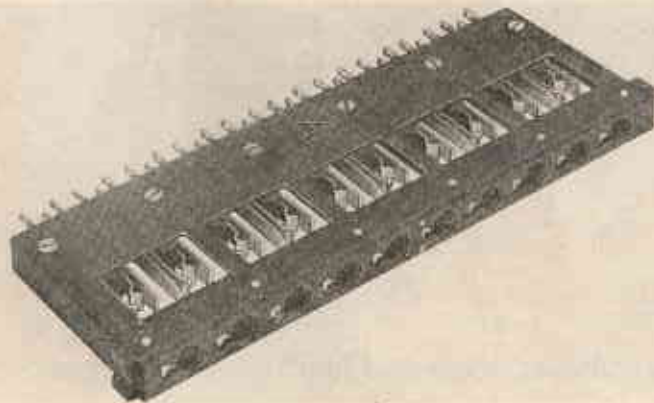


Abb. 7.4 — Klinkenstreifen
(Werkbild der Firma T u. N)

Neben der normalen Kontaktgabe über die Klinkenfedern können die Klinken auch noch zusätzlich mit Kontaktfedersätzen ausgerüstet sein, die dann beim Stecken des Stöpsels betätigt werden.

Klinken gibt es als **Einzelklinke** und als **Klinkenstreifen** (10- oder 20teilig). An den handbedienten Vermittlungsplätzen (Schnurvermittlungsplätze) werden die Klinkenstreifen zu Klinkenfeldern zusammengebaut.

7.4. Stöpselschnüre

Die am Stöpsel angeschlossene Schnur ist die **Stöpselschnur**, auch Leitungsschnur genannt. Ihre starke betriebliche Beanspruchung durch die ständige Bewegung beim Stecken und Ziehen des Stöpsels setzt einen besonderen Schnuraufbau voraus.

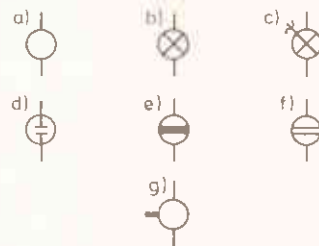
Die geforderte Beweglichkeit und Elastizität erreicht man durch die **Litzenleiter**. Ein Litzenleiter besteht aus einzelnen Litzenfäden. Die Litzenfäden sind Kupferbänder von etwa 0,3 mm × 0,2 mm, die auf einen Kunststoffträgerfaden aufgewickelt sind. Daraus ergibt sich der sogenannte **Lahnfaden**. Die aus mehreren Lahnfäden bestehenden Litzenleiter werden **Lahnlitzenleiter** genannt. Als Außenhülle der Stöpselschnur dient ein Perlongewebe, das gleichzeitig auch die Zugentlastung an den Anschlußstellen der Schnur gewährleistet.

8. Fernmeldelampen, Schauzeichen und Blindenfühlzeichen

8.1. Aufgaben und Arten der optischen Anzeigemittel

Lampen und **Schauzeichen** dienen dazu, bestimmte veränderliche Betriebs- und Bedienungszustände oder Unregelmäßigkeiten beim Betriebsablauf optisch anzuzeigen. Diese **optischen Anzeigemittel** sind in Anlagen und Apparaten der Fernmeldetechnik, z. B. als Anruf-, Belegungs-, Kontroll-, Prüf- und Aufmerksamkeitszeichen, eingesetzt. Sie zeigen die einzelnen Abläufe eines Betriebsvorgangs an und fordern gegebenenfalls zum Eingreifen bei Betriebsüberlastungen und technischen Störungen auf.

Im Zusammenhang mit den optischen Anzeigemitteln ist auch das Blindenfühlzeichen zu erwähnen, das anstelle der optischen Lampen- oder Schauzeichenanzeige eingesetzt wird, wo Abfrageeinrichtungen von augengeschädigtem Bedienungspersonal bedient werden.



- a) Sichtmelder, allgemein
 b) Glühlampe
 c) Glühlampe, blinkend
 d) Glimmlampe
 e) Schauzeichen (automatische Rückstellung)
 f) Schauzeichen (ohne selbsttätige Rückstellung)
 g) Blindentastzeichen

Abb. 8.1 — Schaltzeichen für optische Anzeigemittel

8.2. Aufbau und Ausführungsarten der Fernmeldelampen

Zur Signalisierung von Betriebsvorgängen oder technischen Störungen sowie zur optischen Kennzeichnung von abgeschalteten Weckersignalen werden vielfach **Glühlampen oder Glimmlampen** eingesetzt. Je nach ihrem Verwendungszweck unterscheidet man die Fernmeldelampen nach Signallampen, Beleglampen und Widerstandslampen.

Jede Glühlampe besteht aus einem luftleeren oder gasgefüllten Glaskolben, in dem sich der Glühdraht befindet. Die Enden des Glühdrahts sind mit den Kontaktstellen der Glühlampe leitend verbunden. Durch den Stromfluß wird der Glühdraht so stark erhitzt, daß er Licht abstrahlt.

Fernmeldelampen gibt es in den verschiedensten Ausführungsformen. In diesem Abschnitt werden jedoch nur die grundsätzlichen Angaben über den Aufbau und die Wirkungsweise von Fernmeldelampen behandelt.

Die Erfüllung der verschiedenartigen Anzeigefunktionen von Fernmeldelampen und die unterschiedlichen konstruktiven Einsatzbedingungen erfordern eine Vielzahl verschiedener Ausführungsformen für Fernmeldelampen. Die Bedeutung der durch Glühlampen angezeigten Signale wird durch folgende Bauausführungen erreicht:

- farbige Kennzeichnung** der Lampen (bl, ge, gn, rt, orange, ws, matt, klar);
- farbige Kappen** als Abdeckung der Lampenelemente (Abb. 8.3);
- Kennzeichnung des Signals durch **beschriftete Lampenabdeckungsstreifen** bei Lampen, die in einem Lampenstreifen zusammengefaßt sind;
- Einsatz der Lampen in einem **beschrifteten Tableau**;
- Lampe als Einsatz in einer **beschrifteten oder farblich gekennzeichneten Taste** (Lampentaste).

Die vorstehende Aufzählung zeigt, daß Lampen als Einzellampen, als Lampen in Lampenstreifen (jeweils 10 Lampen) oder als Lampen in Tasten eingesetzt werden. Weitere Unterscheidungsmerkmale für die Bauform der Lampen sind der nachstehenden Tabelle und der Abb. 8.2 zu entnehmen.

Sockelform	Form des Lampenkörpers
Schraubsockel (Abb. 8.2 b + d)	Kolben- oder Röhrenform
Stecksockel (Abb. 8.2 a)	Röhrenform
Bajonettsockel (Abb. 8.2 c + e)	Kolben- oder Röhrenform Kugelform Birnenform

Neben diesen Unterschiedsmerkmalen ist die erforderliche Nennstromstärke, die Nennleistung und die Nennspannung zu beachten.

Die Kombination all dieser verschiedenen Lampeneigenschaften führt dazu, daß es die unterschiedlichsten Fernmeldelampen gibt. Grundlage für die Lampenbeschaffung bei der DBP ist die **Karteiliste 473**, die alle bei der DBP geführten Lampen enthält. Die Industrie ist außerdem ständig bemüht, die Lampengestaltung den jeweiligen Bedürfnissen der Technik anzupassen. Vor allem ist man auch hier bestrebt, kleinere Lampenformen zu entwickeln, die eine geringe Leistungsaufnahme aber gute Leuchteigenschaften besitzen. In der Abb. 8.4 wird z. B. der Einsatz von Lampen im Zusammenhang mit gedruckten Schaltungen gezeigt.

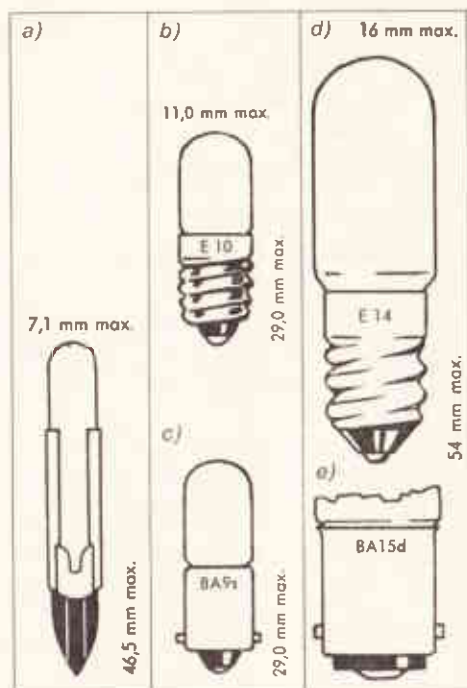


Abb. 8.2 — Fernmeldelampen mit verschiedenen Sockelformen
(Werkbild der Firma Taunuslicht)



Abb. 8.3 — Lampenfassungen
(Werkbild der Firma T u. N)

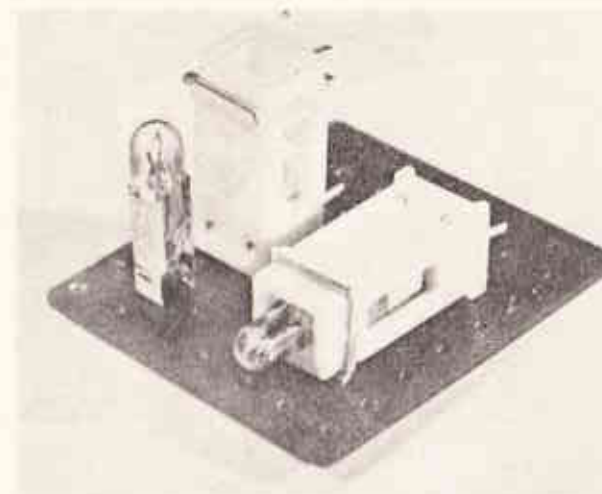


Abb. 8.4 — Fernmeldelampen in gedruckten Schaltungen
(Werkbild der Firma Taunuslicht)

8.3. Aufbau und Ausführungsarten der Schauzeichen

Schauzeichen unterscheiden sich von den Lampen neben dem Aufbau und der Wirkungsweise auch durch ihre geringe Leistungsaufnahme (Ansprechstrom etwa 15 bis 20 mA). Sie werden deshalb besonders dort eingesetzt, wo länger andauernde Betriebszustände angezeigt werden sollen. Ihr verhältnismäßig widerstandsfähiger Aufbau macht sie außerdem unempfindlich gegenüber mechanischen Einwirkungen. Sie werden als **Einzelschauzeichen** und **Streifenschauzeichen** eingesetzt.

Als **Einzelschauzeichen** dienen sie z. B. als Anzeigemittel in Fernsprechapparaten; als **Streifenschauzeichen** sind sie z. B. zur Belegungsanzeige in Vielfachfeldern von handbedienten Vermittlungsschränken eingebaut.

Schauzeichen werden als **Stern- oder Gitterschauzeichen** ausgeführt. Alle Schauzeichen sind mit einem kleinen Elektromagneten ausgerüstet, der bei Erregung das Anzeigeelement des Schauzeichens sichtbar macht.

Bei der Erregung des **Sternschauzeichens** wird ein drei- oder vierteiliger Stern (ws oder rt) sichtbar (vgl. hierzu Abb. 8.6). Er wird durch Federkraft in die Ruhelage zurückgestellt. Das Magnetsystem (a) betätigt bei Erregung einen Anker (b), der mit dem Schauzeichenstern (c) verbunden ist. Der Stern wird durch Drehbewegung sichtbar. Die Feder (d) ist die Rückstellfeder.

Die **Gitterschauzeichen** werden in 10- oder 20teiligen Schauzeichenstreifen zusammengebaut. Das als Anzeigemittel wirkende Schauzeichenelement ist hier eine weiße Metallzunge, die durch das Magnetsystem vor ein Fenster gehoben wird. Gitterschauzeichen nennt man auch **Besetztschauzeichen**.



Abb. 8.5 — Sternschauzeichen
(Werkbild der Firma T u. N)

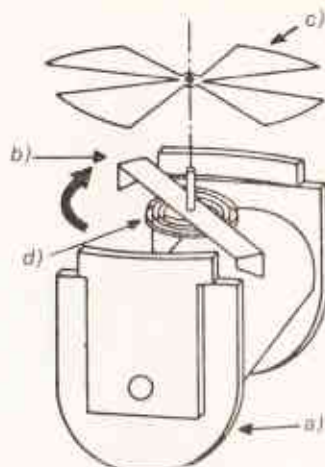


Abb. 8.6 — Prinzip eines Sternschauzeichens

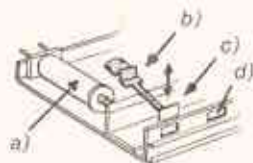


Abb. 8.7 — Streifen-Schauzeichen (Gitter-Sz)
(Werkbild der Firma Siemens AG)

Der zum Magnetsystem (a) gehörende Anker (b) ist an seinem verlängerten Ende mit einer Anzeigefahne (Zunge, c) ausgestattet, die bei Erregung des Ankers in dem Anzeigefenster (d) sichtbar wird (vgl. hierzu Abb. 8.7). Die Schwerkraft des Ankers bewirkt, daß die Anzeigefahne bei Ausschalten des Magnetsystems wieder in die Ruhelage herunterfällt (das Sz-Fenster ist dunkel). Solche Gitterschauzeichen werden in der Regel im Zusammenhang mit Klinkenstreifen zur Belegungs- und Anrufanzeige in handbedienten Vermittlungsschränken eingesetzt.

8.4. Blindenfühlzeichen

In der äußeren Form und den Abmessungen entspricht ein Blindenfühlzeichen der normalen Fernmeldekleinlampe nach Abb. 8.2 (a); es kann deshalb auch in Fassungen für diese Kleinlampen eingesetzt werden.

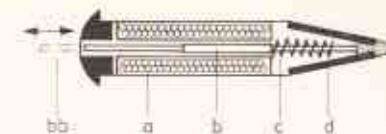


Abb. 8.8 — Blindenfühlzeichen

Eine Spule (a) im Schaft des Fühlzeichens zieht bei Erregung einen stiftförmigen Anker (b) an, an dessen Ende der eigentliche Fühlstift aus Kunststoff (bb) angebracht ist, der dann aus dem Zeichenelement heraustritt und so leicht abtastbar ist. Die Feder (c) bringt den Stift wieder in die Ruhelage zurück. Das Blindenfühlzeichen ist mit einem Stecksockel ausgestattet, der seitlich die Anschlußbügel (d) trägt (vgl. hierzu Abb. 8.8).

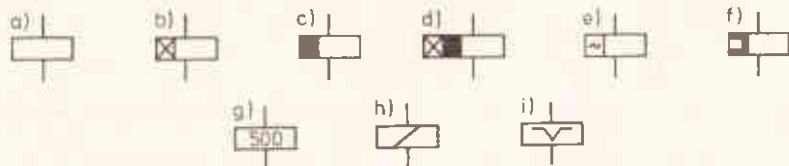
9. Fernmelderelais

9.1. Allgemeine Aufgaben und Verwendungsmöglichkeiten

In den Fernmeldeanlagen ist eine Vielzahl von unterschiedlichen Schaltfunktionen durch Kontaktbetätigungen auszuführen, die sehr zweckmäßig mit Hilfe von Relais¹ zu lösen sind.

Das Relais ist ein elektromagnetisch betriebener Schalter, mit dessen Kontakten andere Stromwege ein-, aus- oder umgeschaltet werden können. Im einzelnen ergeben sich folgende Anwendungsmöglichkeiten:

- Empfang eines elektrischen Signals** (Schaltkennzeichens), das gegebenenfalls umgesetzt werden kann, z. B. von Gleich- in Wechselstrom,
- Empfang und Verstärkung eines elektrischen Signals,**
- Ausführen von Schaltvorgängen unter bestimmten Schaltzeitbedingungen** (Anzugsverkürzung und -verzögerung, Abfallverkürzung und -verzögerung) und
- Ausführen von Koppelaufgaben** (Durchschalten von Leitungen) anstelle von elektromechanischen Wählern.



- Relais allgemein
- Relais mit Anzugsverzögerung
- Relais mit Abfallverzögerung
- Relais mit Anzugs- und Abfallverzögerung
- Wechselstromrelais
- gepoltes Relais (mit Dauermagneten)
- Relais mit Widerstandsangabe
- Relais, z. B. mit einer wirksamen Wicklung
- Relais mit zwei Schaltstellungen

Abb. 9.1 — Schaltzeichen für Fernmelderelais

In allen Bereichen der Fernmeldetechnik sind Relais der verschiedensten Ausführungsformen als vielseitig verwendbare Steuerungsbau- teile eingesetzt.

¹ Relais (franz.) = Vorspann

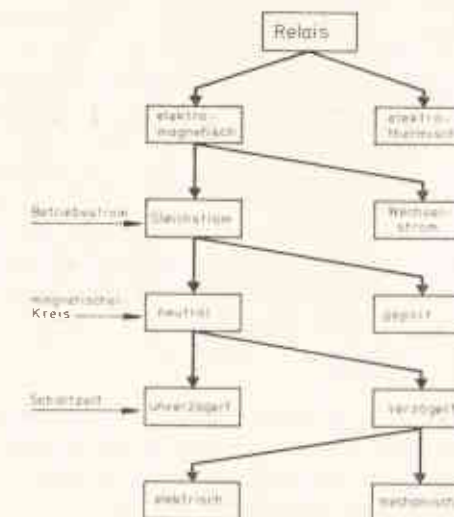
9.2. Ausführungsformen und Funktionsmerkmale

Relais führen ihre Kontaktbetätigungen durch die elektromagnetische Kraft ihres Spulen- bzw. Magnetsystems aus. Neben den ständig zunehmenden Einsatzmöglichkeiten **elektronischer Bauelemente** wird das Relais auch künftig in vielen Fernmeldeschaltungen unentbehrlich sein. Dies gilt vor allem dann, wenn die Schaltzustände „offen“ = „unendlich großer Widerstand“ und „durchgeschaltet“ = „sehr kleiner Widerstand“ (nahezu null Ohm) erforderlich sind.

Der allgemeine Begriff „Relais“ gilt für eine Vielzahl von Bau- formen, die durch eine Fülle von Unterscheidungsmerkmalen gekennzeichnet sind. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einige Beispiele für eine Einteilung der Relais:

- Konstruktion:** Rundrelais, Ovalrelais, Flachrelais, Haft- relais, Kammrelais, Doppelrelais;
- Betriebsstrom:** Gleichstromrelais, Wechselstromrelais, Reso- nanzrelais;
- Verwendung:** z. B. als Impuls-, Belegungs-, Prüf-, Wahl- begleit-, Speise-, Koppel- und Telegrafrelais;
- Art des magnetischen Kreises:** neutrale und polarisierte Relais;
- Arbeitsweise:** schnellschaltende Relais, verzögerte Relais;
- Kontaktarten:** Reedrelais, Schutzrohrkontaktrelais, Multi- reedrelais, Flachreedrelais, ESK-Relais;

Tabelle 9.1: Funktionsunterschiede von Relais



g) **Sonderbauformen:** Kleinrelais, Wählerrelais, Stufenrelais, Prüfrelais 55.

Ähnliche Unterscheidungsmerkmale sind aus der Tabelle 9.1 ersichtlich.

9.3. Konstruktiver Aufbau neutraler Relais

Der konstruktive Aufbau von Fernmelderelais wird hier anhand herkömmlicher neutraler Relais beschrieben. Darunter sind alle Relaisarten zu verstehen, die in den vergangenen Jahrzehnten entwickelt worden sind und auch noch heute den größten Teil der eingesetzten Relais ausmachen. Es sind dies die Relais, die aus einem Elektromagneten, einem Anker und einem oder mehreren Kontaktfedersätzen bestehen. Nach der Grundform des Relaispulenkerne unterscheidet man in der Reihenfolge der Entwicklung **Rundrelais**, **Flachrelais** und **Ovalrelais**.

9.3.1. Konstruktive Grundelemente der Relais

Fernmelderelais bestehen aus den Grundbauelementen: Eisenkreis, Spule und Kontakten.

Der **Eisenkreis** besteht aus dem Weicheisenkern mit einem Joch und dem daran befestigten Anker. Neutrale Relais haben einen magnetisch neutralen Eisenkreis. Im Gegensatz dazu befindet sich bei polarisierten Relais ein Dauermagnet in ihrem Eisenkreis.

Die **Spule** besteht aus einer oder mehreren Wicklungen, die auf dem Kern des Relais angeordnet sind und die zusammen mit dem Kern den Elektromagneten bilden. Ihre Anschlußlötfahnen befinden sich an der Rückseite des Relais.

Die **Kontaktfedern mit Kontakten** können durch den Anker über besondere Betätigungselemente elektromechanisch betätigt werden und entsprechend ihrer Anordnung Stromkreise öffnen, schließen oder umschalten. Die Kontaktfedern sind zu Kontaktfedersätzen zusammengefaßt, teilweise durch Gegenlagen mechanisch stabilisiert und mit Hilfe von isolierenden Zwischenlagen elektrisch getrennt. Eisenkreis und Spule bezeichnet man als **Erregerseite** des Relais. Die Kontaktanordnungen bilden die **Kontaktseite** des Relais.

9.3.1.1. Eisenkreis des Relais

Ein Grundelement für den Elektromagnet eines Relais bildet der **Eisenkreis**; das zweite Grundelement ist die **Relaiswicklung**.

Der für den magnetischen Fluß so wichtige Eisenkreis wird in der FTZ-Richtlinie **Flußführungsteil** genannt. Ein solcher Flußführungsteil besteht aus Kern

und Anker oder aus Kern, Joch und Anker. Neben seiner Aufgabe, das in der Relaispule entstehende Magnetfeld zu verstärken, dient der Kern auch als Träger für den Spulenkörper des Relais. Mit **Joch** bezeichnet man ein außerhalb der Spule liegendes Eisenteil, das zusammen mit dem Kern und dem Anker einen geschlossenen Eisenkreis bildet (Abb. 9.2). Vielfach ist der Anker am Joch befestigt (z. B. durch Achsen- oder Schneidenlagerung). Der bei einer Ansprech-erregung des Relais zur Kontaktbetätigung angezogene Teil des Eisenkreises ist der beweglich am Kern oder Joch befestigte **Anker**.

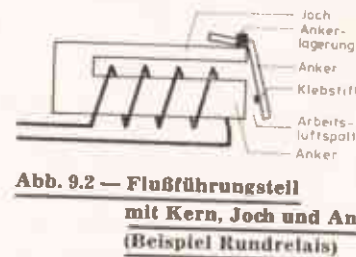


Abb. 9.2 — Flußführungsteil
mit Kern, Joch und Anker
(Beispiel Rundrelais)

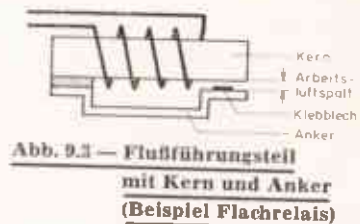


Abb. 9.3 — Flußführungsteil
mit Kern und Anker
(Beispiel Flachrelais)

Die Eisenteile des Flußführungsteils müssen aus einem **weichmagnetischen Werkstoff** mit möglichst hoher magnetischer Leitfähigkeit (Permeabilität) und einem möglichst geringen Restmagnetismus (Remanenz) bestehen.

Damit die Anzugskraft, die zum Anzug des Ankers an den Kern und somit zur Kontaktbetätigung erforderlich ist, möglichst gering gehalten wird, soll der Abstand zwischen Anker und Kern (**Arbeitsluftspalt**) so klein wie möglich sein. Die Wegstrecke, über die der Anker bei Betätigung bewegt wird, wird als **Ankerhub** bezeichnet. Damit der angezogene Anker bei Abfallerregung nicht durch einen verbliebenen Restmagnetismus am Kern hängen bleibt, wird der Anker an seiner Anschlagseite mit einem **Trennblech** (Flachrelais, Ovalrelais) oder mit einem **Trennstift** (Rundrelais) versehen. Je nach dem Relaisstyp und der erforderlichen Schaltzeit verwendet man Trennbleche aus Messing, Bronze oder Neusilber in den Stärken 0,05 bis 1,0 mm (vgl. nachfolgende Tabelle 9.2).

9.3.1.2. Relaiswicklungen (Spulen)

Außer dem Flußführungsteil gehören zum Elektromagneten des Relais eine oder mehrere **Relaiswicklungen**, die alle zusammen als **Relaispule** bezeichnet werden. Die Wicklungen sind auf einen Spulenkörper (z. B. auf dem Kern) oder freitragend (vgl. ESK-Relais) gewickelt. Eine Relaiswicklung besteht aus einer Vielzahl von Drahtwindungen.

Die Windungszahl ist neben der Stromstärke für die Anzugskraft des Relais von ausschlaggebender Bedeutung; deshalb darf die Windungszahl keine Abweichung aufweisen (Toleranz ± 0). Für den ohmschen Widerstand der Wicklungen sind Toleranzen von $\pm 10\%$

Tabelle 9.2: Trennbleche für Flachrelais 48

Kennzeichen	Dicke in mm			
bronzefarbig	0,1	0,4	0,7	1,0
messingfarbig	0,05	0,2	0,5	0,8
silberfarbig	0,15	0,3	0,6	0,9

Werkstoff	Dicke in mm	Lochanzahl
Nickel	0,05	1
	0,1	2
	0,15	3
	0,2	4

0,05 bis 0,2 mm dick	0,3 bis 1,0 mm dick
----------------------	---------------------

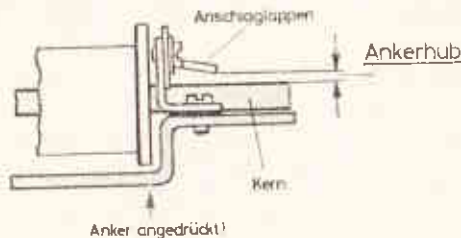


Abb. 9.4 — Ankerzone eines Flachrelais

zulässig. Der Spulenkörper als Wicklungsträger enthält auch die Anschlußelemente für die einzelnen Wicklungen in Form von Löt-fahnen. Die möglichen Wicklungsanordnungen zeigt die Abb. 9.5 am Beispiel eines Flachrelais 48 mit 6 Löt-fahnen für Wicklungsanschlüsse.

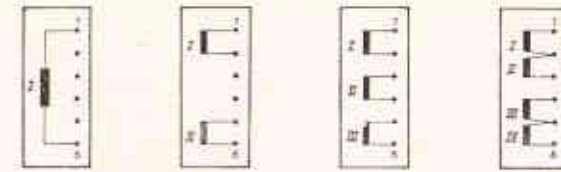


Abb. 9.5 — Beispiele für Wicklungsanordnungen an Flachrelais 48

Grundsätzlich unterscheidet man bei einem Relais zwischen elektromagnetisch wirksamen Wicklungen, Widerstandswicklungen und Dämpfungswicklungen.

Elektromagnetisch wirksame Wicklungen können den Anker zum Anziehen bringen oder eine Vor- oder Gegenerregung im Magnetfeld des Relais ausüben. Bei entsprechend starker Gegenerregung kann der angezogene Anker zum Abfallen gebracht werden.

Mit **Widerstandswicklung** wird eine magnetisch unwirksame Wicklung (bifilare Wicklung) bezeichnet, die man als Ersatz für Festwiderstände auf den Relaiskern mit aufbringt.

Dämpfungswicklungen sind Kurzschlußwicklungen aus wenigen Windungen blanken Drahts mit geringem ohmschen Widerstand. Bei **Flachrelais** sind z. B. 2, 4, 6 oder 8 kurzgeschlossene Drahtlagen unmittelbar auf den Kern gewickelt. Bei **Rundrelais** wird anstelle von Drahtdämpfungswicklungen ein Kupferrohr auf den Kern aufgebracht. Bei Stromänderung (Ein- und Ausschaltung) in der Erregerwicklung wird in der Dämpfungswicklung eine Spannung erzeugt, die versucht, die Stromänderung in der Erregerwicklung zu hemmen. Diese Wirkung der Dämpfungswicklungen hat zur Folge, daß außer den normalen Anzugs- und Abfallzeiten, die durch Selbstinduktion der Erregerwicklung, Kontaktfederdruck und die mechanische Trägheit bedingt sind, noch **zusätzliche Anzugs- und Abfallverzögerungen** entstehen.

Die wirksamen Wicklungen bestimmen das Arbeitsverhalten eines Relais im Erregerstromkreis. Sie werden deshalb auch als **Erregerwicklungen** bezeichnet. Man teilt die Erregerwicklungen ein in **Ansprechwicklungen**, **Haltewicklungen** und **Abwurfwicklungen**.

Die **Ansprechwicklungen** sollen das Relais zum Ansprechen bringen. Das bedeutet, daß der Anker des Relais aus der Ruhelage in die Arbeitslage geht. Dafür müssen die Ansprechwicklungen so ausgeführt sein, daß der von ihnen erzeugte magnetische Fluß den Anker sicher anzieht. Der magnetische Fluß wird so bemessen, daß zu dem erforderlichen Anzugsstrom ein Sicherheitszuschlag gegeben wird, der auch unter ungünstigsten Bedingungen einen sicheren Anzug des Relais gewährleistet.

Haltewicklungen sollen den angezogenen Anker festhalten. Weil im Arbeitszustand der Flußführungsteil (Eisenkreis) des Relais durch den angezogenen Anker besser geschlossen ist als im abgefallenen Zustand, wird für das Halten des Ankers weniger magnetische Kraft als für das Ansprechen gebraucht. Deshalb benötigen Haltewicklungen

geringere Windungszahlen oder schwächeren Erregerstrom als Ansprechwindungen.

Abwurfwicklungen werden zum Aufheben bestehender Magnetfelder gebraucht, um dadurch den Anker abfallen zu lassen. Sie werden so angeordnet, daß die Anzugskräfte zweier Magnetfelder sich gegenseitig durch Gegenerregung aufheben, damit der Anker des Relais sicher abfällt. Man erreicht eine solche Gegenerregung, indem zu der Erreger- oder Haltewicklung eine weitere Wicklung mit entgegengerichteter Erregung eingeschaltet wird (z. B. Erregerwicklung mit Anschluß 1-2; Abwurfwicklung mit Anschluß 6-5).

Eine wicklungstechnische Eigenart der Erregerwicklung sind die sogenannten **Symmetriewicklungen**. Es handelt sich dabei um zwei Wicklungen mit gleichen Windungszahlen und gleichen Widerstandswerten. Eine solche Symmetrie zwischen zwei Wicklungen wird erreicht, indem man die einzelnen Wicklungen auf dem Spulenkörper lagenmäßig aufteilt und dann zu zwei Wicklungen mit gleichen Werten zusammenschaltet. Relais mit Symmetriewicklungen sind z. B. in Mikrofonspeisestromkreisen eingeschaltet. Sie liegen dann jeweils in der a- und b-Leitung einer Fernsprechverbindung. Die Symmetriebedingungen sind erforderlich, um ein Über- oder Nebensprechen in anderen Fernsprechverbindungen zu vermeiden.

9.3.1.3. Spulenzettel eines Relais

Der auf die Relais aufgebrachte Spulenzettel enthält neben den genauen Angaben über die einzelnen Wicklungen auch die für eine Bestellung wichtige Bauvorschrift des Relais. Abb. 9.6 gibt ein Beispiel für die Angaben auf einem Spulenzettel (**Relaisaufdruckzettel**) an.

	Widerstand	Windungszahl	Werkstoff	
I (12)	45	2910	0,26 CuL	Isolation
II (34)	525	2890	0,09 CuL	
III	175	30	0,09 WdSS	
IV (56)	2000	bif.	0,07 WdSS	
Wicklung				
Wicklungsanschluß				
Lieferer Zeichen				
Bauvorschrift				
Drahtdurchmesser in mm				

Abb. 9.6 — Spulenzettel eines Relais

9.3.1.4. Kontakte der Relais

Die Kontakte eines Relais bilden den **Kontaktteil**, der vom Anker betätigt wird und andere Stromkreise ein-, aus- oder umschaltet. Ein **Relaiskontakt**, der die gegenseitige Berührung zweier elektrisch

leitender Teile darstellt, besteht aus den Kontaktfedern mit den aufgenieteten Kontaktstücken (Kontaktniete). Die **Kontaktfedern** bestehen aus Neusilber (Nickel/Kupfer/Zink-Legierung) oder Messing. Sie haben eine hohe Elastizität, damit durch die Federeinstellung (Justierung) die richtigen Kontaktbewegungen sichergestellt werden können.

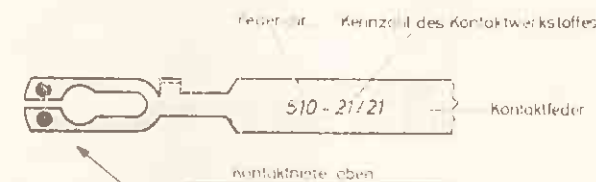


Abb. 9.7 — Kontaktfeder für Flachrelais 48

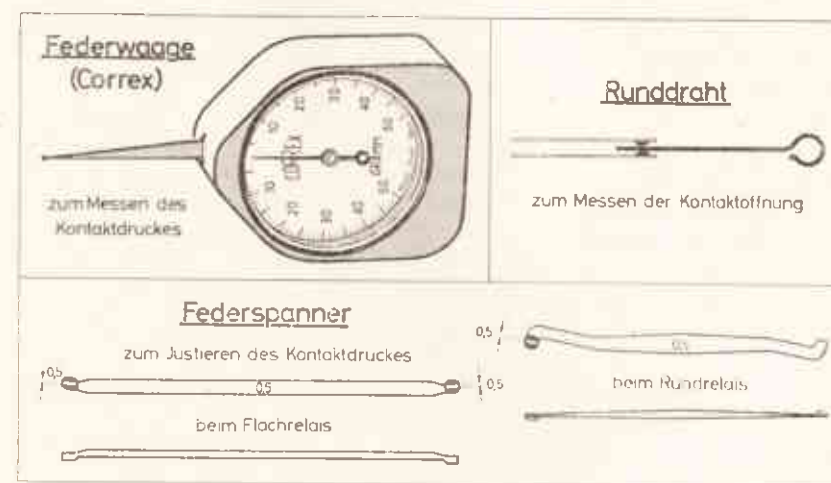


Abb. 9.8 — Einstell-(Justier-)Werkzeuge für Relaiskontakte

Die Kontaktstifte sind normalerweise halbrund. Als Kontaktwerkstoff (KW) wird in der Regel Silber verwendet. Bei besonderen Strom- bzw. Schaltbedingungen werden auch andere Nietformen und andere Kontaktwerkstoffe verwendet (z. B. bei funkengefährdeten Kontakten KW 40). In den Stromlaufzeichnungen werden dann die Nietmaterialien besonders gekennzeichnet (vgl. Tabelle 9.3).

Entsprechend ihrer Aufgabe gibt es **Arbeits-** und **Ruhefedern**. **Arbeitsfedern** werden durch einen an der Feder ausgebildeten Betätigungsflappen oder -pimpel vom Relaisanker bewegt. **Ruhefedern** liegen mit einem Stützflappen auf dem Spulenkörper oder auf einer Federgegenlage auf und werden durch die bewegte Feder eines

Tabelle 9.3: Gebräuchliche Kontaktwerkstoffe und ihre Zusammensetzung

Kontaktwerkstoff	Bezeichnung	Zusammensetzung	
KW 11	Platin-Iridium	90 Teile Platin	10 Teile Iridium
KW 12	Platin-Iridium	75 Teile Platin	25 Teile Iridium
KW 14	Platin-Wolfram	95 Teile Platin	5 Teile Wolfram
KW 21	Gold-Nickel	95 Teile Gold	5 Teile Nickel
KW 31	Palladium-Silber	30 Teile Palladium	70 Teile Silber
KW 32	Palladium-Kupfer	85 Teile Palladium	15 Teile Kupfer
KW 40	Wolfram	100 Teile Wolfram	—
KW 50	Silber	100 Teile Silber	—

Arbeitskontakts bewegt. Jede Kontaktfeder ist an ihrem Kontaktende geschlitzt und nimmt so zwei Kontaktniete auf (Abb. 9.7); jede Kontaktfeder ist also als Doppelkontakt ausgebildet. Der Doppelkontakt gewährleistet durch die geschlitzte Kontaktfeder einwandfreie Kontaktgabe und größte Elastizität (z. B. bei mechanischen Erschütterungen).

Form A  Kuppenkontaktniet	Form C  Zylinderkontaktniet, meist mit einer Wolframauflage
Form B  Trapezkontaktniet, ballig	Form D  Zylinderkontaktniet, ballig

Formen und Maße sind in DIN 46240 Bl. 1 festgelegt.

Abb. 9.9 — Kontaktnietformen

Das hintere Ende der Kontaktfeder ist das Anschlußstück der Feder und als Löffhahn ausgebildet. Je nach Art der Kontakte wird eine bestimmte Anzahl von Kontaktfedern unter Berücksichtigung einer gegenseitigen Isolierung zu einem **Kontaktfedersatz** zusammengeschichtet und auf das Joch bzw. auf den Spulenkörper des Relais nebeneinander aufgesetzt. Kontaktfedersätze eines Relais können bis zu sechs Kontaktfedern aufnehmen. Diese sechs Kontaktfedern können dann zwei übereinanderliegende Einzelkontakte ergeben (z. B. zwei Wechsler).

Bezeichnung	Kennzahl		Kontaktbild DIN 41020	Schaltzeichen alt	Schaltzeichen DIN 40713
	alt	neu			
Schließer	a	1			
Öffner	r	2			
Wechsler	u	21			
Zwillingsschließer	za	11			
Zwillingsoffner	zu	22			
Folgewechsler	fu	32			
Zweifachschließer	aa	1—1			
Folgezweifachschließer 1 schließt vor 2	faa	1+2			
Schließer-Öffner	ar	1—2			
Folgeschließer-Öffner 1 schließt, bevor 2 öffnet	far	1+1			
Schließer-Wechsler	au	121			
Folgeöffner-Schließer 1 öffnet, bevor 2 schließt	fra	2+1			
Zweifachöffner	rr	2—2			
Öffner-Zwillingsschließer	rza	211			
Zwillingsoffner-Schließer	zra	221			
Wechsler-Öffner	ur	212			
Getrenntschließer-Wechsler	gau	1—21			
Getrenntöffner-Wechsler	grau	2—21			

Die alten Bezeichnungen sind:
 Schließer = Arbeitskontakt; Öffner = Ruhekontakt;
 Wechsler = Umschaltkontakt

Abb. 9.10 — Kontaktarten für Relaiskontaktsätze

Man bedient sich beim Zusammenstellen der einzelnen Kontaktfedersätze einer sogenannten **Schichtvorrichtung**, in die alle Teile des Kontaktfedersatzes eingelegt und unter einem bestimmten Druck zusammengeschraubt werden. Die so vorbereiteten Kontaktfedersätze werden dann auf den Erregerteil des Relais (Joch oder Spule) aufgesetzt und angeschraubt.

Die Plätze eines Relais, auf denen Kontaktfedersätze angeordnet werden können, nennt man **Kontaktreihe**. Flach-, Rund- und Ovalrelais nehmen bis zu **drei** Kontaktfedersätze auf einer Kontaktreihe nebeneinander auf. Es gibt aber auch Relais mit fünf nebeneinanderliegenden Lochreihen für Kontaktfedersätze, in die jedoch nur drei Kontaktfedersätze nebeneinander aufgesetzt werden.

Die Gesamtheit aller Kontaktfedersätze bezeichnet man als **Kontaktsatz**. Werden bei einem Relais nicht alle Kontaktplätze belegt, dann sind die Kontaktsätze so aufzubringen, daß der Anker symmetrisch belastet wird.

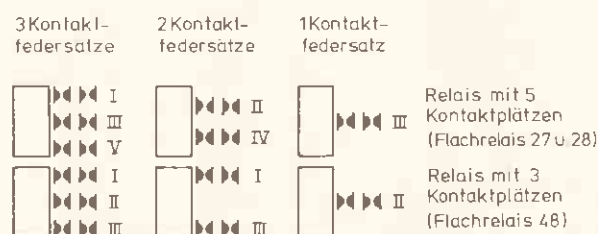


Abb. 9.11 — Anordnung der Kontaktfedersätze auf der Kontaktreihe

Die Plätze auf der Kontaktreihe des Relais werden mit römischen Ziffern (I, II, III oder I, III, V) bezeichnet. Innerhalb eines Kontakt-

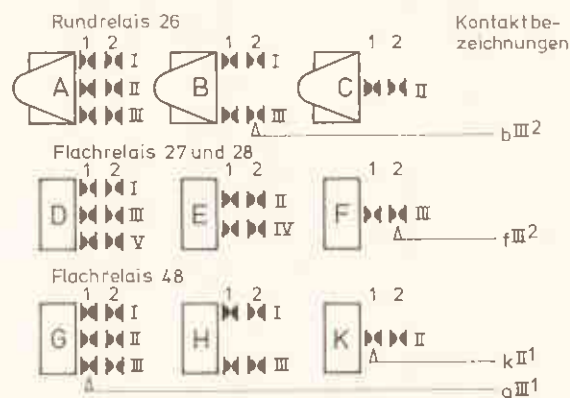


Abb. 9.12 — Zählweise der Relaiskontakte

federsatzes werden die Kontakte — auf dem Relaiskörper beginnend — mit arabischen Ziffern bezeichnet (Abb. 9.12). In Stromlaufzeichnungen wird vor diese Bezeichnung die Bezeichnung des Relais (kleiner lateinischer Buchstabe) gesetzt (z. B. a^{III}). Bei Relaisketten, deren Relais römische Ziffernbezeichnungen haben, werden die Kontakte mit arabischen Ziffern, die Lochreihe mit römischen Ziffern und die Folge im Kontaktfedersatz mit arabischen Ziffern bezeichnet (z. B. II^{III}).

9.3.2. Relaisbezeichnungen

Entsprechend ihrer Aufgabenstellung innerhalb der Schaltung einer Fernmeldeanlage werden die Relais mit großen lateinischen Buchstaben oder römischen Ziffern bezeichnet. Reicht ein Buchstabe zur Unterscheidung nicht aus, so wird ein zweiter, kleiner Buchstabe hinzugefügt (z. B. An-, Ph-, Ah-Relais).

Die Relaiskennzeichnung ist auf dem Relaisanker so angebracht, daß sie dann sichtbar ist, wenn man auf die Kontakte sieht. In den Schaltplänen für Fernmeldeanlagen sind die Relaisschaltzeichen mit den dazugehörigen Relaiskennzeichen versehen. Um dem Schaltungstechniker das Arbeiten an der Fernmeldeanlage zu erleichtern, werden die Relaisbezeichnungen so ausgewählt, daß sie Rückschlüsse auf die Aufgabe des Relais im Schaltungsablauf ermöglichen; z. B.

A-Relais	—	Relais in der a-Leitung
B-Relais	—	Relais in der b-Leitung
C-Relais	—	Relais in der c-Leitung
J-Relais	—	Impulsrelais
S-Relais	—	Speiserelais
P-Relais	—	Prüfrelais
NK-Relais	—	Netzkontrollrelais
I-Relais	—	Relais einer Wählkette, die aufgrund der Wählimpulse in einer bestimmten Reihenfolge ansprechen
II-Relais	—	
III-Relais	—	
Ah-Relais	—	Hilfsrelais für A-Relais
Ph-Relais	—	Prüfhilfsrelais

9.4. Wirkungsweise der Relais

Die Wirkungsweise eines Relais beruht auf der elektromagnetischen Kraft, die den Anker anzieht und durch den Ankeranzug eine Kontaktbetätigung bewirkt. Die Betätigung des Relais ist also abhängig von der Anzugskraft, die auf den Anker wirkt. Diese Anzugskraft ist abhängig von der elektrischen Durchflutung (Θ), die sich aus

der Windungszahl (N) der jeweils stromdurchflossenen Wicklung und dem fließenden Strom (I) ergibt.

Die elektrische Durchflutung ist das Produkt aus der Stromstärke und der Windungszahl. Ihre Einheit ist das Ampere, weil die Windungszahl die Einheit Eins hat. Zur besseren Unterscheidung zur Stromstärkeneinheit nennt man die Einheit der elektrischen Durchflutung häufig auch Amperewindung, Einheitenzeichen AW.

$$\Theta = I \cdot N \quad \text{A}$$

Die **Amperewindungszahl** eines Relais ist ein Maß für die **Anzugs-kraft**; sie muß stets so groß sein, daß das Relais bei Erregung sicher anzieht.

Die in der Abb. 9.13 dargestellte Magnetisierungskurve eines Relais zeigt, daß eine Verstärkung des magnetischen Flusses durch Erhöhung der Amperewindungen nur bis zu einer gewissen Stärke (etwa 500 AW) wirtschaftlich ist. Bei 1000 AW ist eine Verstärkung des magnetischen Flusses in Relais wegen der magnetischen Sättigung des Kerns nicht mehr erreichbar. Bei den gebräuchlichen Relais reichen 200 bis 400 AW aus, um eine für das Ansprechen des Relais ausreichende Magnetisierung zu gewährleisten. Die für eine Erregerwicklung benötigte Amperewindungszahl wird in der Praxis um einen **Sicherheitszuschlag** erhöht, dessen Faktor von den Funktionen des Relais abhängt. So benötigen schnell arbeitende Impulsrelais eine drei- bis fünffache Stromsicherheit; für Relais, die nicht impulsweise arbeiten, genügt eine zweifache Stromsicherheit. Bei sogenannten Ruherelais (z. B. Netzkontrollrelais, Ruhe-Überwachungsrelais) beträgt der Sicherheitsfaktor nur 1,5 bis 1,2.

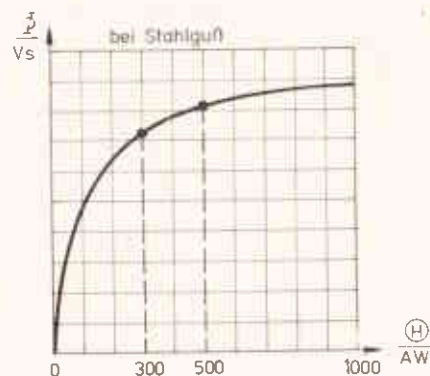


Abb. 9.13 — Magnetisierungskurve eines Relais

Der **Stromverlauf** in der **Erregerwicklung** eines Relais gleicht dem Stromverlauf in einer Spule mit Eisenkern. Lediglich der sich durch die Ankerbewegung verändernde Luftspalt (Änderung des Magnetfeldes) beeinflusst den Stromverlauf.

Vom Anzugszeitpunkt an wird der Luftspalt zwischen Kern und Anker immer kleiner und der magnetische Fluß stärker. Das stärkere Magnetfeld erhöht auch die Selbstinduktivität der Relaiswicklung, die den Erregerstrom schwächt, bis die Ankerbewegung endet. Dieser Vorgang erzeugt den Knick in der Stromkurve eines Relais (Abb. 9.14 b). Ist die Hubzeit des Relais — Zeit vom Beginn bis zum Ende der Ankerbewegung — zu Ende, verläuft die Stromkurve des Relais wie bei einer Spule mit Eisenkreis.

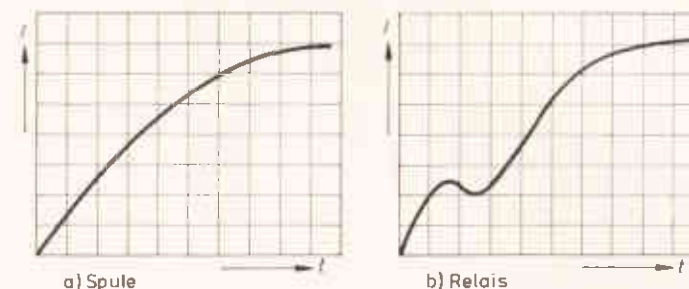


Abb. 9.14 — Stromverlauf in Spule und Relais

9.4.1. Fehlerregung

Mit **Fehlerregung** bezeichnet man den Zustand eines Relais, bei dem der Anker trotz Erregung nicht angezogen wird. Der dabei durch die Erregerwicklung fließende Strom wird als **Fehlstrom** bezeichnet; er soll nicht größer als das 0,8fache des Anzugsstroms sein. Bei Fehlstromerregung darf sich der Anker zwar im Bereich der Steg- oder Pimpelluft bewegen, jedoch dürfen keine Kontakte betätigt werden. Diese Werte gelten für Relais, bei denen keine besonderen konstruktiven oder schaltungstechnischen Maßnahmen zur Beeinflussung der Schaltzeiten angewendet sind.

9.4.2. Ansprecherregung

Durch die **Ansprecherregung** wird der Anker des Relais aus der Ruhe in die Arbeitsstellung gebracht, in der alle Kontakte mit Sicherheit betätigt sind. Der Ansprech- oder Anzugsstrom ist größer als der Fehlstrom; er wird um den Sicherheitszuschlag auf den **Betriebsanzugsstrom** erhöht. Das Selbstinduktionsverhalten der Spule sowie die mechanische Trägheit des Ankers und die Kontaktlast der zu betätigenden Kontaktfedern bewirken eine durchschnittliche Ansprechzeit von 5 bis 20 ms. Diese Zeitangabe gilt für Relais ohne Schaltzeitbeeinflussung.

9.4.3. Halteerregung

Die **Halteerregung** ist die Erregung, durch die der Anker nach dem Anzug mit Sicherheit in der Arbeitslage gehalten wird. Der dazu benötigte Strom wird **Haltestrom** genannt und kann bis zu 80 % niedriger sein als der Ansprechstrom (abhängig von der Kontaktlast).

9.4.4. Abfallerregung

Vermindert sich die Erregung unter den Wert des Haltestroms (20 % des Anzugsstroms), so fließt bei Abfall des Ankers der **Abfallstrom**. Der Relaisanker wird durch den Federdruck der Kontakte aus der Arbeits- in die Ruhelage zurückgedrückt. Die für die Abfallzeit eines Relais maßgebenden Faktoren sind die gleichen wie beim Ansprechen. Sie liegt im Durchschnitt bei 5 bis 15 ms, wenn keine verzögernden Maßnahmen angewendet sind.

9.5. Schaltzeitbeeinflussungen an Relais

9.5.1. Mittel und Möglichkeiten der Schaltzeitbeeinflussung

Der praktische Einsatz der Relais in den Fernmeldeanlagen bedingt in vielen Fällen andere Schaltzeiten (Ansprechzeit, Abfallzeit), als sie durch den konstruktiven Relaisaufbau vorgegeben sind. Zur Veränderung der Schaltzeiten können mechanisch-konstruktive und elektrische Mittel und Maßnahmen eingesetzt werden.

Mechanisch lassen sich Schaltzeiten durch eine Veränderung des Kontaktdrucks, die Trennblechdicke und die Verstellung des Arbeitsluftspalts (Abstand zwischen Anker und Kern) beeinflussen. Diese Maßnahmen dürfen jedoch lediglich in dem Rahmen getroffen werden, den die Toleranzwerte der Einstellvorschriften zulassen.

Bei den **elektrischen Maßnahmen** sind grundsätzlich zwei verschiedene Möglichkeiten zur Schaltzeitbeeinflussung zu unterscheiden:

1. Maßnahmen, die unmittelbar von dem Aufbau des Relais abhängig sind und
2. schaltungstechnische Lösungen, die durch eine Umschaltung verschiedener Wicklungen eines Relais oder in Verbindung mit anderen Bauelementen und Relais erreicht werden.

Man unterscheidet folgende Schaltzeitbeeinflussungen:

1. **Verlängerung der Ansprechzeit,**
2. **Verlängerung der Abfallzeit,**
3. **Verkürzung der Abfallzeit und**
4. **Verkürzung der Ansprechzeit.**

9.5.2. Verlängern der Ansprechzeit durch elektrische Maßnahmen

Die Ansprechzeit eines Relais kann durch einen **Vorwiderstand** verlängert werden. Wird vor das Relais ein Widerstand geschaltet (vgl. hierzu Abb. 9.15), so verringert sich durch den Spannungsabfall am Widerstand die Spannung für das Relais. Der geringere Strom läßt das Magnetfeld langsamer ansteigen, so daß das Relais verzögert anzieht. Man muß dabei berücksichtigen, daß die veränderte Betriebsspannung am Relais auch die Stromsicherheit beeinträchtigt. Mit dieser Maßnahme werden Verzögerungen bis etwa 25 ms erreicht.

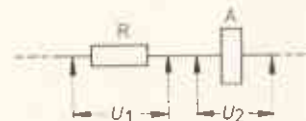


Abb. 9.15 — Anzugsverzögerung durch Vorwiderstand

Bei der **Differentialschaltung** werden zwei unterschiedliche Relaiswicklungen so gegeneinandergeschaltet, daß sich ihre Magnetfelder gegenseitig schwächen. Hierdurch kommt es zum Gegeneinander-

wirken beider Magnetfelder. Erst nach einer Verzögerungszeit bringt die stärkere Wicklung (in Abb. 9.16 die Wicklung 1-2) das Relais zum Ansprechen. Die Gegenwicklung kann parallel- oder hintereinandergeschaltet werden. Diese Schaltung ergibt Anzugsverzögerungen bis etwa 100 ms. Bei der **Parallelschaltung** entgegengesetzt gerichteter Relaiswicklungen entsteht **zusätzlich** eine Verlängerung der Abfallzeit, weil beim Abschalten die im Kurzschlußkreis liegenden Wicklungen gleichgerichtet magnetisiert sind.

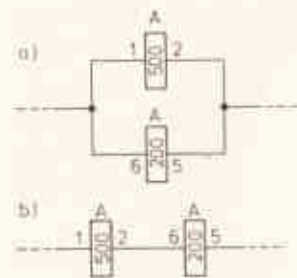


Abb. 9.16 — Anzugsverzögerung durch Gegenwicklung

9.5.3. Verlängern der Ansprechzeit durch mechanische Maßnahmen

Wenn der Federdruck der auf dem Anker aufliegenden Kontaktfedern **verstärkt** wird, muß vom Anker eine größere Kraft zur Kontaktbetätigung aufgewendet werden. Dadurch verlängert sich bei

gleichbleibender Amperewindungszahl die Ansprechzeit. Desgleichen verursacht eine Vergrößerung des Abstands zwischen Anker und Kern eine (**Arbeitsluftspalt**) Ansprechverzögerung.

9.5.4. Verlängern der Abfallzeit durch mechanische Maßnahmen

Die Abfallzeit eines Relais wird verlängert, wenn bei den als Rückstellkraft auf den Anker wirkenden Kontaktfedern der Druck **verringert** wird. Eine Verzögerung des Abbaus des magnetischen Feldes erreicht man durch die Wahl eines dünneren Trennblechs. Dadurch verringert sich der für den magnetischen Fluß wirksame Luftspalt, so daß die beim Abbau des Magnetfelds entstehende Selbstinduktivität größer wird, und daß dadurch das anhaltende Magnetfeld den Anker länger festhält.

9.5.5. Verlängern der Abfallzeit durch konstruktiv-elektrische Maßnahmen

Die am häufigsten angewendete konstruktive Maßnahme für Abfallverzögerungen ist die **Dämpfungswicklung**. Sie ist eine in sich geschlossene Wicklung mit möglichst wenigen Windungen und einem geringen ohmschen Widerstand. Durch jede Stromveränderung in der Erregerwicklung wird eine Spannung in der Dämpfungswicklung erzeugt. Der sich daraus ergebende Stromfluß versucht, das Magnetfeld der Erregerwicklung zu erhalten. Dies führt zu Verzögerungen beim Abfall des Relaisankers. Im Gegensatz zu einer erreichbaren Abfallverzögerung von **100 bis 500 ms** kann die dabei auch auftretende Anzugsverzögerung von 5 bis 10 ms im allgemeinen unberücksichtigt bleiben.

Bei **Rundrelais** verwendet man anstelle der Dämpfungswicklung ein **über den Kern des Relais geschobenes Kupferrohr** von 1 bis 4 mm Wandstärke, das die gleiche Wirkung hat wie die Dämpfungswicklung beim Flachrelais.

Die Art der verwendeten Verzögerungsmaßnahme ist auf dem Relais wie folgt gekennzeichnet:

- bei **Dämpfungswicklungen** auf dem Spulenzettel, z. B. **2 Lg 0,5 Cu**,
- bei **Kupferrohren** ist der Kern gekennzeichnet, z. B. **K 1**.

Kupferrohr		Dämpfungswicklung
1 mm (K 1)	≈	2 Lg Cu 0,5 Ⓢ
2 mm (K 2)	≈	4 Lg Cu 0,5 Ⓢ
3 mm (K 3)	≈	6 Lg Cu 0,5 Ⓢ
4 mm (K 4)	≈	8 Lg Cu 0,5 Ⓢ

(je größer der Cu-Querschnitt, um so länger die Verzögerungszeit)

Die gleiche Wirkung wie bei einer Dämpfungswicklung erreicht man durch den **Kurzschluß einer Zweitwicklung des gleichen Relais** (Abb. 9.17). Zum **Kurzschluß der Wicklung** wird ein **eigener Kontakt des Relais verwandt**. Eine zusätzliche Anzugsverzögerung ist dadurch ausgeschlossen.

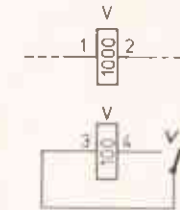


Abb. 9.17 — Relais mit Kurzschlußwicklung

9.5.6. Verkürzen der Ansprechzeit durch mechanische Maßnahmen

Da die Ansprechzeit eines Relais von der Kraft und dem Weg stark abhängig ist, die der Anker aufbringen bzw. zurücklegen muß, läßt sich hier durch entsprechende Maßnahmen die Ansprechzeit verändern. Eine Verkürzung erreicht man durch eine **Verringerung des Kontaktdrucks** und eine **Verkleinerung des Ankerhubs** (vgl. Abb. 9.4).

9.5.7. Verkürzen der Ansprechzeit durch schaltungstechnische Maßnahmen

Die Ansprechzeit eines Relais läßt sich durch eine **Vormagnetisierung** verkürzen. In der Schaltanordnung nach Abb. 9.18 erzeugt der Widerstand einen Spannungsabfall und verringert den Strom für das Relais, so daß in der Relaiswicklung nur ein Fehlstrom fließt. Der Fehlstrom reicht zum Ansprechen des Relais nicht aus; es kommt lediglich zu einer Vormagnetisierung. Bei einem Kurzschluß des Widerstands

erreicht das Relais schneller den Ansprechpunkt als bei unmittelbarer Anschaltung. Der Vorwiderstand muß aber so bemessen sein, daß beim Öffnen des a-Kontakts (vgl. hierzu Abb. 9.18) kein Haltestrom fließt, wenn der Relaisanker abfallen soll.

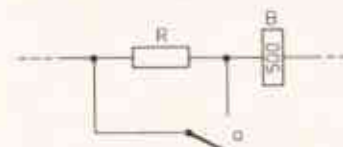


Abb. 9.18 — Vormagnetisierung eines Relais

Durch eine **Kondensatorschaltung** kann die Ansprechzeit eines Relais verkürzt werden. Ein Relais mit einer Erregerwicklung von geringem ohmschen Widerstand und geringer Induktivität ermöglicht durch den entstehenden hohen Strom den schnellen Aufbau eines sehr

starken Magnetfelds. Solche starken Ströme dürfen aber im Dauerbetrieb nicht über die Relaiswicklung fließen, da sie zu einer Zerstörung der Spule führen können. Die Schaltung nach Abb. 9.19 ermöglicht eine Ansprechzeitverkürzung durch einen kurzzeitigen starken Stromstoß, der bei Verwendung einer entsprechend bemessenen Wicklung während der Aufladezeit des Kondensators fließt. Der ungeladene Kondensator überbrückt bei der Anschaltung den Widerstand R, so daß ein starker Ansprechstrom fließt. Nach beendeter Kondensatoraufladung wird die Stromspitze durch den Widerstand wieder vermindert. Der Widerstand R ist so zu bemessen, daß ein Haltestrom fließt.

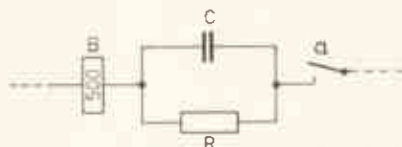
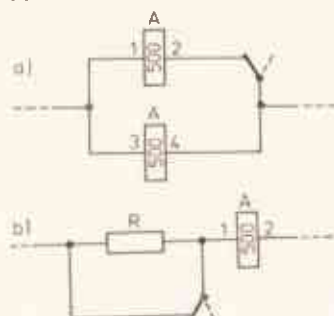


Abb. 9.19 — Anzugsverkürzung durch den Ladestromstoß eines Kondensators

9.5.8. Verkürzen der Abfallzeit durch schaltungstechnische Maßnahmen

Durch die **Veränderung der Amperewindungszahl** können die Schaltzeiten von Relais beeinflusst werden. Da alle Wirkungen eines Relais von den Amperewindungen als einem Produkt aus Strom und Windungen abhängen, kann durch Vermindern der Amperewindungen das Magnetfeld so stark geschwächt werden, daß es zu einer Abfallverkürzung kommt. Jedoch sind hierbei die Haltebedingungen für das Relais zu beachten.



(gestrichelte Kontaktstellung entspricht der für die Schaltzeitbeeinflussung benötigten Stellung)

Abb. 9.20 — Abfallverkürzende Relaischaltungen

Bei der Abfallverkürzung durch Verminderung der Amperewindungszahl unterscheidet man:

- Verminderung der wirksamen Windungszahl** durch Abschalten einer gleichgerichteten Erregerwicklung und
- Stromverminderung** durch Einschalten eines Vorwiderstands nach dem Anziehen des Relaisankers.

Durch eine **magnetische Gegenerröpfung** können Abfallverkürzungen erreicht werden. Wird zum Ausschalten

des Relais oder während des Abfallvorgangs eine Gegenwicklung eingeschaltet, so wird durch die umgekehrte Polarität des Magnetfelds der Zweitwicklung die Wirkung des Magnetfelds der Erstwicklung schneller abgebaut als bei Stromkreisunterbrechung.

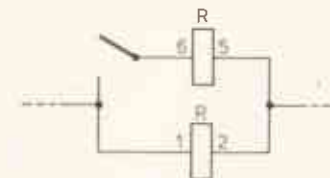


Abb. 9.21 — Relais mit zwei gegeneinandergerichteten, gleichstarken Wicklungen

9.6. Bauformen der Relais

Der größte Teil aller in Fernmeldeanlagen eingesetzten Relais sind **ungepolte (neutrale) Gleichstromrelais**; d. h. ihr Elektromagnetsystem arbeitet unabhängig von der Richtung des Erregerstroms. Nach ihrer Kernform unterscheidet man **Rund-, Flach- und Ovalrelais**. Daneben gibt es für besondere Aufgaben in der Telegrafien- und Übertragungstechnik **gepolte Relais** und **Wechselstromrelais**, die sich durch konstruktive Besonderheiten von den anderen Relais unterscheiden.

Relais ganz besonderer Bauart sind die **Edelmetall-Schnell-Kontaktrelais (ESK)**, die **Schutz-Rohr-Kontaktrelais (SRK)** und die **Relais mit Schutzgaskontakten in Metallgehäuse (SGM-Relais)**. Sie werden in modernen Fernmeldeanlagen — z. B. in Nebenstellenanlagen der Ausführung II — und in zentral gesteuerten Vermittlungsstellen anstelle der herkömmlichen Relais und der Wähler eingesetzt. Obwohl es sich bei diesen Relais um neutrale Gleichstromrelais handelt, unterscheiden sie sich in ihrem konstruktiven Aufbau grundsätzlich von den übrigen Relais. Das ist insbesondere bedingt durch die Schaltaufgaben dieser Relais; denn sie erfüllen neben den Steueraufgaben hauptsächlich Koppelaufgaben (Zusammenschalten von Verbindungsabschnitten). Weil dabei eine besonders gute Kontaktgabe notwendig ist, sind diese Relais mit Edelmetall- oder atmosphärisch geschützten Kontakten ausgerüstet.

9.6.1. Rundrelais

9.6.1.1. Konstruktiver Aufbau

Das Hauptmerkmal eines **Rundrelais** ist der runde Kern. Zum Flußführungsteil eines Rundrelais gehört ein Joch, an dem der Anker

beweglich befestigt ist. Man unterscheidet zwei Ankerlagerungen: Achsenlagerung und Schneidenlagerung (A und S).

Beim **Achsenankerrelais** ist das Ende des Jochs mit einem Achsenhalter ausgerüstet, an dem der Anker um eine Achse drehbar gelagert ist. Der Vorteil eines Achsenankerrelais liegt in seiner schnellen und präzisen Arbeitsweise. Es wird deshalb für Aufgaben verwendet, bei denen es auf sehr genaue Einhaltung der Schaltzeiten und schnell wechselnde Schaltzustände ankommt (z. B. Stromstoßrelais). Der Anker des **Schneidenankerrelais** (Abb. 9.23) ist auf dem schneidenförmigen Jochende gelagert. Eine Feder und eine Ankerhalteschraube verhindern ein Verkanten des Ankers auf dem Jochrand und ermöglichen so einen Einbau des Relais mit senkrecht (seitlicher) Kontaktsatzlage.

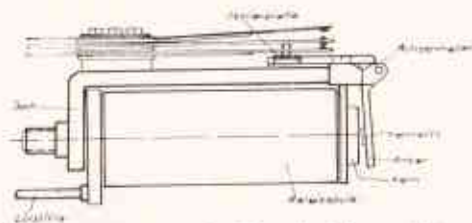


Abb. 9.22 — Rundrelais mit Achsenanker

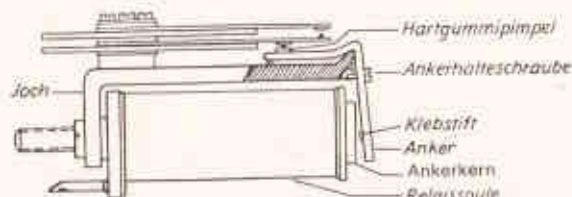


Abb. 9.23 — Rundrelais mit Schneidenanker

Der ursprünglich übliche Einbau der Rundrelais mit waagerechter Kontaktsatzlage wird bei modernen Einrichtungen nicht mehr angewendet, weil die senkrechte Kontaktlage eine Staubablagerung auf den Kontakten weitgehend vermindert.

9.6.1.2. Ausführungsformen der Rundrelais

Die **Rundrelais** sind die durch die Jahreszahl ihrer ersten praktischen Anwendung gekennzeichnet: **Rundrelais 22 und 26**. Mit dem Zusatzbuchstaben **A** oder **S** (**26A**; **26S**) wurde bei dem Rundrelais 26 die jeweilige Ankerlagerung gekennzeichnet. Diese Rundrelais sind heute noch in älteren Ortswählsystemen eingesetzt.

Bei den später entwickelten Relaisarten wurden die konstruktiven Grundmerkmale der Rundrelais auch für eine Reihe weiterer Relaisarten beibehalten z. B.:

für das **Rundrelais 34b** (Einfach- und Doppelrelais), das **Doppelrelais 55** (Abb. 9.24) und das **Kammrelais**.

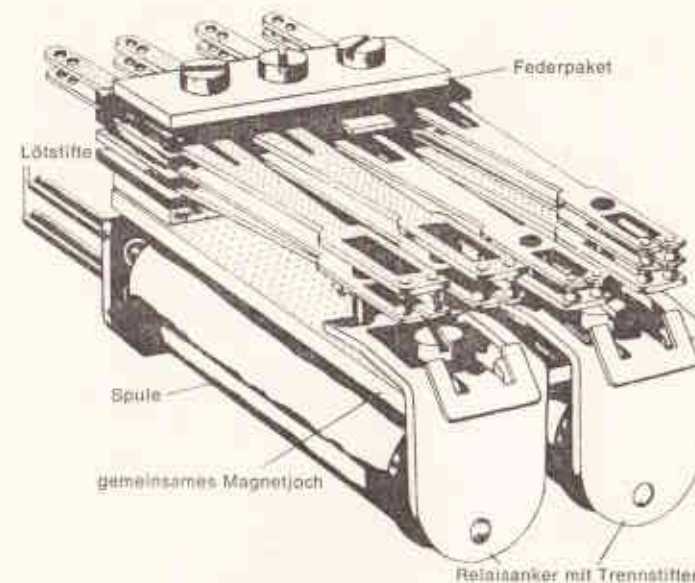


Abb. 9.24 — Doppelrelais 55

Bei einem **Doppelrelais** handelt es sich um eine konstruktive Einheit von zwei Relais, die ein gemeinsames Joch haben. Funktionsmäßig sind es aber zwei voneinander unabhängige Relais.

9.6.1.3. Kammrelais

Der Forderung der Technik nach immer kleineren Bauteilen, die sich speziell auch in gedruckten Schaltungen verwenden lassen, wurde mit der Entwicklung der **Kammrelais** Rechnung getragen.

Kammrelais werden in vielen Einzeltypen hergestellt, um möglichst viele Anwendungsgebiete zu erfassen. Nach der Höhe der Kontaktfedersätze fertigt man unterschiedliche **Größen (I, II, III)** an. Weitere Unterschiede sind durch verschiedene Betriebsströme, unterschiedliche Einbauarten und Kontaktwerkstoffe bedingt. Die Kammrelais sind mit einer durchsichtigen Kappe zum Schutz gegen Beschädigung und Eindringen von Staub abgedeckt oder mit einer das Relais hermetisch abschließenden Metallkappe versehen. Es gibt Kammrelais in steckbarer Ausführung und für festen Einbau. Abb. 9.25 zeigt Steckfassungen für **Lötanschluß** (links) und für **gedruckte Schaltungen** (rechts). Das Relais (Größe I und II) und die Fassungen mit den Haltebügeln der Abb. 9.25 entsprechen in etwa der Originalgröße.

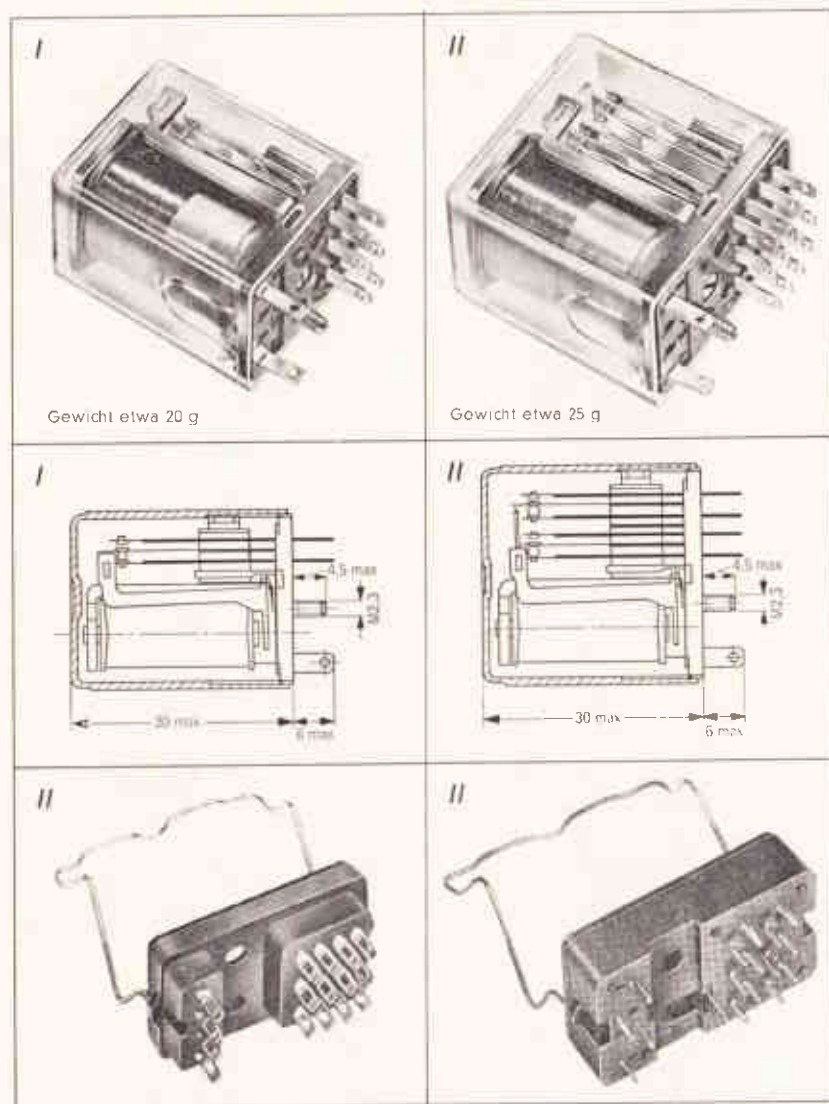


Abb. 9.25 — Kammrelais

9.6.2. Flachrelais

9.6.2.1. Konstruktiver Aufbau des Flachrelais 48

Einen weitaus größeren Einsatzbereich als Rundrelais haben **Flachrelais** gefunden. Wie beim Rundrelais ist auch hier der Name des

Relais von der Form des Kerns abgeleitet (flacher, rechteckiger Kern). Bei diesem Relais hat auch der Anker die Form eines Flacheisens, das seitlich den gesamten Wicklungskörper umschließt. Der Standardtyp des Flachrelais ist das allgemein eingeführte **Flachrelais 48**, dessen Vorläufer die Flachrelais 27 und 28 sind.

Die Konstruktionsvorteile des Flachrelais liegen in den rationellen Fertigungsverfahren der Einzelteile, die fast ausschließlich gestanzt oder gepreßt werden.

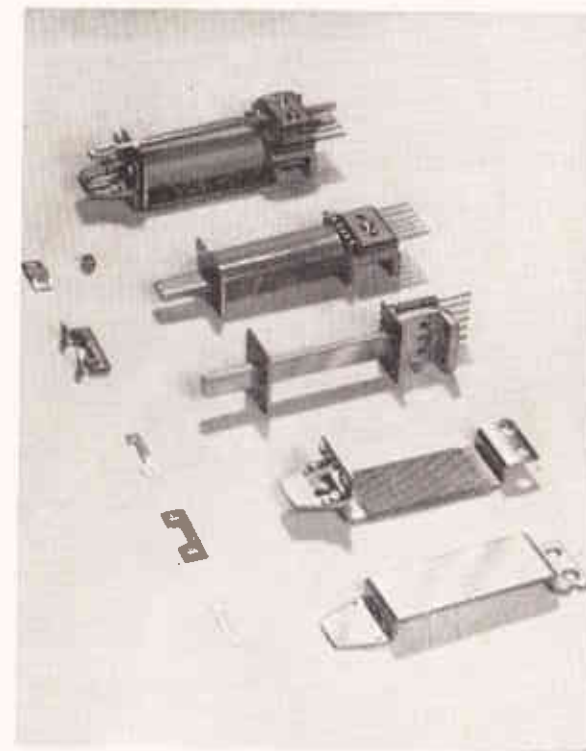


Abb. 9.26 — Einzelteile des Flachrelais 48

Anstelle des Jochs wird zur Bildung des Flußführungsteils ein u-förmig gebogenes Ankerblech verwendet. Dieses Ankerblech ist mit zwei Schrauben über eine Ankerfeder mit einem Ankerhaltewinkel mit dem Kern verbunden. Ankerfeder und Ankerhaltewinkel stellen ein Anschlagwinkel mit Anschlaglappen zur Einstellung des Ankerhubs und ein Isoliersteg zur Kontaktbetätigung (Abb. 9.27). Das Trennblech aus nichtmagnetischem Werkstoff (Messing, Bronze, Neusilber) ist zwischen Anker und Anschlagwinkelbefestigung eingelegt. Nach Bedarf kann zwischen den Trennblechstärken 0,05 und 1 mm gewählt werden. Das 110 mm lange Flachrelais 48 hat 6 Wicklungsanschlüsse (Flachrelais 27 und 28: 5 Wicklungsanschlüsse) und kann somit drei getrennte Wicklungen aufnehmen. Abb. 9.27 zeigt die Normalausführung des Flachrelais 48.

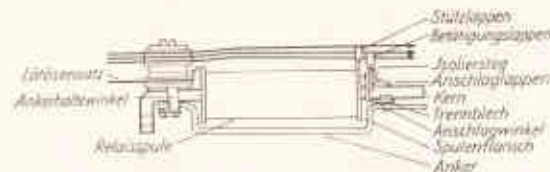


Abb. 9.27 — Flachrelais 48 (in der Einbaulage von oben gesehen)

Die **Lebensdauer** eines Relais wird nach der Mindestanzahl der fehlerfrei auszuführenden Schaltbetätigungen bemessen. Für das Flachrelais 48 beträgt die Lebensdauer $2 \cdot 10^7$ Schaltbetätigungen.

9.6.2.2. Haftrelais

Das **Haftrelais** ist eine Sonderausführung des Flachrelais 48. Die bei der Arbeitsweise eines normalen Relais unerwünschte und durch ein Trennblech verminderte Wirkung des Restmagnetismus wird beim Haftrelais zu einer **stromlosen Halteerregung** ausgenutzt. Durch eine konstruktive Verbesserung des magnetischen Flusses im Flußführungsteil wird der einmal angezogene Anker des Relais auch im stromlosen Zustand noch in seiner Arbeitsstellung (angezogen) gehalten.

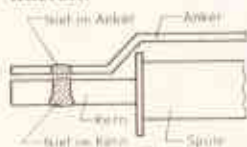


Abb. 9.28 — Anker- und Kernniete des Haftrelais

Kern und Anker des Haftrelais haben an ihren Arbeitsflächen eingelassene Niete aus nichtrostendem Stahl (Nirosta oder Remanit). Diese beiden Niete sind plangeschliffen und stehen sich so genau gegenüber, daß kein Luftspalt mehr verbleibt. Der im Kern und Anker nach der Ansprecherregung verbleibende **Restmagnetismus** wird durch diese Niete gebündelt wirksam und reicht aus, um den Anker auch ohne besonderen Haltestrom in Arbeitsstellung zu halten. Erst eine besonders einzuschaltende Rückstellerregung bringt den Anker wieder in die Ruhelage. Diese Rückstellung wird durch eine Abwurfwicklung erreicht, die bei Erregung ein dem Restmagnetismus entgegengerichtetes Magnetfeld aufbaut.

Haftrelais können in der Fernmeldetechnik vor allem bei Wählsterneinrichtungen, Gemeinschaftsumschaltern und in Nebenstellenanlagen eingesetzt werden.

9.6.2.3. Flachrelais als Stufenrelais

Eine weitere Sonderkonstruktion des Flachrelais 48 ist das **Stufenrelais**, das zwei Schaltstufen nacheinander ausführt.

An den Anker des Stufenrelais ist an der Außenfläche eine besondere Zugfeder angebracht. Am vorderen Ende der Ankerfeder ist ein Anschlagstift befestigt, der durch eine Bohrung an der Ankeranschlagfläche in den Raum zwischen Anker und Kern hineinragt. Der Druck der Feder ist so eingestellt, daß der Anschlagstift etwa bis zur Mitte in den Luftspalt zwischen Anker und Kern

hineinragt. Das Relais hat zwei **elektromagnetisch wirksame Wicklungen**. Die Wicklung für die erste Schaltstufe zieht den Anker so weit an, daß der Anschlagstift den Kern berührt und die Kontakte der ersten Schaltstufe betätigt. Zum vollen Ankeranzug ist die Erregung der **zweiten Wicklung** notwendig, denn nur mit ihrer Anzugskraft kann der Zug der Ankerfeder überwunden und der Anker voll angezogen werden. Die Reihenfolge der Kontaktbetätigung wird im Zusammenhang mit den Kontaktbezeichnungen durch eine Zusatzziffer angegeben; teilweise kennzeichnet man die Kontakte des Stufenrelais auch nach der Ankerstellung (Beispiel b).

Kontaktbezeichnungen beim Stufenrelais:

Beispiel a: $s^{111} 1$; $s^{112} 2$
 Beispiel b: sm^{111} ; (Vollanzug des Ankers)
 sv^{112} (Mittelstellung des Ankers)

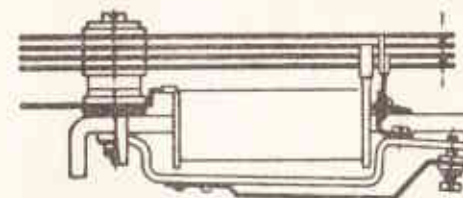
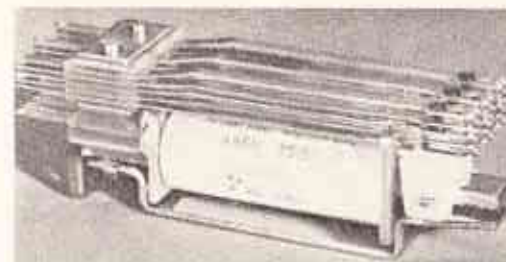
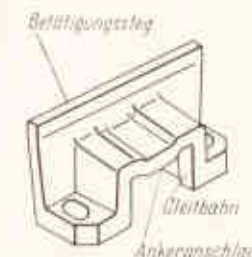


Abb. 9.29 — Stufenrelais

Stufenrelais werden verwendet, wenn zwei Schaltstufen in bestimmter zeitlicher Folge aufeinander abzustimmen sind. In Verbindung mit Zeitschaltkontakten ist z. B. die Bemessung von Anschaltezeiten und der Abwurf von fehlerhaften Verbindungen durch Stufenrelais möglich (Anwendung in Einrichtungen des SWFD).

9.6.2.4. Flachrelais 48 G

Die steigenden Anforderungen an die technische Güte der Fernmeldeanlagen führten zu einer Weiterentwicklung des Flachrelais 48, nämlich zu dem **Flachrelais 48 G**. Der Buchstabe „G“ bedeutet dabei Gleitführung und weist auf die neue Form des Betätigungsglieds dieses Relais hin.

Abb. 9.30 — Flachrelais 48 G
(Werkbild der Firma SEL)Abb. 9.31 — Gleitführung für das Flachrelais 48 G
(Werkbild der Firma SEL)

Beim Flachrelais 48 besteht das Betätigungselement aus dem Anschlagwinkel mit Anschlaglappen, dem Betätigungssteg, dem Druckblech sowie dem zur Ankerhalterung benötigten Ankerhaltewinkel. Diese vier Teile des Flachrelais 48 werden beim Flachrelais 48 G durch ein einziges Teil, die **Gleitführung**, ersetzt. Hierdurch wird die Anzahl der Relais-einzelteile beim Flachrelais 48 G um drei Teile verringert. Die Gleitführung besteht aus einem Kunststoffbügel, der sehr gute Gleiteigenschaften und geringen Abrieb aufweist. Hierdurch erhöht sich die Lebensdauer des Flachrelais 48 G gegenüber dem Flachrelais 48 um das Fünffache auf etwa 10^6 Schaltbetätigungen. Außerdem ist der Unterhaltungsaufwand beim Flachrelais 48 G geringer als beim Flachrelais 48.

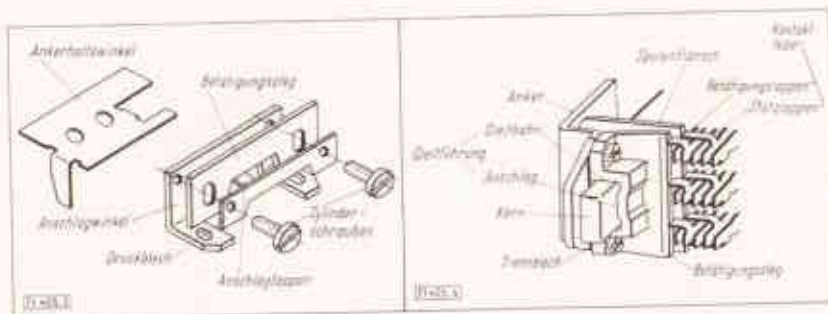


Abb. 9.32 — Unterschiedliche Betätigungsglieder bei Flachrelais 48 und 48 G

Die Gleitführung umschließt den Kern des Flachrelais 48 G an drei Seiten. Dadurch ist eine stabile Ankerführung gewährleistet, so daß die Einstellwerte für Ankerhub, Stegluft und Seitenspiel streng eingehalten werden.

Folgende Vorteile ergeben sich für das Flachrelais 48 G durch Verwendung der Gleitführung im Vergleich mit dem Flachrelais 48:

1. Verbesserung der mechanischen Eigenschaften (Gleitreibungen) durch Abriebfestigkeit und Elastizität des Kunststoffs,
2. Einengung der Streubreiten bei der Ansprecherrregung und Abfallerrregung,
3. Wegfall des Ankerhaltewinkels und des durch Abrieb am Haltewinkel entstandenen vergrößerten Seitenspiels des Ankers,
4. verminderte Gefahr von Kontaktprellungen und dadurch geringerer Kontaktverschleiß,
5. zwei Einbaulagen des Flachrelais 48 G (vgl. hierzu Abb. 9.33) und
6. Verringerung des Unterhaltungsaufwands.

Eine weitere Verbesserung des Flachrelais 48 wurde durch neue **Isolierteile aus Kunststoffspritzteilen** bei Flachrelais 48 G erreicht (Isolierteile des Flachrelais 48: Hartpapierstanzteile). Der hintere Spulenflansch ist dabei so gestaltet, daß die Spulen automatisch gewickelt werden können.

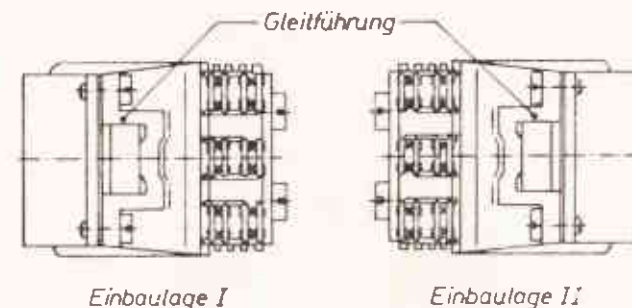


Abb. 9.33 — Einbaulagen des Flachrelais 48 G

Die **Einstell- und Abnahmevorschriften** für die Relais 48 und 48 G sind in der **FTZ-Vornorm 211 143 ES 1** (von Dez. 1972) aufgeführt.

Damit die Verbesserungen der Flachrelais 48 G auch für Flachrelais 48 ausgenutzt werden können, ist ein **Gleitsteg** entwickelt worden (Abb. 9.34), der anstelle des Betätigungsstegs eingebaut werden kann und für folgende Relaisausführungen vorgesehen ist:

- a) normale Flachrelais 48,
- b) normale Flachrelais 48 mit Ankerhubeinstellungen von 1,1, 1,3 und 1,5 mm und
- c) Haftrelais.

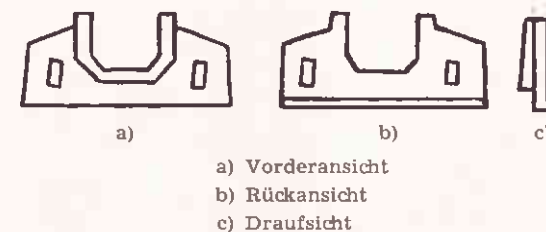


Abb. 9.34 — Gleitsteg für Flachrelais 48 (M 1 : 1)

Dieser Gleitsteg ist jedoch zur Zeit vom FTZ noch nicht typegeprüft und deshalb für den Einbau noch nicht zugelassen.

9.6.3. Ovalrelais

Das Hauptmerkmal des **Ovalrelais** ist der ovale Kern. Das Ovalrelais wird häufig in der Nebenstellentechnik verwendet und verfügt wie das Flachrelais über präzise Schalteigenschaften. Durch eine besondere Ankerhaltfeder (Ovalrelais 462) kann diese Schaltpräzision noch verbessert werden.

Der **Anker** des Ovalrelais arbeitet mit einer sogenannten Kantenlagerung. In seitliche Aussparungen des Jochs wird der **Ankerwinkel** mit der Isolierplatte zur Kontaktbetätigung und die **Ankerplatte** eingehängt. Mit der Befestigungsschraube für die Ankerplatte ist das Ankerspiel einstellbar. Auf die Ankerplatte wird ein Trennblech (mögliche Stärken 0,1 bis 0,6 mm) aufgeklemmt. Da das Trennblech nicht wie beim Rundrelais angeschraubt, sondern durch Einbiegen in zwei Bohrungen festgeklemmt wird, ist seine Auswechslung nicht ganz einfach.

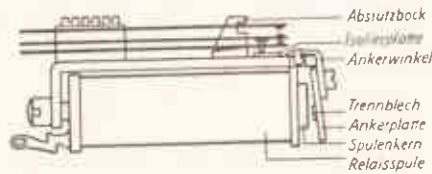


Abb. 9.35 — Ovalrelais 46
(Werkbild der Firma T u. N)

Die **Kontaktfedern** (bis zu 6 je Kontaktfedersatz) ruhen einzeln auf besonders ausgearbeiteten **Abstützböcken**, die für jeden Kontaktfedersatz auf dem Joch befestigt sind. Betätigungsteile sind nicht wie bei den Federn des Flachrelais abgewinkelte Federteile, sondern auf die Federn aufgebraute **Kontaktbetätigungspimpel** aus Messing. Die ursprüngliche besondere Zählweise der Kontakte des Ovalrelais (Kontakt 1 bis 6) wurde auf die gleiche Zählweise wie beim Flachrelais 48 geändert.

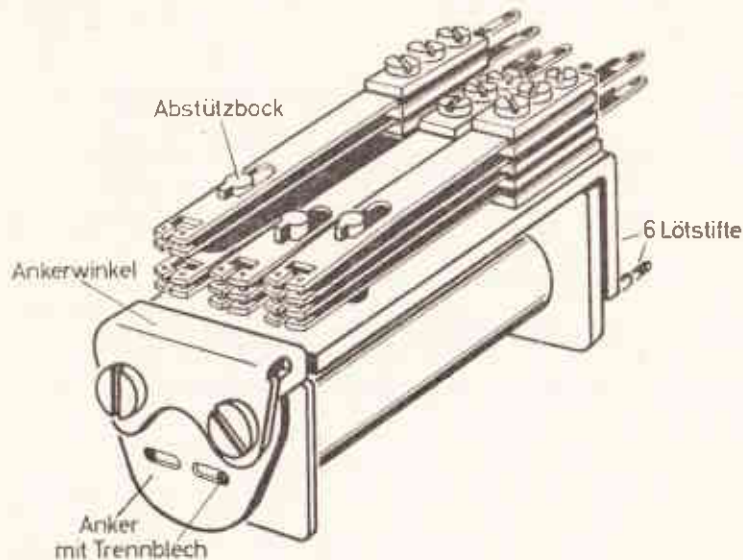


Abb. 9.36 — Ovalrelais 46

Das Ovalrelais kann **drei getrennte Wicklungen** aufnehmen. Es wird wegen seiner günstigen Schalteigenschaften auch zusammen mit

Flachrelais für besondere Schaltaufgaben (z. B. Impulsrelais) in Nebenstellenanlagen eingesetzt.

9.6.4. Thermorelais (Thermokontakt)

Das **Thermorelais** ist ein elektrothermisches Relais, das vom Aufbau her einem Kontaktfedersatz entspricht. Man spricht deshalb auch vom **Thermokontakt** oder vom **Hitzdrahtfedersatz**. Beim Betrieb des Thermorelais wird nicht wie bei den bisher beschriebenen Relais der Elektromagnetismus, sondern die Stromwärme ausgenutzt. Hierbei wird elektrisch erzeugte Wärme infolge Wärmeausdehnung in mechanische Arbeit umgewandelt.

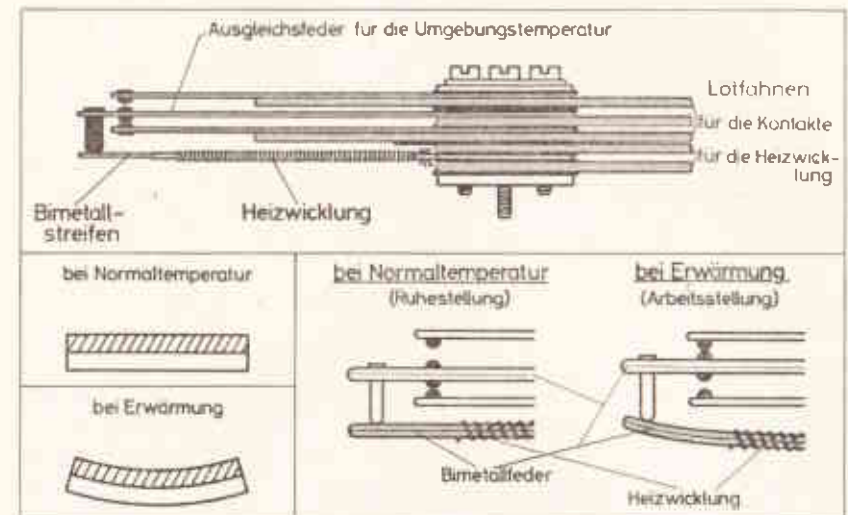


Abb. 9.37 — Aufbau und Wirkungsweise eines Thermokontakts

Für die Wärmewirkung sorgt eine Heizwicklung, die um eine **Bimetallfeder** gewickelt ist.

Der **Bimetallstreifen** besteht aus zwei verschweißten Metallbändern mit verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten (z. B. Nickel und Kupfer oder Stahl-Eisen-Nickel-Legierung). Bei Erwärmung dehnen sich die beiden Bänder verschieden stark aus; dadurch krümmt sich der Bimetallstreifen nach der Seite des Metalls mit der geringeren Ausdehnung.

Beim Thermorelais ist der mit der Heizwicklung versehene Bimetallstreifen mit den Kontaktfedern zu einem Kontaktfedersatz zusammengeschraubt. Die durch die Erwärmung der Spule hervorgerufene Krümmung des Bimetallstreifens betätigt dann über einen Betätigungspimpel die darüberliegenden Kontakte (vgl. Abb. 9.37). Ein zweiter Bimetallstreifen im Kontaktsatz — der

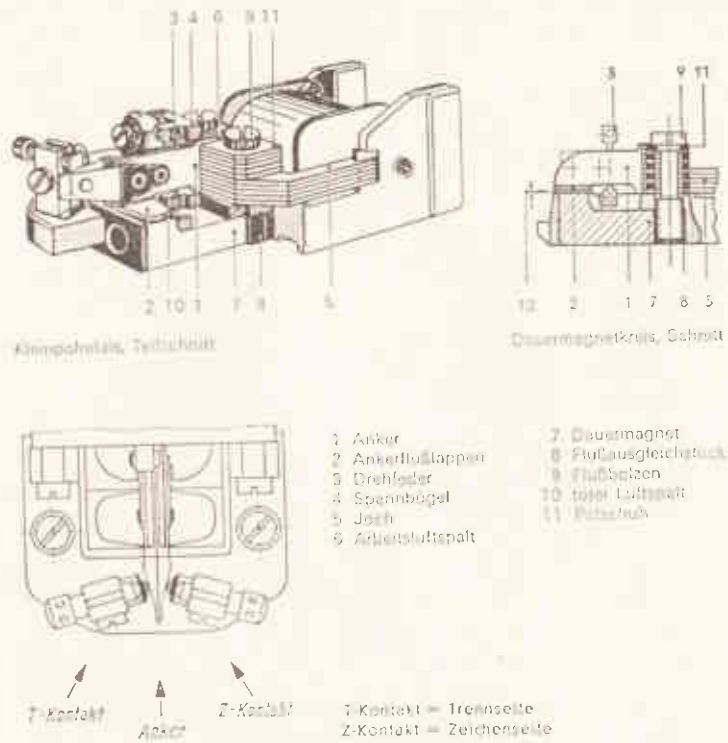


Abb. 9.39 — Kleinpolrelais (Teilschnitt)

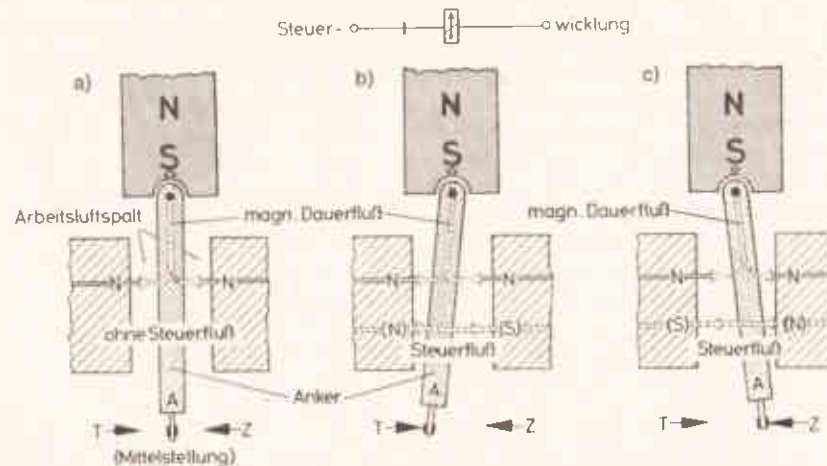
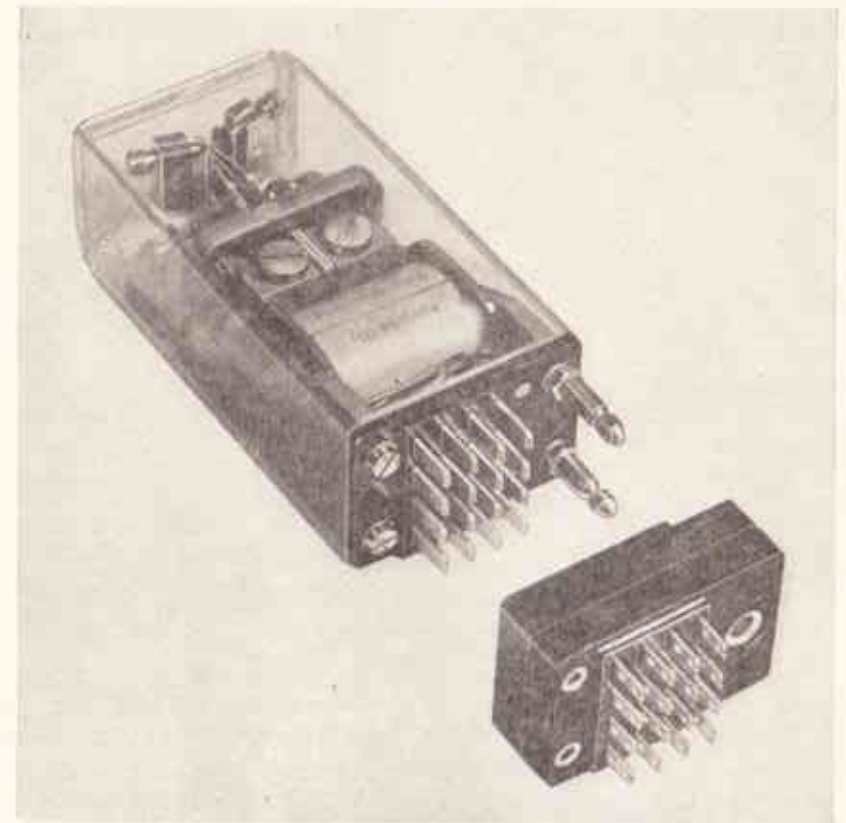


Abb. 9.40 — Arbeitsweise des Kontaktankers eines Mittelstellungsrelais

Phase c) Beim Umkehren der Stromrichtung wechselt die Stärkung und Schwächung der Pole die Seiten und damit auch die Bewegung des Ankers. Der rechte Kontakt (Z; d. h. „zeichenseitig“) wird geschlossen.

Abb. 9.41 — Kleinpolrelais mit Stecksocket
(Werkbild der Firma Siemens AG)

Außer dem erläuterten **Mittelstellungsrelais** mit zwei Arbeitslagen gibt es auch noch monostabile und bistabile Kleinpolrelais. **Mono-stabile Kleinpolrelais** haben nur **eine Ruhestellung** und **eine Arbeitsstellung** und arbeiten nur bei einer Erregerstromrichtung. Die Anker-rückstellung erfolgt jeweils durch die Federkraft der Ankerfeder. **Bistabile Kleinpolrelais** haben verschiedene Ruhestellungen; es sind Relais, bei denen der Erregerstrom nach jeder Betätigung **umgepolt** werden muß.

Das Kleinpolrelais ist eine steckbare Baueinheit, weil es zu Messungen und Instandsetzungen leicht auswechselbar sein muß. Das Grundelement eines

Kleinpolarrelais ist ein Relaisgestell aus antimagnetischem Spritzguß, in dem alle Einzelteile eingebaut sind. Über einen 24teiligen **Messerkontaktstecker** wird das Relais in einen Stecksockel hineingesteckt und mit der Schaltung verbunden.

Die besonderen Betriebsmerkmale des Kleinpolarrelais sind sehr kurze Schaltzeiten, hohe Schaltgenauigkeit und geringe Ansprechleistung.

Die Eigenschaften des Kleinpolarrelais haben dazu geführt, daß diese Relais hauptsächlich in der Telegrafien- und Datenübertragungstechnik sowie als Empfangsrelais in der Übertragungs- und Vermittlungstechnik verwendet werden. Ihre Betriebssicherheit ist jedoch nur gewährleistet, wenn sie mit Spezialmeßgeräten überprüft und sehr sorgfältig nach den Einstellvorschriften eingestellt werden.

9.6.6. Wechselstromrelais

Wechselstromrelais haben die Aufgabe, Wechselstromzeichen zu empfangen und in Gleichstromzeichen umzusetzen. Bei einem im Wechselstromkreis betriebenen Relais bedarf es besonderer konstruktiver und schaltungstechnischer Maßnahmen, um den Relaisanker trotz der ständig wechselnden Polung des Magnetfelds in ruhiger Arbeitslage sicher zu halten.

Die Anker der bisher beschriebenen Gleichstromrelais würden ohne besondere Maßnahmen durch die Wechselstromerregung „schnarren“, d. h. der Anker würde ständig zwischen Anzug und Abfall flattern, ohne jedoch ganz die Ruhelage zu verlassen. Dieses unsichere Schaltverhalten läßt sich durch folgende Maßnahmen verhindern:

1. Einsatz **neutraler Relais** in **Gleichrichterschaltung** (Abb. 9.42),
2. Verwendung von besonderen **Wechselstromphasenrelais** mit zwei Kernen und zwei Wicklungen (Abb. 9.43 und 9.44),
3. Verwendung von **Wechselstromphasenrelais** mit einem Kupferrohr und einer Erregerwicklung auf einem gemeinsamen Kern,
4. Verwendung von **Rundrelais** mit vergrößerter Ankermasse (Abb. 9.46).

In der Regel verwendet man heute in Wechselstromkreisen neutrale Relais mit Gleichrichterschaltungen. Durch die Gleichrichteranordnungen wird die Erregerwicklung des Relais jeweils nur von einer Halbwelle (vgl. hierzu Abb. 9.42 a + b) oder bei der Graetzschaltung von welligem Gleichstrom durchflossen (vgl. hierzu Abb. 9.42 c).

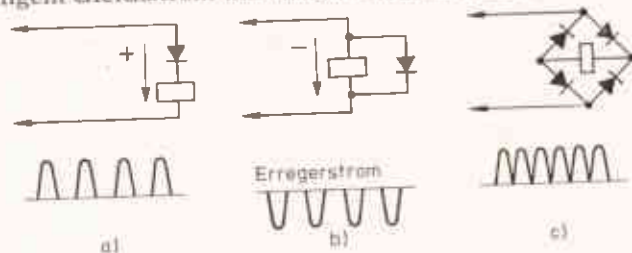


Abb. 9.42 — Relais mit Gleichrichterschaltung für den Einsatz in Wechselstromkreisen

Bei einem **Wechselstromphasenrelais** werden zwei Magnetfelder aufgebaut, die zueinander um 90° phasenverschoben sind. Dadurch erreicht das in beiden Erregerwicklungen entstehende resultierende Magnetfeld zu keinem Zeitpunkt den Nullwert und der Anker bleibt in Arbeitsstellung.

Beim **Wechselstromphasenrelais 48** hat das Relais einen dreiteiligen lamelierten Kern mit den Erregerwicklungen auf den äußeren Kernteilen. Die Phasenverschiebung der entstehenden zwei Magnetfelder erreicht man durch Reihenschaltung eines Kondensators mit der Erregerwicklung oder durch zwei Kondensatoren mit unterschiedlichen Werten, die jeweils mit einer Relaiswicklung in Reihe geschaltet sind (vgl. hierzu Abb. 9.43).

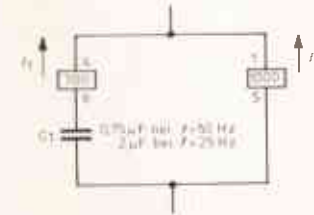


Abb. 9.43 — Phasenverschiebung der Erregerströme

Durch einen Flußwinkel wird der magnetische Fluß so geleitet, daß der Anker von beiden Polen angezogen wird. Diese Relaiskonstruktion gestattet einen Einsatz auch bei kurzen Wechselstromimpulsen, z. B. als Empfangsrelais in Übertragungen für Wahlleitungen mit Wechselstromzeichengabe für 25 oder 50 Hz.

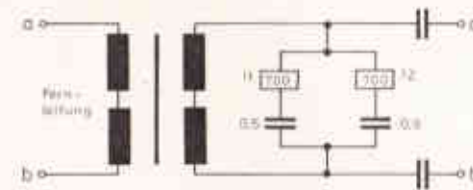


Abb. 9.44 — Einsatz eines Wechselstromphasenrelais

Bei den neueren **Wechselstromrelais** ist auf einem Kern neben der Erregerwicklung noch ein Kupfererring auf einer Kernhälfte aufgebracht. Durch die Induktionswirkung zwischen der Erregerwicklung und dem Kupfererring wird ein zweiter magnetischer Fluß aufgebaut, der zu dem ersten Fluß um 90° phasenverschoben ist. Auch hier erreicht das resultierende Magnetfeld nie den Nullwert, so daß der Anker stets angezogen bleibt. Ein solches Wechselstromrelais kann auch als anzugs- und abfallverzögertes Relais in Gleichstromkreisen eingesetzt werden.

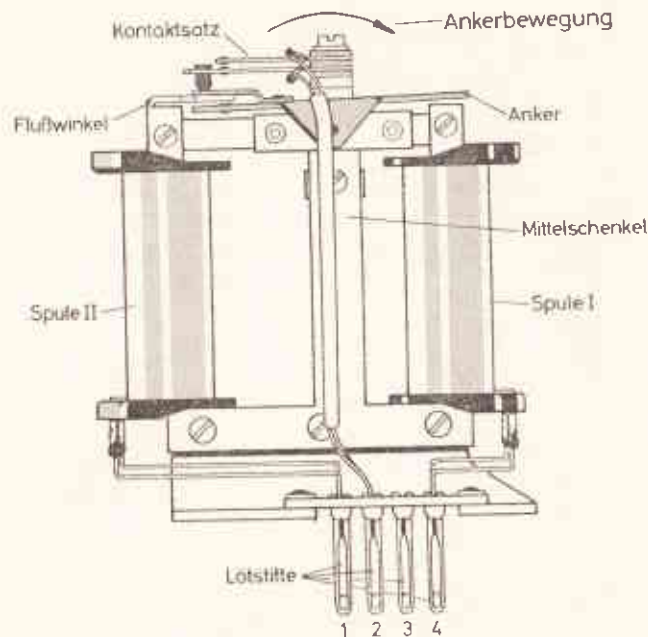


Abb. 9.45 — Wechselstromphasenrelais 48

Die Schaltsicherheit eines neutralen **Rundrelais** im Wechselstromkreis wird durch eine Vergrößerung der **Anker**masse durch die Gewichte G1 und G2 (Abb. 9.46) erreicht. Dadurch wird die Trägheit des Ankers vergrößert und eine sichere Kontaktgabe gewährleistet. Die Einsatzmöglichkeiten eines solchen Rundrelais beschränken sich jedoch auf Schaltungen für längere Wechselstromzeichen; für Impulsschaltungen von hoher Schaltfrequenz sind die Relais nicht geeignet.

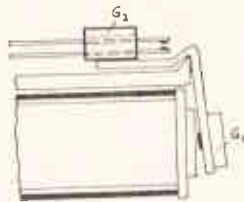


Abb. 9.46 — Vergrößerung der Ankermasse durch die Gewichte G1 und G2

9.6.7. Wechselstromunempfindliche Relais

Im Gegensatz zu der bei Wechselstrom erwünschten Arbeitsweise der Wechselstromrelais gibt es Stromkreise, in denen Relais zwar bei

Gleichstrom anziehen sollen, bei Wechselstrom (z. B. Rufstrom) jedoch nicht ansprechen sollen. Hierzu verwendet man **wechselstromunempfindliche Relais**.

Jedes anzugsverzögerte Gleichstromrelais kann als wechselstromunempfindliches Relais verwendet werden. Die Anzugsverzögerung muß dabei jedoch größer sein als die frequenzabhängige Dauer der Halbwellen des Wechselstroms, denn sonst zieht das Relais schon beim Empfang einer Halbwelle den Anker an. Diese Bedingung wird aber von den meisten anzugsverzögerten Fernmelderelais erfüllt.

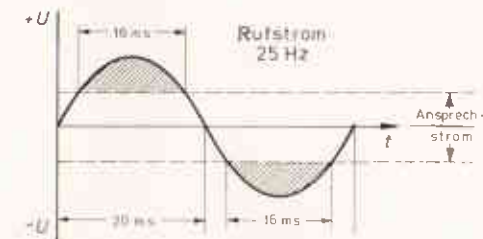


Abb. 9.47 — Anzugsbedingung für ein Gleichstromrelais im Wechselstromkreis

In der Abb. 9.47 ist die Sinuskurve eines Rufwechselstroms mit der Frequenz von 25 Hz dargestellt. Die Periodendauer ist $T = 1/25 \text{ s} = 0,04 \text{ s} = 40 \text{ ms}$; eine Halbwelle dauert also 20 ms. Dabei erreicht der Strom je Halbwelle für die Dauer von 16 ms die für das Ansprechen eines Relais nötige Ansprechstromstärke. Wird die normale Ansprechzeit eines Relais von 10 bis 20 ms durch eine Anzugsverzögerung noch verlängert, so spricht das Relais bei einem Wechselstrom von 25 Hz nicht an.

9.6.8. Prüfrelais 55

Soll ein mit hoher Schrittgeschwindigkeit arbeitender EMD-Wähler stillgesetzt werden, dann benötigt man hierzu ein Prüfrelais mit sehr kurzer Ansprechzeit. Diese Bedingung erfüllt das **Prüfrelais 55**. Es hat die Aufgabe, beim Eindrehen des Wählers die abgehenden Verbindungswege auf ihren Belegungszustand hin zu prüfen und das Einstellglied bei einer freien Leitung stillzusetzen. Das erfordert Ansprechzeiten von nahezu 1 ms. Eine so kurze Ansprechzeit läßt sich nur bei einem Relais mit einem sehr leichten und kleinen Anker sowie bei geringer Kontaktlast erreichen. Daneben muß ein Prüfrelais aber noch andere Schaltvorgänge durchführen, so daß auf eine größere Kontaktbestückung auch beim Prüfrelais 55 nicht verzichtet werden kann.

Diese Forderungen erfüllt das als Zwillingsrelais gebaute Prüfrelais 55 mit zwei Relaissystemen für ein **Prüfrelais** und **Prüfhilfsrelais**. Beide Relaissysteme sind konstruktiv vereinigt und arbeiten nacheinander in zwei Stufen.

Zuerst wird das **Prüfrelais (P-Relais)** zur **Vorprüfung** des Verbindungswegs mit dem kleinen Magnetsystem (Ansprechzeit: 1 bis 2 ms) erregt. Das schnell arbeitende P-Relais setzt in der ersten Phase des Prüfungsvorgangs beim Erreichen eines freien Ausgangs das Einstellglied des Wählers sehr kurzzeitig still, belegt das nachfolgende Schaltglied und sperrt den Wählerausgang gegen weitere Belegung und schaltet das Ph-Relais ein. Dann wird das **Prüfhilfsrelais (Ph-Relais)** zum **Nachprüfen** mit dem großen Magnetsystem (Ansprechzeit: 8 bis 10 ms) erregt, das in der zweiten Prüfphase alle übrigen zum Prüfungsvorgang gehörenden Schaltvorgänge ausführt (u. a. Einschalten der Andrückmagnete zum Durchschalten der Sprechadern usw.).

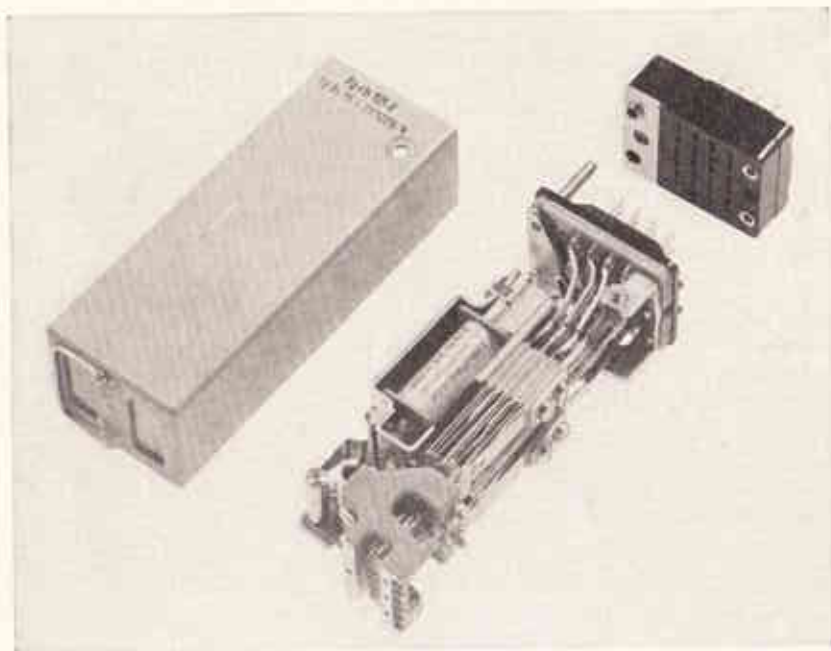


Abb. 9.48 — Prüfrelais 55
(Werkbild der Firma Siemens AG)

Das Ph-Relais mit seinem großen Magnetsystem ist den wesentlichen Konstruktionsmerkmalen nach ein Flachrelais. Das P-Relais mit dem kleinen Magnetsystem ist auf den vorderen Teil des Ph-Relais aufgesetzt. Durch eine Metallschutzkappe ist das Prüfrelais gegen Staubeinflüsse und mechanische Beschädigungen geschützt. Zwei Fenster an der Stirnseite der Kappe ermöglichen eine Beobachtung des Betriebszustands der p-Kontakte (rechtes Fenster) und durch ein Schauzeichen (linkes Fenster) die Ankerbetätigung des Ph-Relais. Beide Relais zusammen bilden eine steckbare Einheit, die über einen 24teiligen Messerkontaktsockel mit der Schaltung verbunden wird. Alle Kontakt- und Wicklungsanschlüsse der Relais sind deshalb an einem zum Relaisgestell gehörenden Stecksockel geführt.

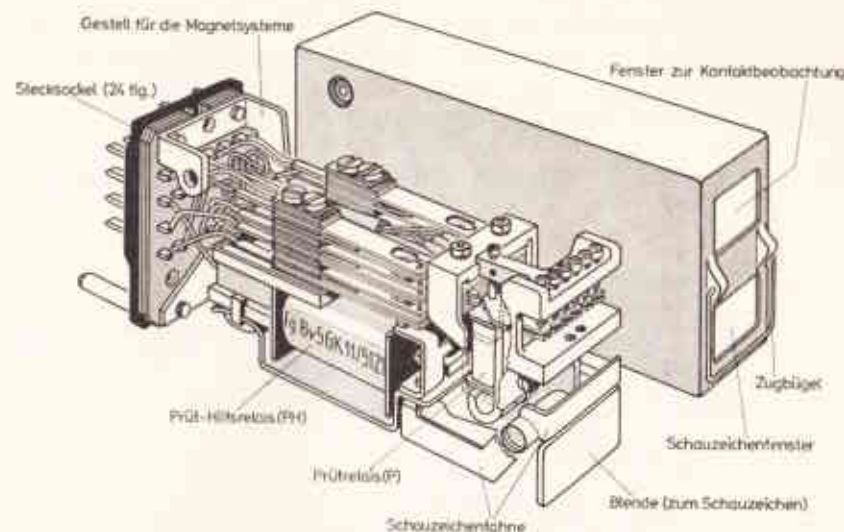


Abb. 9.49 — Prüfrelais 55e

9.6.9. Wählerrelais 53 und 54

Das **Wählerrelais (WR)** ist ein kleines Schrittschaltwerk mit den räumlichen Abmessungen eines Flachrelais. Es kann ähnliche Aufgaben erfüllen wie ein Schrittschalt-Drehwähler. Die geringe Bewegungsmasse des Wählerrelais läßt ein Arbeiten unter **relaisähnlichen Strombedingungen** (etwa 320 AW) zu. Dabei erreicht das Wählerrelais eine **Schrittgeschwindigkeit von 22 bis 38 Schritten** je Sekunde. Wesentliche Bestandteile eines Wählerrelais 53 sind:

1. **Antrieb**
Magnetsystem (Spule und Anker mit Stoßklinke),
2. **Einstellglied**
Doppelschleifarmpaar und Schaltkörper (Nockenscheibe mit zwei Schaltnocken),
3. **Kontaktplatte**
zwölf Kontaktlamellen und ein durchgehendes Kontaktsegment (Rücklauf in die Nullstellung),
4. **Nockenkontaktfedersatz** (Nullkontakte)
Kontaktbestückung je nach den Anforderungen der jeweiligen Schaltung in verschiedenen Kontaktkombinationen.

Beim **Wählerrelais 54** besteht das Einstellglied lediglich aus dem Nocken-Schaltkörper mit sechs verschiedenen Nocken. Der Nockenfedersatz kann außer der Nullstellung sechs verschiedene Schalt-

zustände kennzeichnen. Das Wählerrelais dient in Zählimpulsgebern des Selbstwählerdienstes zum Abzählen der Sechstelzeittakte.

Das **Wählerrelais 53** wird in EMD-Vermittlungssystemen für elektrische Markiervorgänge eingesetzt.

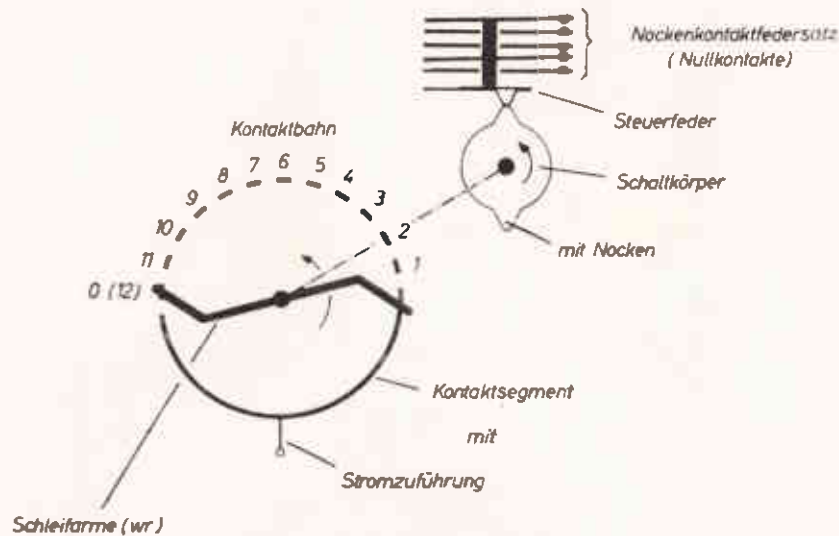


Abb. 9.50 — Schaltsystem des Wählerrelais 53

In der Nullstellung des **WR 53** stehen die beiden Schleifarme auf der Lamelle 0 bzw. auf Schritt 12 und der letzten Kontaktstellung des Kontaktsegments. Der Nockenkontakt ist in der Nullstellung durch eine der beiden Nocken des Schaltkörpers betätigt. Bei jedem eintreffenden Einstellimpuls wird das Einstellglied um einen Schritt weitergedreht und so auf den nächsten Drehschritt der Kontaktbahn eingestellt.

9.6.10. Edelmetall-Schnellkontakt-Relais

Mit der Entwicklung der ESK-Technik (Edelmetall-Schnell-Koppel-feld) wurde mit dem **Edelmetall-Schnell-Kontakt-Relais** (ESK-Relais) ein völlig neuer Relais typ geschaffen, der in seiner Konstruktion mit keinem der bisher verwendeten Relais vergleichbar ist. Das einzelne ESK-Relais ist in einem **Fünferstreifen** zusammen mit vier weiteren ESK-Relais in einem gemeinsamen Polyesterolgehäuse eingebaut.

Das ESK-Relais besteht aus folgenden Einzelteilen (Abb. 9.51):

- a) in der **Spulenkammer** befinden sich Spulenkern mit Ansprech- und Haltespule, Flußbügel mit Polblech und Ankerfeder (Kontaktzunge) mit Kontaktanker und Kontaktfederanschluß (Löt-fahne),

- b) vor der **Spulenkammer** liegen die gemeinsamen Polblech-schienen und die gemeinsamen Kontaktbleche mit den Löt-fahnen,
 c) in der **Führungskammer** sind die steckbaren Feder- und Löt-fahnteile eingesetzt und
 d) zur **Entkopplung von Vielfachstromkreisen** dienen die seitlich angebauten Gleichrichter.

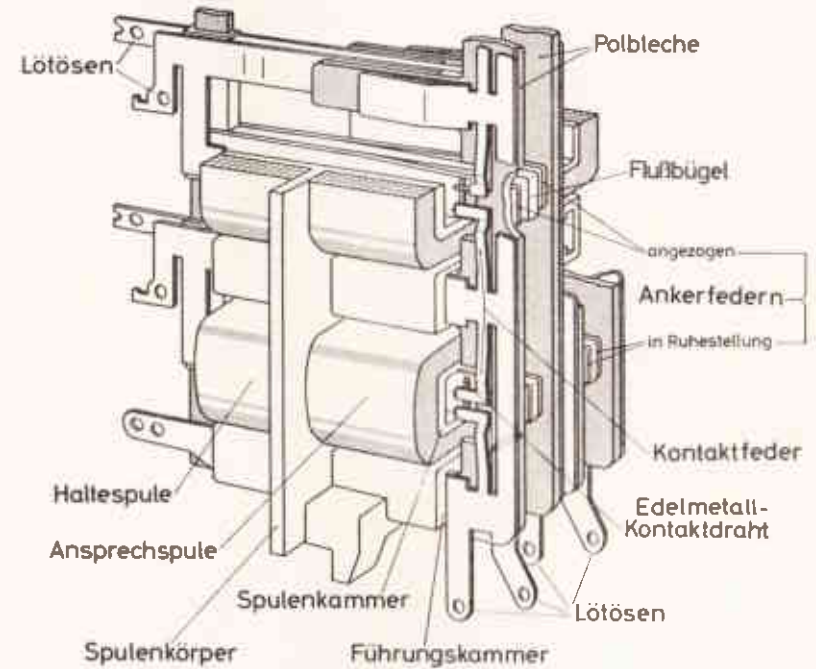


Abb. 9.51 — ESK-Relais

Folgende Besonderheiten zeichnen das ESK-Relais aus:

1. Zur Verringerung der mechanischen Schaltarbeit sind der Anker des Relais und die Kontaktfedern zu einem gemeinsamen **Kontaktanker** ausgebildet.
2. An den Berührungspunkten befinden sich drei kreuzweise angeordnete **Kontakt-drähte** aus einer Palladium-Silber-Legierung (ein Draht an der Ankerfeder und zwei Drähte an dem Doppelkontakt der Kontaktfeder).
3. Eine bessere Ausnutzung des magnetischen Feldes wird durch eine **Flußüberlagerung** zweier Magnetfelder erreicht.
4. Jedes Relais hat zwei **selbsttragende Spulen**, eine vordere Ansprechspule (A) mit 75 bis 100 AW und eine hintere Haltespule (H) mit 40 AW.
5. Jeweils fünf ESK-Relais bilden einen raumsparenden **Relaisstreifen** (etwa gleicher Raumbedarf wie ein Flachrelais 48).

6. Die Relaisstreifen sind mit einem Kontaktvielfachstreifen versehen und gestatten somit den Zusammenbau der **Koppelfeldrelais** zu Koppelfeldern.
7. Durch Fortfall des Kontaktvielfachs gibt es auch ESK-Relaisstreifen mit Einzelrelais, die als normale **Funktionsrelais** arbeiten.
8. Die Teile des ESK-Relaisstreifens werden in **Steckmontage** zusammengesetzt. Besondere ausgearbeitete, in Polysterol einrastende Steckteile sichern die erforderlichen Abstände zwischen den Relais und machen eine nachträgliche Justierung entbehrlich.

Das **Arbeitsprinzip** des ESK-Relais wird anhand der in den Abb. 9.52 und 9.53 dargestellten magnetischen Verhältnisse erläutert.

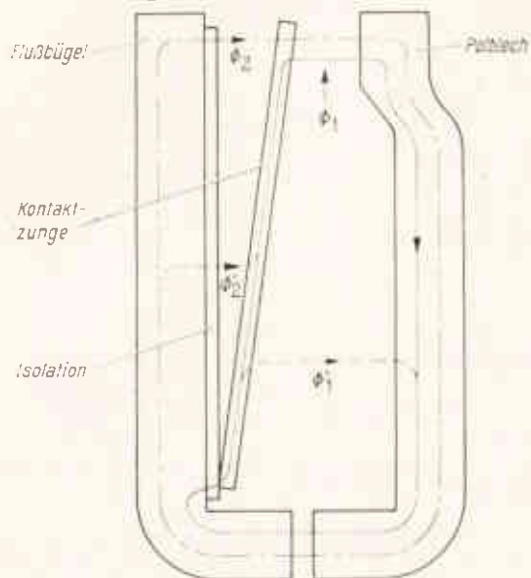


Abb. 9.52 — Prinzip der Flußüberlagerung im ESK-Relais
(Werkbild der Firma Siemens AG)

In **Ruhestellung** liegt der Kontaktanker (Ankerfeder) aus einer Eisen-Nickel-Legierung am Flußbügel an, so daß er beim Betrieb des Relais zusammen mit dem Flußbügel magnetisiert wird. Der Flußbügel ist durch eine aufgespritzte weiße Isolierschicht aus Kunststoff von der Kontaktzunge isoliert. Jede Kontaktzunge trägt einen Edelmetallkontaktdraht. Die am Polblech anliegende Kontaktfeder trägt als Gegenkontakt (Doppelkontakt) zwei Kontaktdrähte. Beim Einschalten der Ansprechspule baut sich ein Magnetfeld auf, dessen Feldlinien über den Flußbügel und den Arbeitsluftspalt in das Polblech eintreten und vom Polblech über einen weiteren Luftspalt wieder zum Flußbügel gelangen. Neben diesem magnetischen Fluß verläuft ein zweiter Magnetfluß von der Kontaktzunge zum Polblech. Dieses Magnetfeld zieht die Kontaktzunge in die Richtung zum Polblech und damit zur Kontaktfeder hin. Die sich dabei überlagernden Magnetfelder erhöhen die Anzugskraft erheblich, so daß die Kontakte betätigt werden. Die Kontaktzunge ist der einzig sich bewegende Teil des ESK-Relais und ermöglicht mit ihrer geringen Masse von nur 0,4 Gramm Ansprechzeiten von 1 bis 2 ms.

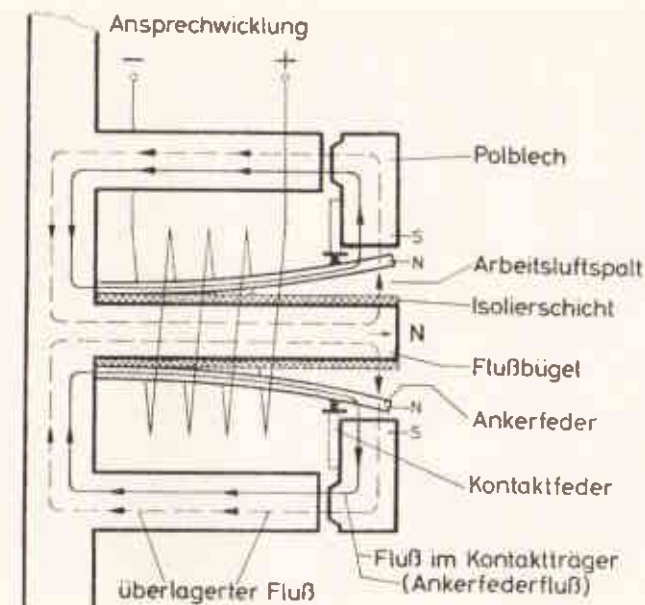


Abb. 9.53 — Flußüberlagerung an einem ESK-Relais

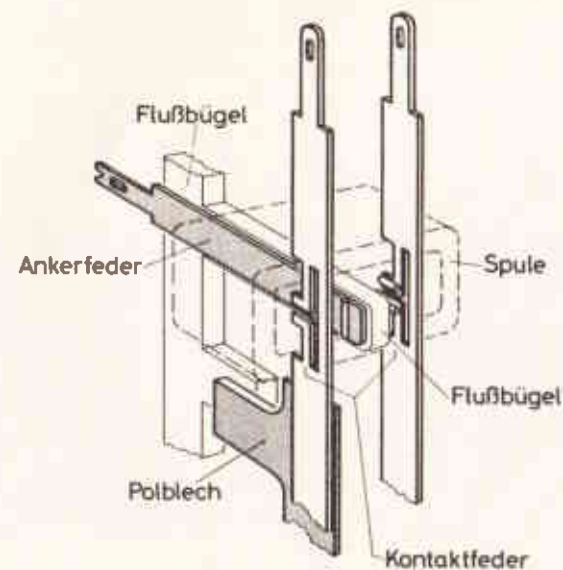


Abb. 9.54 — Kontakte des ESK-Relais

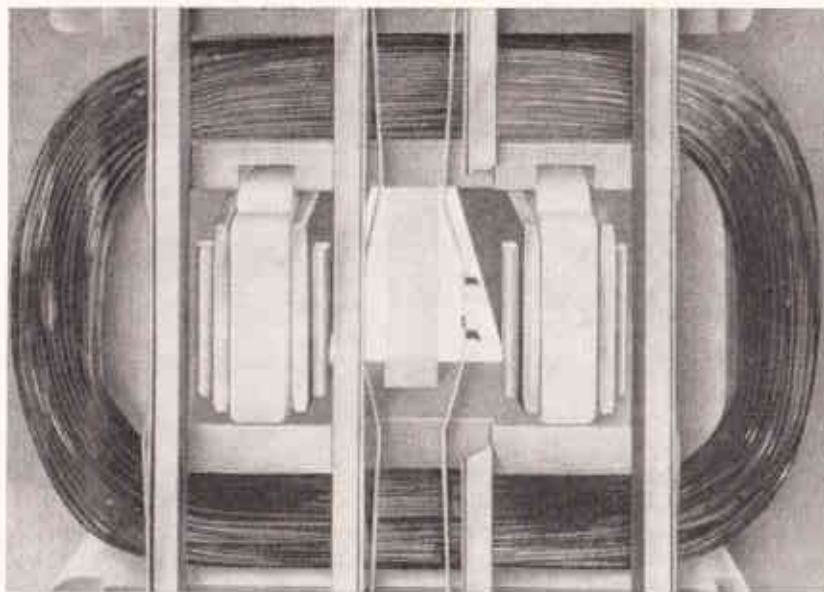


Abb. 9.55 — ESK-Relais (Vorderansicht mit freigelegter Kontakt- und Ankerfeder)
(Werkbild der Firma Siemens AG)

Jeweils fünf ESK-Relais werden zu einem **Relaisstreifen** zusammengefaßt, wobei die einzelnen Relais jeweils 4 oder 6 Kontakte haben können. Beim Zusammenbau des ESK-Relais werden alle Teile ohne jegliche Verschraubung oder Nietung ineinandergesteckt, wobei ein Kunststoff-Spulenkörper mit seinen einzelnen Führungskammern das tragende Gerüst für die Einzelteile bildet. Die Gleichrichter (vgl.

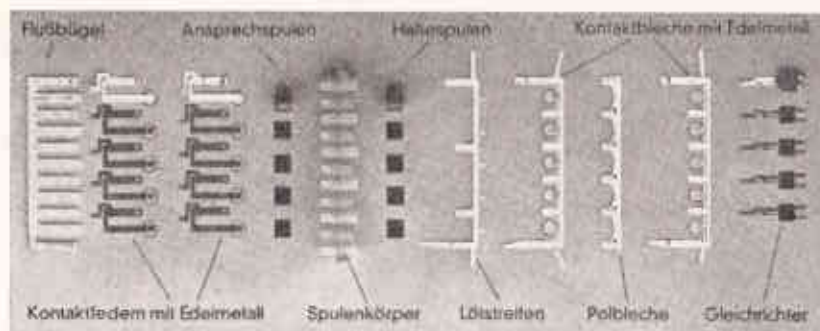


Abb. 9.56 — Einzelteile des ESK-Relaisstreifens
(Werkbild der Firma Siemens AG)

hierzu Abb. 9.56) liegen im Stromkreis der Ansprechwicklung und sollen diesen Kreis gegenüber den Stromwegen der parallelgeschalteten anderen Spulen des Relaisstreifens sperren.

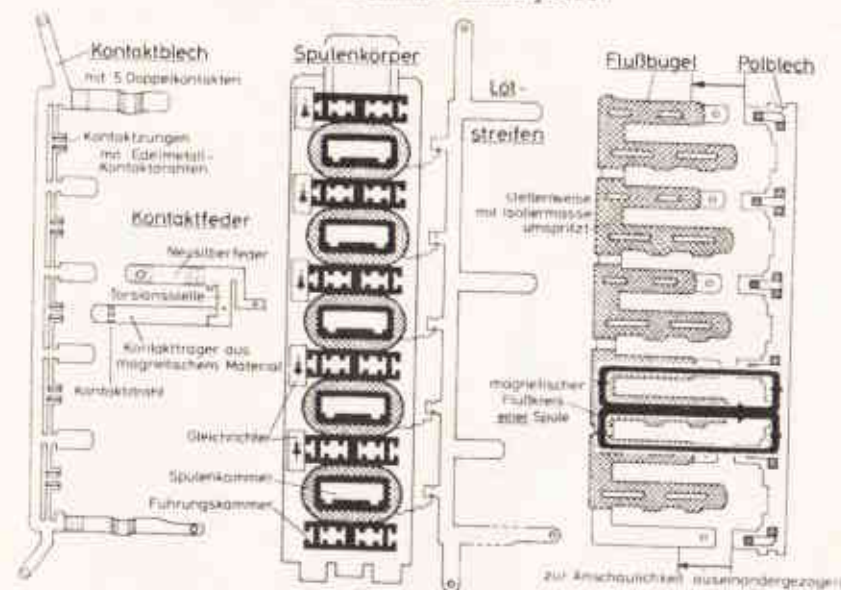


Abb. 9.57 — Teilmontage eines ESK-Relaisstreifens

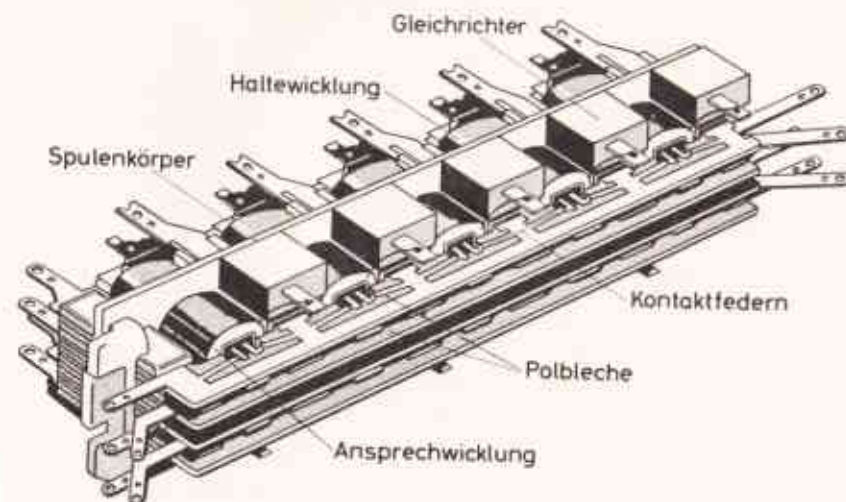
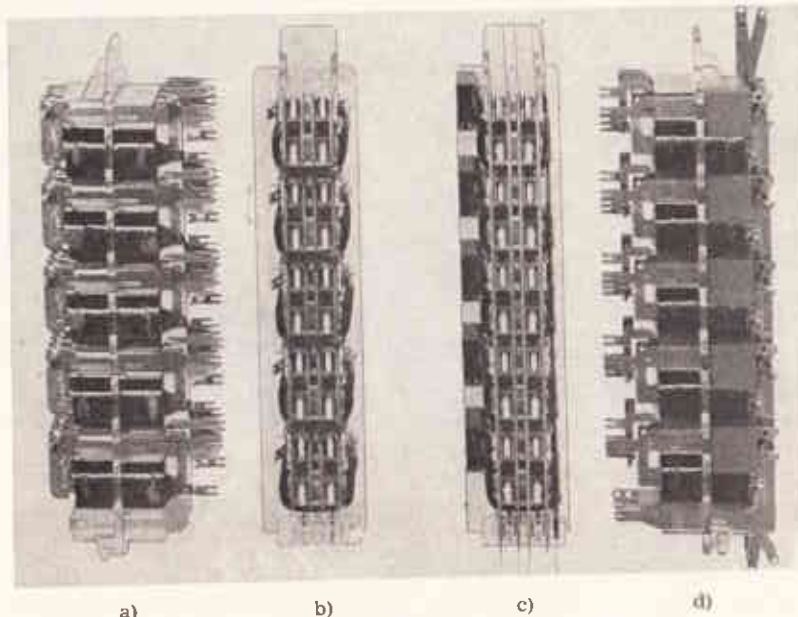


Abb. 9.58 — ESK-Relaisstreifen für Koppelfelder

Die fertig eingebauten Relaisstreifen werden nur **elektrisch geprüft**. Die Erfahrung hat gezeigt, daß ein mechanisches Prüfen der Kontakte selbst (Gewicht usw.) nicht nötig ist, da durch die Kreuzkontaktform immer eine gute Kontaktgabe gewährleistet ist. Man beschränkt sich beim Prüfen auf die Stromwerte (Ansprechstrom, Haltestrom, Fehlstrom) im Zusammenhang mit den Relaisspulen. Es gibt für die ESK-Relais **Einheitsspulen** in 11 verschiedenen Draht-



a) rechte Seitenansicht
b) Rückseite
c) Vorderseite
d) linke Seitenansicht

Abb. 9.59 — ESK-Relaisstreifen mit angebauten Gleichrichtern
(Werkbild der Firma Siemens AG)

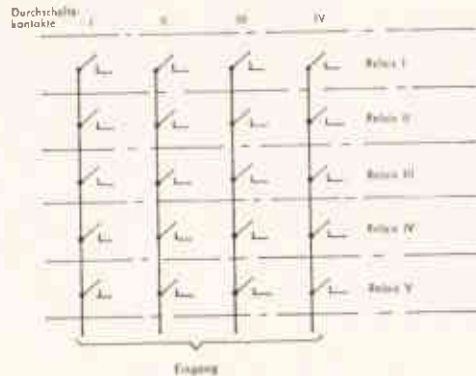


Abb. 9.60 — ESK-Relais-Koppelfeld (Vielfachschaltung der Koppelkontakte)

stärken (0,05—0,15 mm). Die Stromwerte für die Prüfungen sind für die verschiedenen Spulentypen unterschiedlich und in einer Tabelle zusammengefaßt (geordnet nach Drahtstärken). Das Relais ist dann mit den dort angegebenen Stromwerten zu prüfen. Dabei sind folgende Toleranzen zu beachten: Anzugs- und Haltestrom -10% ; Fehlstrom $+10\%$.

Aus den Kombinationen der verschiedenen konstruktiven Möglichkeiten des ESK-Relaisstreifens hinsichtlich der Anzahl der Kontakte, der Wahl der Spulen und Verwendung als Einzelrelais oder Koppelfeldrelais ergeben sich **25 verschiedene Grundtypen** des ESK-Relais.

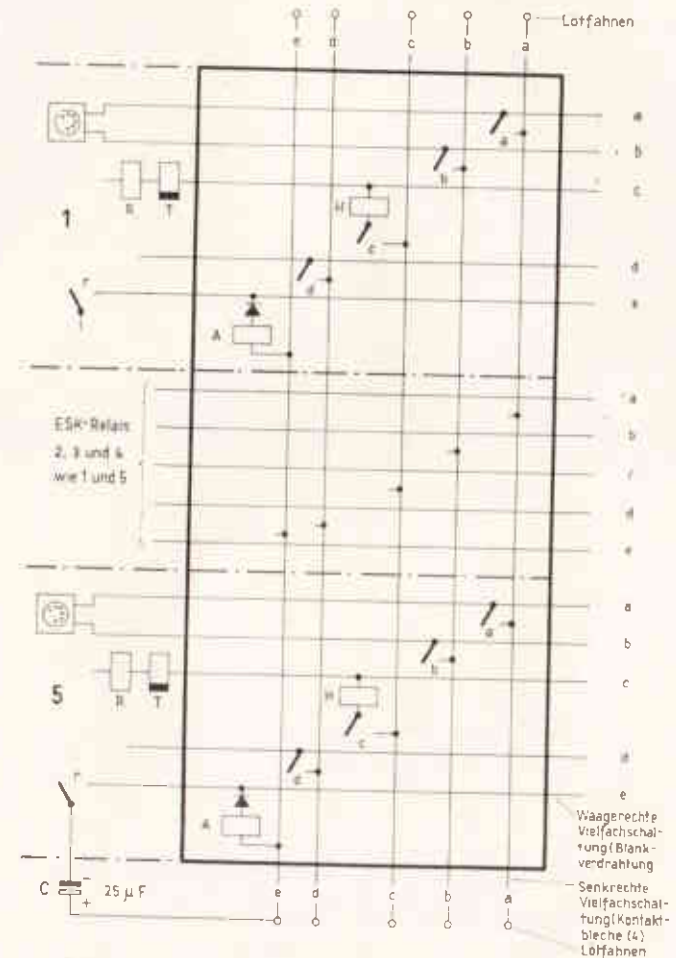


Abb. 9.61 — Schaltung eines ESK-Relaisstreifens
als Teil des Koppelfeldes einer WNStAnl
(Werkbild der Firma Siemens AG)

Koppelfeldrelais mit einer **Kontaktvielfachschaltung** je Relaisstreifen lassen sich entsprechend der Abb. 9.60 und 9.61 zu Koppelfeldern zusammenbauen. Dabei ist jeder einzelne Kontakt ein Koppelpunkt.

ESK-Relais waren ursprünglich nur für NStAnl (Siemens-Crosspoint-Technik) vorgesehen. Sie werden heute bereits auch in der Fernvermittlungstechnik als Koppelglieder, Mischwähler und Suchwähler verwendet.

9.6.11. Relais mit Schutzrohrkontakten

9.6.11.1. Merkmale und Vorteile der Relais mit geschützten Kontakten

Alle bisher erläuterten Relaisarten haben Relaiskontakte, die der atmosphärischen Beeinflussung ausgesetzt sind und die gegen äußere Einwirkungen durch Staub, Luft, Feuchtigkeit und mechanische Beschädigung weitgehend ungeschützt sind. Auch Staubschutzkappen über den Relaissätzen bilden nur einen unvollkommenen Schutz. Besonders die Verschmutzung durch Staubablagerung sowie die von der Luft und der Feuchtigkeit hervorgerufenen chemischen Einwirkungen führen immer wieder zu Kontaktstörungen, die nur durch aufwendige Unterhaltungsarbeiten beseitigt werden können.

Kontakte, die vor solchen Einflüssen bewahrt werden, sind die atmosphärisch geschützten Kontakte, die sogenannten **Schutzrohrkontakte**. Die Verwendung von Schutzrohrkontakten bedingt eine völlig neue Relaiskonstruktion, die folgende Vorteile aufweist:

- a) **Schutz der Kontakte,**
- b) **kleine Relaisabmessungen,**
- c) **günstigste Schaltzeiten und**
- d) **beliebige Einbaulage.**

Die Schutzrohrkontakte sind als richtungsweisende Entwicklung der künftigen Relais Technik anzusehen.

Schutzrohrkontaktrelais wurden vor einigen Jahrzehnten zuerst in den USA entwickelt und unter der Bezeichnung „Reed-Relais“ bzw. „Dry-Reed-Switch“ eingeführt (engl. Reed für Rohr; bzw. Dry-Reed-Switch für Schalter im trockenen Rohr).

9.6.11.2. Konstruktiver Aufbau der Schutzrohrkontaktrelais

Mit **Schutzrohrkontakt (SRK)** bezeichnet man alle Kontakte, die von der Außenluft durch ein Schutzrohr abgeschlossen sind. In ein Glasrohr werden als Kontaktanker arbeitende Kontaktzungen eingeschmolzen, die aus einem elektrisch und magnetisch gut leitenden Material (z. B. Nickeleisen) bestehen (vgl. hierzu Abb. 9.62).

Das Einschmelzen der Kontaktzungen in die Rohrwandung erfolgt in einer Schutzgasatmosphäre von 97% Stickstoff und 3% Wasserstoff. Dadurch sind die eingeschmolzenen Kontaktteile gegen Staub und Lufteinwirkung geschützt, so daß Kontaktverbrennungen und -verschmutzungen vermieden werden. Die sich überlappenden Enden der **Kontaktzungen** bilden die Kontaktstellen und sind zur besseren Kontaktgabe mit einer **Edelmetallaufgabe** versehen.

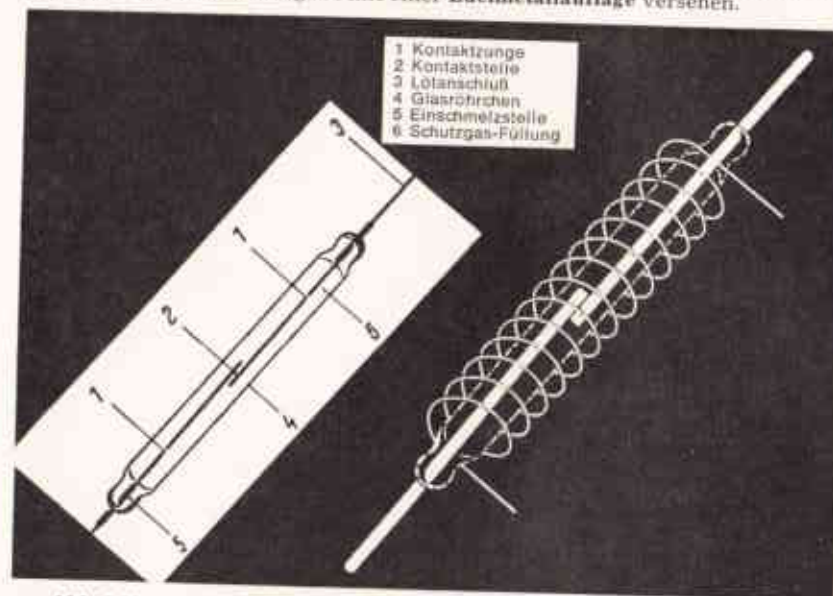


Abb. 9.62 — Glasrohr mit eingeschmolzenen Kontaktzungen und Prinzipdarstellung eines SRK-Relais
(Werkbild der Firma Siemens AG)

Die zur Betätigung des Relais benötigte **Spule** wird über die Kontaktzungen geschoben. Bei einem Vergleich mit Rund- und Flachrelais nehmen die Kontaktzungen die Stelle des Kerns ein; sie befinden sich im stärksten Teil des von der Spule erzeugten Magnetfelds.

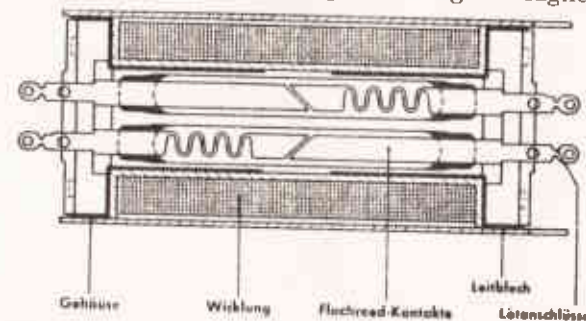


Abb. 9.63 — Relais mit Flachreedkontakten der Firma T u. N

Ein Relais mit Schutzrohrkontakten zeichnet sich durch viele Vorteile gegenüber den herkömmlichen Relaisarten aus. Ein Relais mit Schutzrohrkontakten

- a) ist weitgehend temperaturunabhängig,
- b) ist feuchtigkeitsunabhängig,
- c) hat keinen Kontaktabbrand, weil die Kontaktatmosphäre sauerstofffrei ist,
- d) hat eine hohe Kontaktsicherheit,
- e) weist keine Oxydation der Kontakte auf,
- f) hat sehr kurze Schaltzeiten und
- g) weist eine hohe Zahl von störungsfreien Schaltspielen etwa zwischen 10^6 und 10^7 (je nach Belastung der Kontakte) auf.

9.6.11.3. Ausführungsarten der SRK-Relais

Schutzrohrkontakte werden je nach Herstellerfirma unterschiedlich mit folgenden Bezeichnungen geführt:

- | | |
|-------------------|--|
| a) Fa. SEL | = Herkon-Kontakt
(hermetisch abgeschlossener Kontakt) |
| b) Fa. Siemens AG | = Schutzgaskontakt (SGK)
= Schutzgaskontakt im Metallgehäuse (SGM) |
| c) Fa. T. u. N. | = Flachschutzkontakt (FSK)
= Flach-Reed-Kontakt (FRK)
= Multi-Reed-Kontakt (MRK) , 4 Kontakte in einem Rohr |

Die **Betätigung** eines Schutzrohrkontakts erfolgt unmittelbar durch das Magnetfeld der um die Kontakte befindlichen Erregerwicklung. Fließt ein elektrischer Strom durch die Erregerwicklung, dann wird ein magnetischer Fluß über die Kontaktzungen geführt. Bei einem **Arbeitskontakt** (Schließer) werden die beiden Kontaktzungen durch diesen magnetischen Fluß zusammengedrückt und schließen so den Kontakt. Die **Rückstellkraft** der beim FRK-Relais mit einem wellenförmigen Stück (Mäander) versehenen beweglichen Feder bewirkt das Öffnen des Kontakts nach Abschaltung der Erregerwicklung.



Abb. 9.64 — Arbeitskontakt (Schließer) eines Flachreedrelais

Ein Schutzrohrkontakt als **Ruhekontakt** (Öffner) hat **dauermagnetische Ruhefedern** oder **kleine Dauermagnete**, die den Kontakt im Ruhezustand geschlossen halten. Die Arbeitsstellung des Kontakts

(Öffnung) wird durch das magnetische Feld der Erregerwicklung erreicht, das die Wirkung des Dauermagneten aufhebt.

Der **Umschaltkontakt** (Wechsler) arbeitet ähnlich wie ein Ruhekontakt. Die bewegliche Feder wird unter dem Einfluß des Erregerfeldes von der dauermagnetischen Ruhefeder zur Arbeitsseite umgelegt. Durch die magnetische Kraft der Ruhefeder und die Rückstellkraft des Mäanders der beweglichen Feder wird die bewegliche Feder nach Abschalten des Erregerstroms in die Ausgangslage (Ruheseite) zurückgebracht. Bei SRK-Relais werden Wechsler verwendet, die auf der Ruhekontaktseite eine Feder aus einem nicht magnetisierbaren Material (Messing, Neusilber) besitzen; die Umschaltfeder besteht aus Nickeisen.



Abb. 9.65 — Umschaltkontakt (Wechsler) eines Flachreedrelais

Der Schutzrohrkontakt und die Spule werden durch ein Blechgehäuse abgeschlossen. Dieses **Schirmblech** dient neben der magnetischen Abschirmung als **Flußleitblech** und ist so mit dem Joch eines Rundrelais vergleichbar.

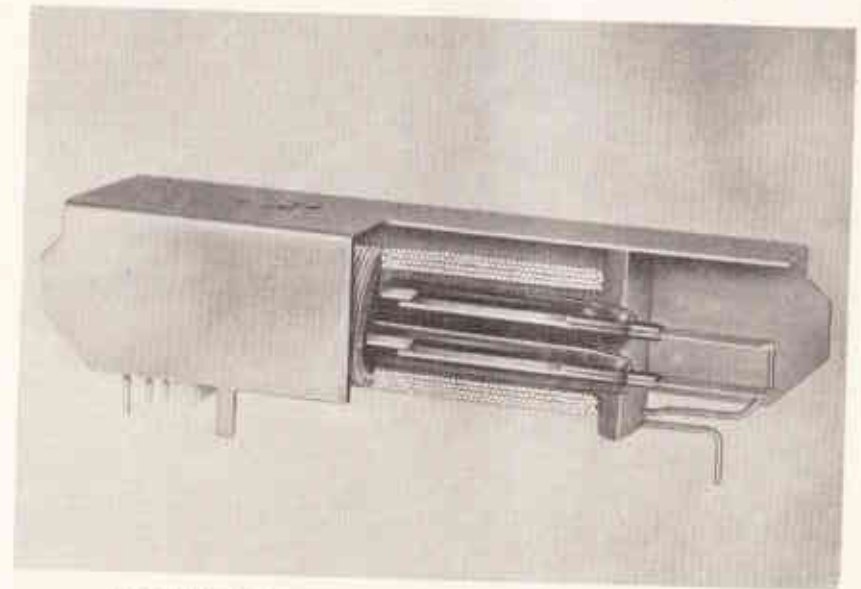


Abb. 9.66 — Schnitt durch ein zweikontaktiges Herkon-Relais
(Werkbild der Firma SEL)

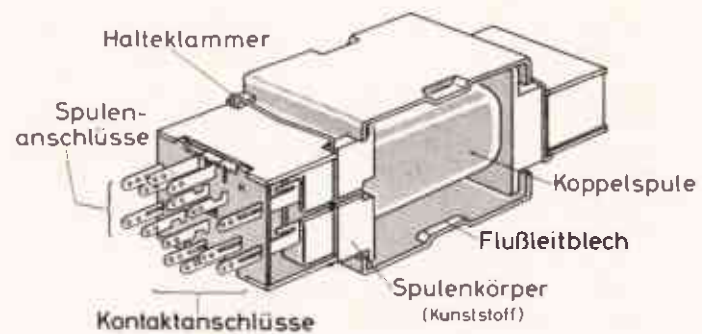


Abb. 9.67 — SRK-Relais

Die nachfolgenden Abbildungen (Abb. 9.68, 9.69 und 9.70) zeigen SRK-Relais der verschiedenen Firmen. Dabei sind bei den Relais die Spulen- und Kontaktanschlüsse zum Teil so angeordnet, daß die Relais in gedruckten Schaltungen eingesetzt werden können.

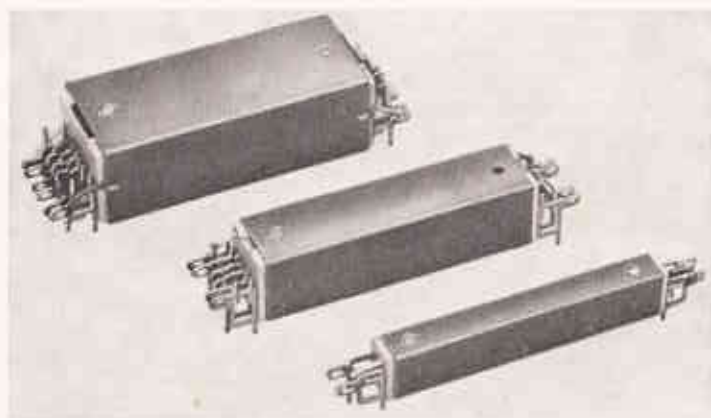


Abb. 9.68 — Flachschutzkontaktrelais (mit einem, vier und acht Schutzrohrkontakten)

(Werkbild der Firma T u. N)

Bei den in Abb. 9.70 dargestellten Schutzgaskontaktrelais der Firma Siemens AG handelt es sich um sechs verschiedene Relais, die bis zu 40 Schutzrohrkontakte enthalten und deren Einzelteile bei der Fertigung so ineinandergesteckt werden, daß sie ohne Schraub- und Nietverbindungen montiert werden können.

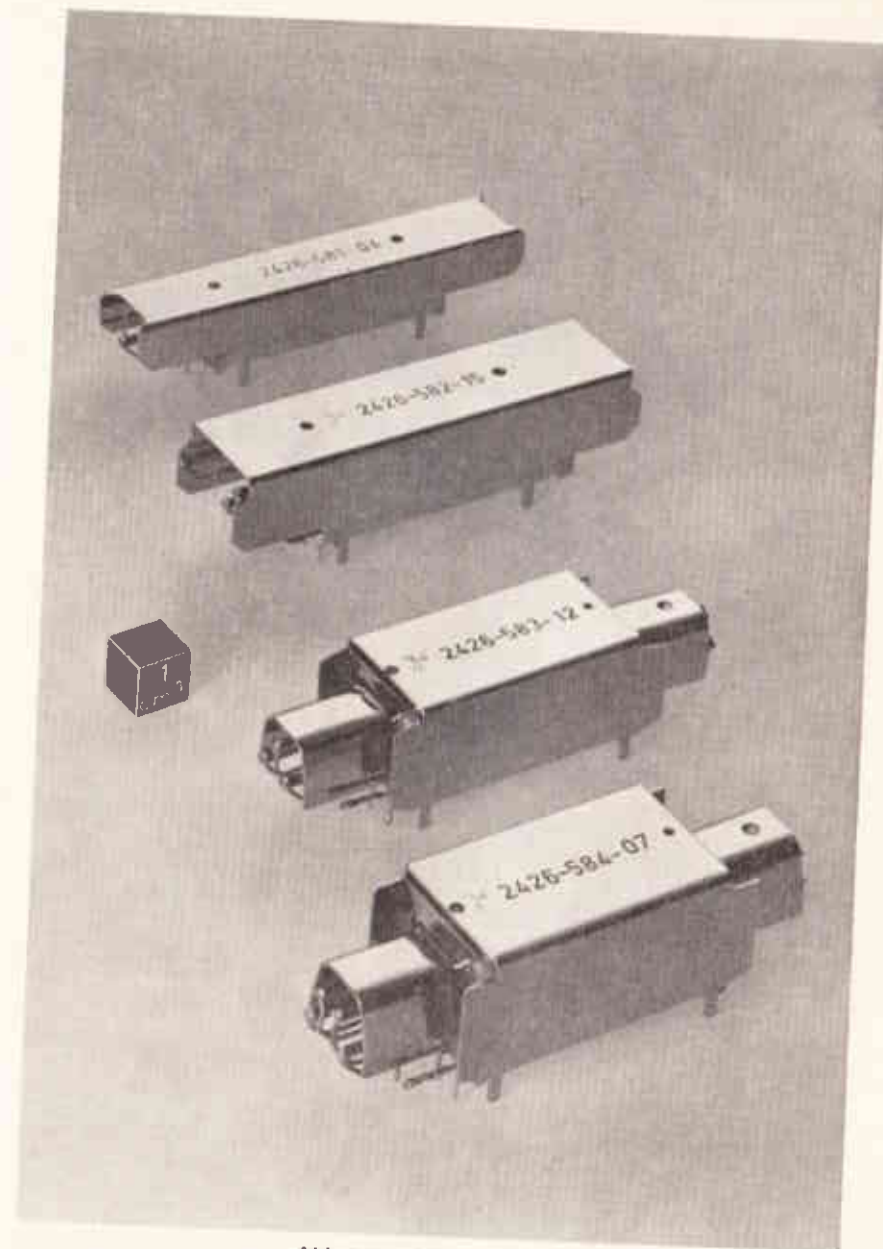


Abb. 9.69 — Herkonrelais

(Werkbild der Firma SEL)

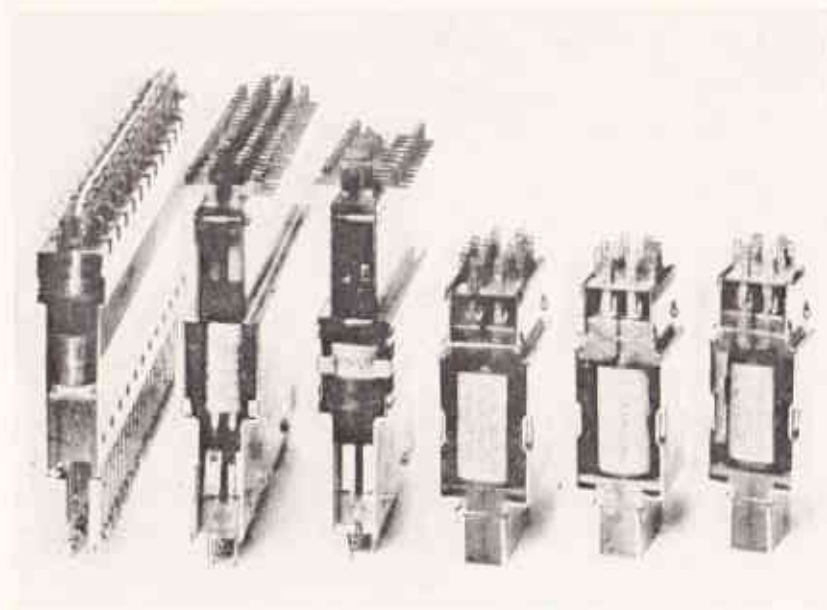


Abb. 9.70 — Schutzgaskontaktrelais
(Werkbild der Firma Siemens AG)

9.6.11.4. Schutzgaskontakt im Metallgehäuse (SGM-Relais)

Eine weitere Entwicklung des ESK-Relais ist das von der Firma Siemens AG entwickelte **SGM-Relais**. Dieses Relais wird in den Sprechstromkreisen der künftigen **elektronischen Wählvermittlungssysteme (EWS 1)** der DBP eingesetzt, so daß ihm künftig große Bedeutung zukommen wird.

Das SGM-Relais weist folgende Vorteile gegenüber den bisherigen Relaisbauformen auf:

1. weitgehende Miniaturisierung,
2. mechanische Unempfindlichkeit,
3. Flußüberlagerung durch Dauermagneten,
4. Wartungsfreiheit bei einer hohen Zahl von fehlerfreien Schaltspielen und
5. weitgehend automatische Fertigung.

Das nur 3,5 g schwere Relais wird in **bistabiler** (polarisierter) und **neutraler** Ausführung gefertigt. Die in diesem Abschnitt verwendeten Abbildungen 9.71 bis 9.75 sind aus Vorlagen der Firma Siemens AG zusammengestellt.

Abb. 9.71 zeigt den **Schutzgaskontakt** des SGM-Relais, der wie eine Patrone in das Relaiselement eingesetzt wird (vgl. hierzu Abb. 9.72). Dabei entspricht die kleine Darstellung (unten rechts) der Originalgröße des Kontakts. Die Kontaktteile des Schutzgaskontakts bestehen aus dem **Polstift** (1) mit der **Polscheibe** (4) und den zwei **Ankerplättchen** (7), die einen **Doppelkontakt** bilden und an eine **Blattfeder** (6) angeschweißt sind. Die Blattfeder drückt die beiden Ankerplättchen gegen einen Anschlag im Kontaktgehäuse (3), so daß sie nach dem Einstecken in Relais durch den Dauermagnetfluß (vgl. Abb. 9.75) nicht aus der Ruhelage bewegt werden. Der Polstift wird durch den Glasring (2) der Druckglaseinschmelzung gegen das Kontaktgehäuse (Grundplatte) isoliert.

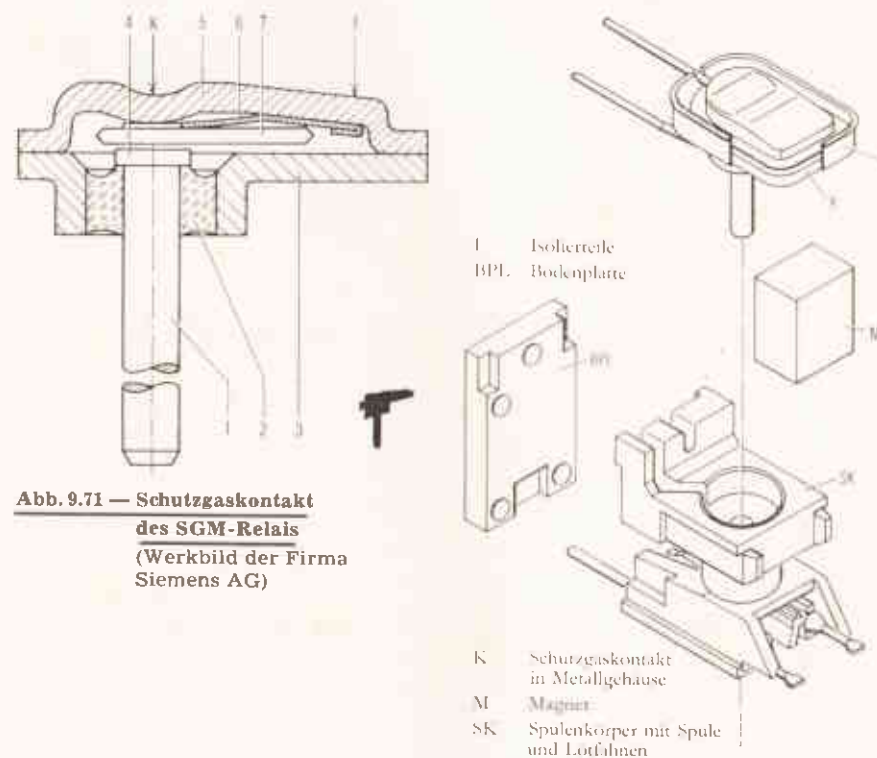


Abb. 9.71 — Schutzgaskontakt
des SGM-Relais
(Werkbild der Firma
Siemens AG)

Abb. 9.72 — Einzelteile und Teilmontage
des SGM-Relais
(Werkbild der Firma
Siemens AG)

Den in das Relaisgrundelement eingesetzten Kontakt sichert eine Federklammer gegen Herausfallen. Die elektrische Verbindung des Kontakts mit der gedruckten Schaltung (11) wird durch zwei Anschlußdrähte (13) hergestellt (vgl. hierzu Abb. 9.73).

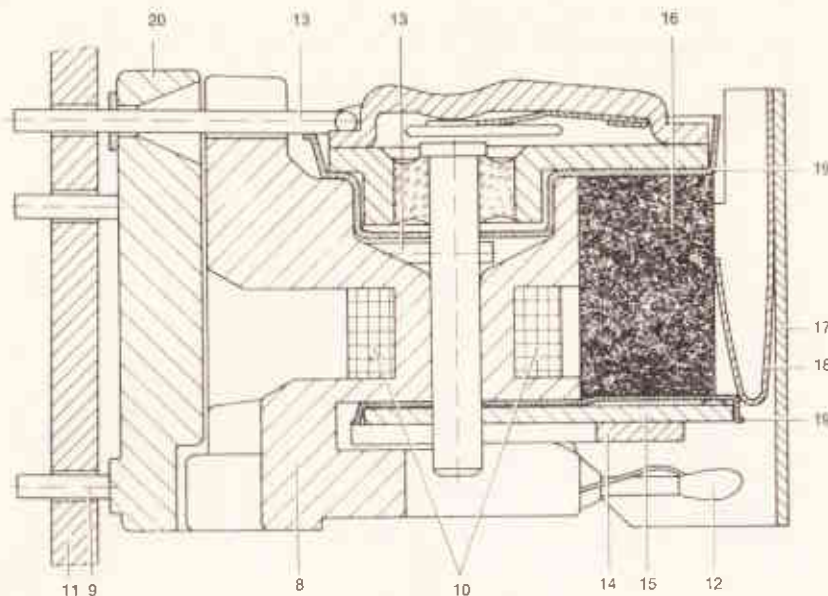


Abb. 9.73 — Schnittdarstellung eines SGM-Relais
(Werkbild der Firma Siemens AG)

Das tragende Element des Relais ist der im Spritzgußverfahren hergestellte **Spulenkörper** (8), in den die **Anschlußdrähte** (9) der **Wicklung** (10) und die Verbindung mit der gedruckten Schaltung eingebettet sind. Der Wicklungsraum ist so gestaltet, daß die Drahtenden geschützt zu der **Lötstelle** (12) der Anschlüsse (9) führen. In besondere Aussparungen des Spulenkörpers werden der **Dauermagnet** (16) und der **Nebenschlußbügel** (17) eingesetzt. Der Dauermagnet wird dabei durch eine Feder (18) gehalten. Die spannungsführenden Teile des Relais sind durch Folien (19) isoliert. Die **Kunststoffplatte** (20) schützt die Anschlußdrähte und hält sie in der vorgesehenen Lage (wichtig für den Einsatz in gedruckten Schaltungen). Vor dem Aufsetzen des Relais auf die gedruckte Schaltung (11) sitzt diese Kunststoffplatte an der Stelle der Schaltplatte. Erst beim Aufsetzen des Relais auf die gedruckte Schaltung wird die Kunststoffplatte in die in Abb. 9.73 dargestellte Lage geschoben.

Die Arbeitsweise des SGM-Relais wird nachfolgend anhand eines **bistabilen (polarisierten) Relais** erklärt. Dabei zeigt Abb. 9.75 a einen offenen Kontakt bei nichterregter Spule und Abb. 9.75 b den geschlossenen Kontakt bei erregter Spule.

Der Magnetfluß des Dauermagneten teilt sich auf in einen **Hauptfluß** über den Nebenschluß des Polblechs und einen **zweiten Fluß** über die Kontaktteile und den Arbeitsluftspalt des Relais (Abb. 9.75a). Der Gesamtfluß reicht aber nicht aus, um die beiden Ankerplättchen aus ihrer Ruhelage zu bewegen. Beim Erregen der Spule wird der magnetische Fluß in den Kontaktteilen durch das Magnetfeld der Spule **verstärkt**. Die Federkraft der Ankerblättchenfeder wird

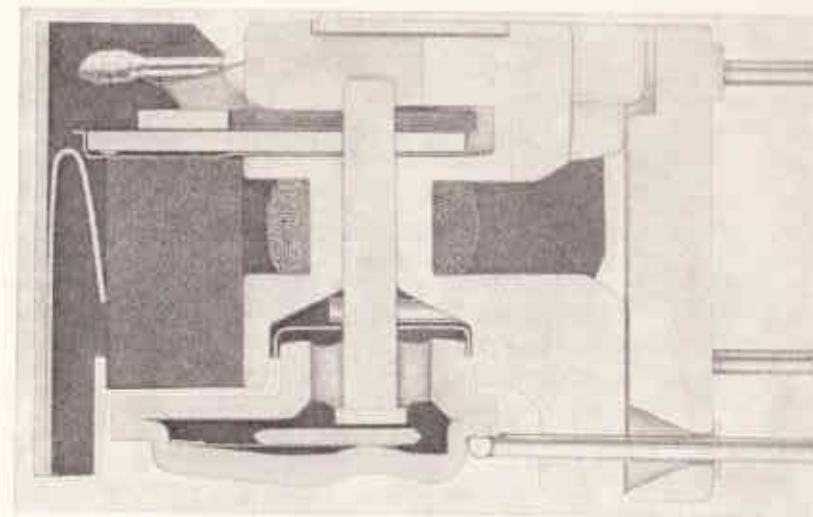


Abb. 9.74 — SGM-Relais
(Werkbild der Firma Siemens AG)

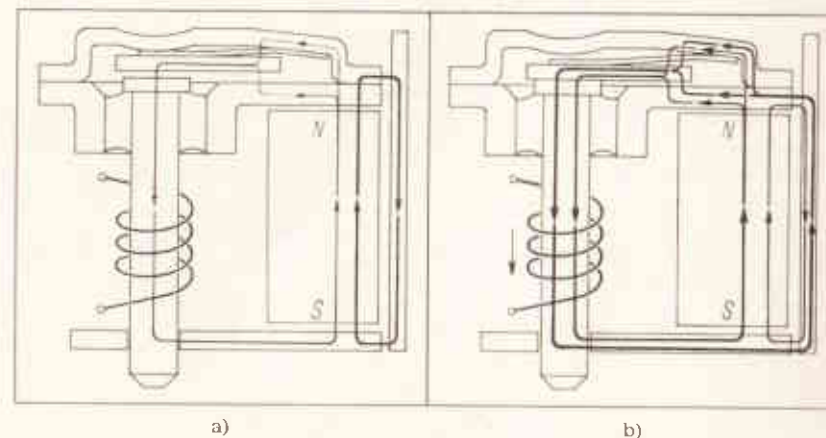


Abb. 9.75 — Magnetfelder im SGM-Relais
(Werkbild der Firma Siemens AG)

überwunden und die Ankerplättchen zum Polstift durchgezogen, so daß sie auf der Polscheibe aufliegen. Der Ankerhub entspricht dabei dem Abstand zwischen Ankerplättchen und Polscheibe.

Nach dem **Ansprechimpuls** bleibt der Kontakt geschlossen, weil der jetzt geschlossene magnetische Kreis (ohne Arbeitsluftspalt) einen kleineren magnetischen Widerstand hat als in der Ruhelage. Der magnetische Fluß des Dauermagneten ist dadurch zum **Haltefluß** verstärkt.

Bei Gegenerrregung wird der Kontakt nach dem **Flußumsteuerungsprinzip** wieder geöffnet. Das Magnetfeld der Gegenerrregung (Relaisspule) wirkt dem

Permanentfluß des Dauermagneten (Haltefluß) entgegen und vermindert so die Ankerhaltekraft. Die Feder zieht die Ankerplättchen wieder in die Ruhelage zurück.

Bei **neutralen SGM-Relais** ist der Flußbügel des Relais so konstruiert, daß er den magnetischen Fluß unmittelbar vom Polstift in die Grundplatte zurückführt. Der Haltefluß über die Kontaktplättchen kommt hierbei gar nicht zustande.

Die wichtigsten Daten des SGM-Relais sind:

Ansprechzeit: 0,6 ms, Ansprechleistung: 200 mW;
 Abfallzeit: 0,15 ms, Abwerfleistung: 300 mW;
 Durchschnittliche Schaltdurchflutung: zwischen 35 und 43 AW;
 Schutzgas: 97 % Stickstoff, 3 % Wasserstoff.

9.6.11.5. Verwendung der SRK-Relais und SGM-Relais

SRK- und SGM-Relais finden aufgrund ihrer besonderen Konstruktionsmerkmale und der sonstigen Vorteile vor allem in **Koppelfeldern moderner Fernmeldeeinrichtungen** Verwendung. Wegen ihrer hervorragenden Kontakt- und Schalteigenschaften bestehen die Durchschalte- und Sprechwegnetzwerke moderner, zentral und elektronisch gesteuerter Vermittlungsstellen und Nebenstellenanlagen aus Koppelanordnungen, in denen SRK-, SGM-, Herkon-, FRK- oder Multireedrelais die einzelnen Bauteile bilden. Derartige Relaiskoppler ersetzen die Wählerschaltarme und -vielfache elektromechanisch arbeitender Wähler.

Die großen Vorteile solcher Koppelanordnungen liegen neben ihren sehr geringen Kontaktübergangswiderständen, der sicheren Kontaktgabe, der geringen Schaltleistung und den kurzen Schaltzeiten vor allem auch in dem sehr geringen Unterhaltungsaufwand für derartige technische Einrichtungen. Auch die nutzbare Betriebsdauer wird sicherlich die der bisher verwendeten elektromechanischen Bauteile weit übertreffen.

10. Bauteile der Fernsprengerätetechnik

10.1. Mikrofon (Sprechkapsel)

10.1.1. Aufgaben des Mikrofons

Beim Sprechen entstehen Luftdruckschwankungen, die sich als **Schallwellen** in der Luft fortpflanzen. Beim Auftreffen der Schallwellen auf das Mikrofon entstehen Widerstandsveränderungen, die elektrische Stromschwankungen zur Folge haben.

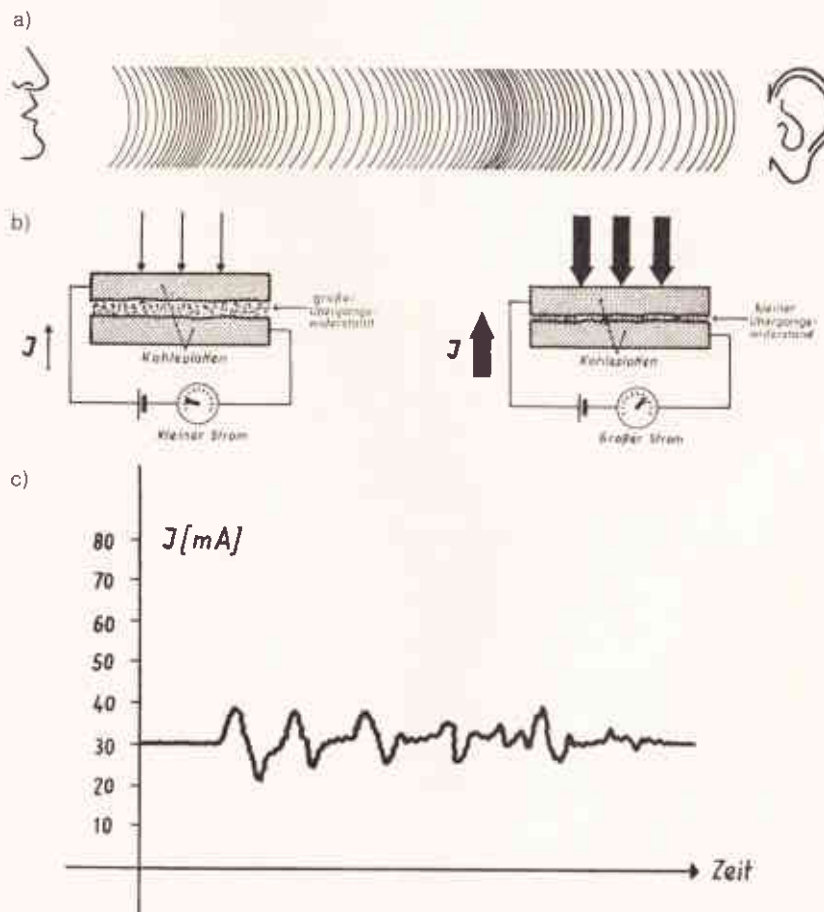


Abb. 10.1 — Grundsätzliche Wirkungsweise eines Mikrofons

Das Mikrofon ist daher ein akustisch-elektrischer Wandler, der Schallwellen in Stromschwankungen umwandelt. Es dient als Steuerorgan für den Sprechwechselstrom und somit als Nachrichtensender bei der elektrischen Übertragung von Sprache.

Die Wirkungsweise eines Kohlemikrofons zeigt der folgende Versuch (Abb. 10.1): Zwischen zwei lose übereinanderliegenden Kohleplatten befindet sich Kohlegrus¹. Ein Strommesser und eine Spannungsquelle sind mit dem Mikrofon zu einem Stromkreis zusammengeschaltet, so daß ein Gleichstrom von bestimmter Stärke durch das Mikrofon fließt. Zwischen den beiden Kohleplatten besteht ein Übergangswiderstand, der die Stärke des fließenden Stroms begrenzt. Liegen die Kohleplatten lose aufeinander, so ist der Übergangswiderstand zwischen den Kohlekörnchen groß und der Strom entsprechend schwach. Werden die Kohleplatten fest aufeinander gedrückt, dann wird der Übergangswiderstand je nach Stärke des Drucks kleiner und der Strom infolgedessen stärker.

Die Stärke des Drucks, mit dem die Kohleplatten zusammengepreßt werden, beeinflußt den Übergangswiderstand zwischen den Kohleplatten und damit die Stärke des fließenden Gleichstroms.

Die beiden Kohleplatten werden jetzt auf eine dünne schwingfähige Unterlage gelegt. Klopft man auf diese Unterlage, so übertragen sich die Erschütterungen auf die Kohleplatten und der Übergangswiderstand verändert sich im Rhythmus der Erschütterungen. Die Folge des sich fortwährend ändernden Übergangswiderstands ist ein Gleichstrom von schwankender Stärke. Die Gleichstromstärke wird also im Rhythmus der Erschütterungen verändert. Durch die zwischen den Kohleplatten befindlichen Kohlekörner oder Kohlegrus ergeben sich viele Berührungsstellen und damit viele Übergangswiderstände, die naturgemäß äußerst empfindlich gegen Erschütterungen sind und somit auch leicht druckveränderbare Widerstände darstellen. Der in Abb. 10.1 unter c) dargestellte veränderliche Gleichstrom ist in seinem Verlauf durch die Widerstandsänderungen des Mikrofons geprägt.

Dieser physikalische Vorgang der Widerstandsveränderung mit Hilfe bewegungsempfindlicher Kohleteile wird bei dem Kohlemikrofon angewendet.

Bei einer Fernsprechverbindung fließt der veränderliche Gleichstrom durch die Primärseite der Induktionsspule im FeAp, so daß der Sprechwechselstrom auf die Sekundärseite der Induktionsspule in den Fernhörerkreis übertragen wird. Der Teilnehmer hat dadurch den Eindruck, daß sein Sprechsystem betriebsfähig ist. Die Erzeugung eines „Sprechwechselstroms“ aus dem veränderlichen Gleichstrom entsteht immer dann, wenn der Mikrofonspeisekreis von dem übrigen Verbindungsweg galvanisch getrennt ist (durch Übertrager oder Kondensatoren). Dies geschieht z. B. im I. GW (I. Gruppenwähler) oder LW (Leitungswähler) oder in den Verbindungssätzen der Nebenstellenanlagen.

¹ Kohlegrus ist feiner, scharfkantiger, bröckeliger Kohlegesteinsschutt, der sich durch Zerfall des Gesteins bildet (Verwitterungsprodukt).

10.1.2. ZB-Sprechkapsel

In den heutigen Fernsprechapparaten werden die ZB-Sprechkapseln¹ als Mikrofone verwendet.

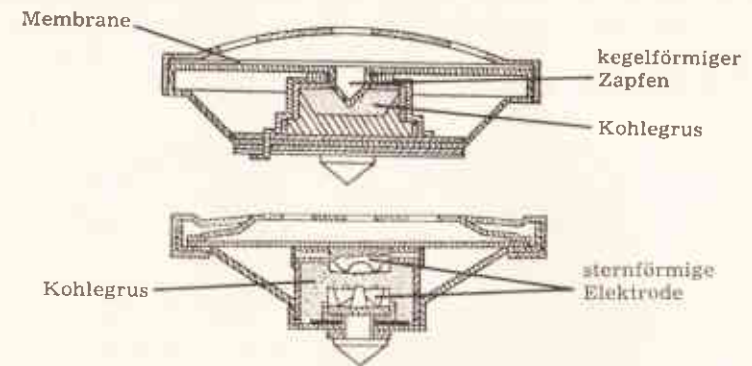


Abb. 10.2 — ZB-Mikrofone

Bei den Sprechkapseln wird als druckempfindlicher Widerstand Kohlegrus verwandt. Er liegt in einer Kammer, die aus einem Kohleblock und einem Filzring besteht. Diese Kammer ist nach oben durch eine Membrane (aus Kohle oder Metall) abgeschlossen. Die Membrane trägt einen kegelförmigen Zapfen, der in den Kohlegrus hineinragt. Er sorgt für eine gute Verbindung zwischen Kohleblock (Kohlegrus) und Membrane.

Die Sprechkapseln wurden im Laufe der Zeit in Form und Aufbau verändert. Die Veränderung war bedingt durch

- a) die Umgestaltung der äußeren Form der Handapparate,
- b) konstruktive Verbesserungen,
- c) die Bemühungen um Verbesserung der elektrischen Eigenschaften und
- d) durch neuzeitliche Werkstoffe und Herstellungsverfahren.

Eine besondere Ausführungsform der Sprechkapseln trägt an der Membrane und an der Kohleplatte je eine sternförmige Elektrode. Diese Ausführung wird als Sprechkapsel mit Sternelektrode bezeichnet (Abb. 10.3). Die wirksame Oberfläche der sternförmigen Elektroden ist gegenüber der Oberfläche der anderen Elektroden (Kegel oder Hohlzylinder) wesentlich vergrößert, d. h. die Elektroden haben eine größere und innigere Berührungsfläche mit dem Kohlegrus und sind deshalb wirkungsvoller. Die Sprechkapsel mit Sternelektrode

¹ Beim ZB-(Zentralbatterie-)Betrieb wird eine Batterie für alle Sprechstellen gemeinsam benutzt. Diese Spannungsquelle ist zentral aufgestellt; im Fernsprechnetzt der DBP befindet sie sich bei den Vermittlungsstellen. Im Gegensatz hierzu gab es früher auch den OB-Betrieb (Ortsbatteriebetrieb).

arbeitet in jeder Lage störungsfrei. Die heute gebräuchlichen Sprechkapseln haben entweder Kegelelektroden oder Sternelektroden. Bei den neueren Ausführungen ist die Kapsel aus Preßstoff hergestellt und mit einem Metallüberzug versehen. Alle Sprechkapseln haben gleiche äußere Abmessungen. Der Widerstand der Sprechkapsel liegt zwischen 150 und 350 Ohm. Der Sollwert der Mikrofonspeisestromstärke beträgt 17,5 mA — 50 mA.

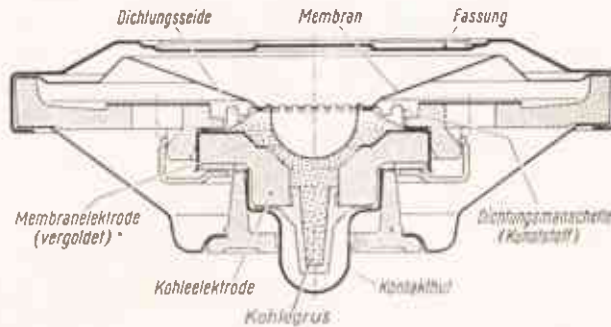


Abb. 10.3 — Kohlemikrofon

10.1.3. Transistor-Mikrofonkapseln

Seit einigen Jahren werden neue Mikrofone entwickelt, die noch bessere Eigenschaften als die bisher überwiegend verwendeten Kohlemikrofone besitzen. Ein verbessertes Mikrofon ist z. B. die **Piezo-Transistor-Sprechkapsel**¹; sie hat gleiche Abmessungen wie ein Kohlemikrofon.

Diese neuartige Kapsel besteht aus einem sogenannten **Piezo-Wandler** und einem nachgeschalteten integrierten Verstärker (in Monolithtechnik) und einer Diodenanordnung für den bipolaren Anschluß und zum Blitzschutz. Die Kapsel zeichnet sich durch hervorragende Übertragungseigenschaften, Stabilität, ausgeglichenen Frequenzgang, geringen Klirrfaktor und lange Lebensdauer aus. Sie ist weitgehend unabhängig von der Speisestromstärke und hat deshalb bei 60-V-Speisung eine Reichweite bis 2,2 kΩ Leitungswiderstand, so daß damit sehr lange Ortsanschlußleitungen möglich sind.

10.1.4. Fritten der Mikrofone und Abhilfemaßnahmen

Bei Kohlemikrofonen neigen die Kohlekörner zum Zusammenbacken; diese Erscheinung wird auch „Fritten“ genannt. Hierdurch werden der Widerstandswert und der Widerstandsänderungsbereich der Sprechkapseln so verändert, daß die Verständigungsgüte wesentlich verschlechtert wird.

¹ **Piezoelektrizität:** eine durch Druck auf Kristalle (z. B. Quarz) entstehende Aufladung, die in elektrischen Schaltungen ausgenutzt werden kann.

Das Fritten wird durch hohe Spannungsschöße hervorgerufen, die durch bestimmte Bedienungsvorgänge (z. B. Drücken der Amtstaste bei einem Reihenapparat) ausgelöst werden und ein Vielfaches der Betriebsspannung betragen können. Diese Spannungsschöße sind mit den Öffnungsfunken an Kontakten vergleichbar. Um das Fritten zu vermeiden, müssen die durch die Spannungsschöße entstehenden Ströme vor dem Mikrofon kurzgeschlossen werden. Bei einzelnen Apparatetypen wird zu diesem Zweck ein Kondensator parallel zur Sprechkapsel geschaltet; er wirkt für die Spannungsschöße wie ein Kurzschluß. Dieser Kondensator wird Frittschutzkondensator genannt und ist 0,025 µF bis 0,1 µF groß.

Ältere Apparatetypen sind noch nicht mit einem Frittschutzkondensator ausgestattet. Wird bei ihnen die Wirksamkeit des Mikrofons durch Zusammenbacken der Kohlekörner oder des Kohlegruses beeinträchtigt, so kann z. B. leichtes Klopfen gegen die Sprechkapsel Abhilfe schaffen. Nützt dies nichts, dann müssen die Sprechkapseln ausgewechselt werden.

10.1.5. Schallübertragung

Das Grundprinzip einer elektrischen Sprechverbindung ist in Abb. 10.5 dargestellt. Die auf das Mikrofon auftreffenden Schallwellen werden im Mikrofon in Stromschwankungen umgewandelt. Durch den Sprechwechselstrom wird der Fernhörer erregt, der die Stromänderungen in hörbare Schallwellen zurückverwandelt.

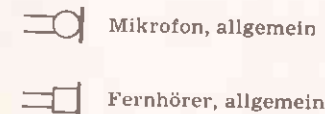


Abb. 10.4 — Schaltzeichen für Mikrofon und Fernhörer

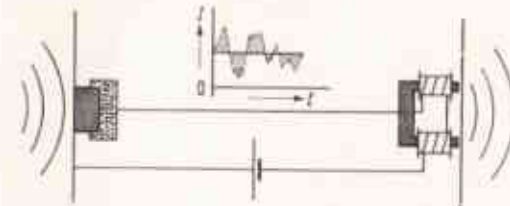


Abb. 10.5 — Prinzip der Schallübertragung

10.2. Fernhörer (Hörkapsel)

10.2.1. Aufgaben des Fernhörers

Der Fernhörer hat die Aufgabe, die im Fernsprechgerät ankommenden Sprechwechselströme in Hörschall umzuwandeln. Er dient bei der elektrischen Übertragung als **Nachrichtenempfänger**. Die grundsätzliche Wirkungsweise von Fernhörern ist in Abb. 10.6 dargestellt.

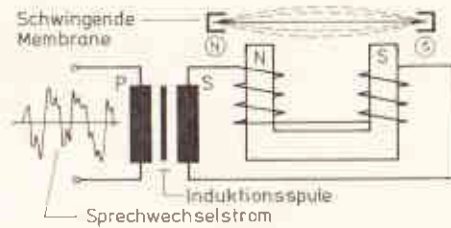


Abb. 10.6 — Schaltungsprinzip eines Fernhörerstromkreises

N und S sind die beiden Pole eines Dauermagneten. Durch die Kraftwirkung des Dauermagneten wird die magnetisierbare Membrane angezogen.

Fließt der Sprechwechselstrom so durch die um die Magnetpole liegenden Wicklungen, daß der magnetische Fluß sich verstärkt, dann wird die Membrane stärker angezogen; sie bewegt sich nach unten (Abb. 10.6). Ändert der Sprechwechselstrom seine Richtung, dann wird der magnetische Fluß geschwächt; die Membrane bewegt sich infolge elastischer Rückfederung nach oben. Sie führt also eine rhythmische Hin- und Herbewegung aus, die den Stromänderungen des ankommenden Sprechwechselstroms entspricht.

Folgende Hörkapseln werden im Bereich der DBP verwendet:

- a) magnetische Hörkapseln,
- b) Vierpol-Hörkapseln,
- c) Ringmagnethörkapseln und
- d) dynamische Hörkapseln.

Alle zu dem Fernhörersystem gehörenden Apparateile sind bei neuzeitlichen Fernsprechapparaten in einer Kapsel untergebracht und gegen Störungen durch äußere Einwirkungen weitgehend geschützt. Alle Hörkapseln haben gleiche äußere Abmessungen und können in alle gebräuchlichen Handapparate eingesetzt werden.

10.2.2. Magnetische Hörkapsel

Die Hauptbestandteile der magnetischen Hörkapsel (vgl. hierzu Abb. 10.7) sind **Dauermagnet, Spulen, Polschuhe** und **Membrane**. Die aus schwingfähigem Stahlblech bestehende Membrane ist am ganzen Umfang fest eingespannt und kann im Magnetfeld elastisch schwingen.

Im Ruhezustand wird die Membrane aus magnetisierbarem Werkstoff leicht angezogen, man sagt, die **Membrane ist magnetisch vorgespannt**. Werden die Erregerspulen vom Sprechwechselstrom durchflossen, dann wird das Dauermagnetfeld je nach der Stromrichtung gestärkt oder geschwächt. Bei Magnetfeldverstärkung wird die Membrane stärker angezogen, bei Magnetfeldschwächung federt die Membrane in ihre vorgespannte Ruhelage wieder

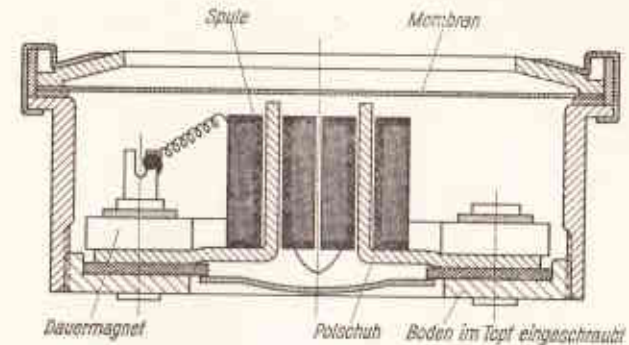


Abb. 10.7 — Magnetische Hörkapsel

zurück. Durch diese Magnetfeldschwankungen wird die Membrane dem Sprechwechselstrom entsprechend hin- und herbewegt und erzeugt so die Schallwellen.

Würde der Fernhörer keinen Dauermagneten haben, dann wäre die Membrane im spannungslosen Ruhezustand **nicht magnetisch vorgespannt** und die Magnetfeldänderungen kämen lediglich durch das Fließen des Sprechwechselstroms zustande. Bei unvorspannter Membrane würde sie jedoch bei jeder Halbwelle angezogen werden und in die Ruhelage wieder zurückfedern, so daß dadurch eine Frequenzverdoppelung entstehen würde. **Um die Frequenzverdoppelung zu vermeiden, ist der Fernhörer mit einem Dauermagneten ausgerüstet und die Membrane magnetisch vorgespannt.**

10.2.3. Vierpol-Hörkapsel (Freischwingersystem)

Die Vierpol-Hörkapsel (vgl. hierzu Abb. 10.8) besteht aus einem unmagnetisierbaren Metallgehäuse, so daß das Magnetfeld des Dauermagneten nicht beeinflusst wird. Im Innern des Gehäuses sind zwei Dauermagnete angebracht, die sich mit ihren ungleichen Polen (Nord-

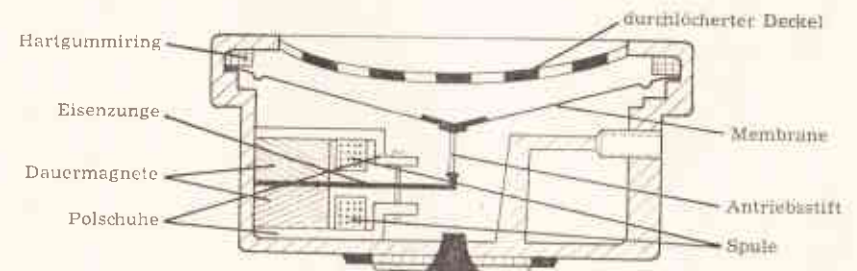


Abb. 10.8 — Vierpol-Hörkapsel

und Südpol) gegenüberstehen. Zwischen beiden Magnetpolen ist das Ende einer Eisenzunge fest eingeklemmt. Die beiden anderen Pole der Dauermagnete sind durch Polschuhe so verlängert, daß sie kleine Schwingungen der Eisenzunge zulassen. Um die Eisenzunge herum ist eine Spule angeordnet, deren Anfang mit dem Gehäuse und deren Ende mit einer Kontaktplatte in Verbindung steht, die vom Gehäuse durch eine Pertinaxscheibe isoliert ist. Die Eisenzunge ist durch einen Antriebsstift mit der **Kunststoffmembrane** verbunden, die am Rand sehr elastisch und nach unten trichterförmig ausgearbeitet ist. Über der Membrane ist zu ihrem Schutz ein durchlöcherter Deckel befestigt. Ein zwischen Deckel und Membrane eingepreßter Hartgummiring sichert den festen Sitz der Membrane. Der vom Magnetsystem nicht ausgefüllte Raum ist durch Metallbleche verschlossen.

Die Vierpol-Hörkapsel arbeitet nach dem sogenannten Prinzip eines **Freischwingers**. Die Membrane steht im Ruhezustand in einer völlig entspannten Lage; einseitig wirkende Kräfte oder Vorspannungen können nicht auf sie einwirken. Hierdurch wird keine der beiden Halbwellen des Wechselstroms bevorzugt und deshalb Sprache und Musik gut und verzerrungsfrei wiedergegeben.

Die stromdurchflossene Spule erzeugt ein elektromagnetisches Kraftfeld. Da die Eisenzunge innerhalb der Spule steht, wird die Zunge magnetisch. Ist die Stromrichtung in der Spule so, daß in dem zwischen den Polschuhen des Dauermagneten schwingenden Ende der Eisenzunge ein Nordpol entsteht, so wird die Zunge in Richtung des Südpols bewegt. Bei umgekehrter Stromrichtung wird die Zunge süd magnetisch und daher vom Nordpol angezogen. Fließt durch die Spule ein Sprechwechselstrom, so schwingt die Zunge im Takt dieses Wechselstroms zwischen den Polschuhen des Dauermagneten hin und her. Diese Schwingungen werden durch den Antriebsstift auf die trichterförmige Kunststoffmembrane übertragen und als Schallwellen an die Luft abgegeben. Um ein besseres Schwingen der Membrane zu ermöglichen, ist in ihr eine kleine Luftaustrittsöffnung eingelassen, die einen guten Luftausgleich ermöglicht.

10.2.4. Ringmagnet-Hörkapsel

In der Ringmagnet-Hörkapsel sind in einem Gehäuse zwei Polplatten eingebaut, die um ihre zylinderförmigen Polschuhe je eine Erreger-spule tragen. Zwischen einem oberen und einem unteren Ringmagneten ist ein Anker aus Eisenblech eingespannt, der als **magnetische Membrane** wirkt. Im Zentrum dieses Ankers ist ein Messingstift befestigt, der die Verbindung zur **akustischen Membrane** herstellt. Diese Kunststoffmembrane ist am Rand elastisch und zur Mitte hin versteift. Über zwei Lötflächen wird die Verbindung von der Kontaktplatte bzw. vom Gehäusetopf zu den Erreger-spulen hergestellt. Kontaktplatte und Gehäusetopf sind durch einen Isolier-ring voneinander getrennt. Eine Fassung umklammert ein ring-

förmiges Zwischenstück und den oberen umgebogenen Rand des Gehäusetopfes.

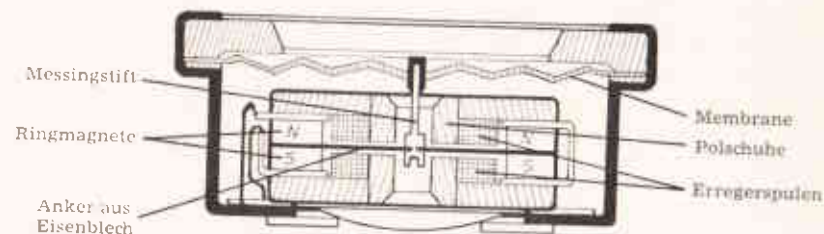


Abb. 10.9 — Ringmagnet-Hörkapsel

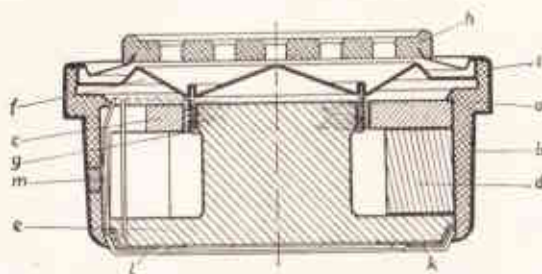
Die Ringmagnet-Hörkapsel arbeitet nach dem **elektromagnetischen Prinzip**. Die Ringmagnete sind in der Richtung ihrer Zylinderachse durchlaufend magnetisiert. Der magnetische Gleichfluß schließt sich über die beiden Polplatten und die zylindrischen, durchbohrten Polschuhe; er verläuft also senkrecht durch die magnetische Membrane und die beiderseits der Membrane angeordneten Luftspalten. In der radialen Ausdehnung der Membrane heben sich die magnetischen Gleichflüsse auf. Auf die Polschuhe sind die beiden ebenfalls zylindrischen Erreger-spulen aufgewickelt. Legt man an diese eine Wechselspannung, so wird ein Wechselfluß erzeugt, der den Gleichfluß in dem einen Luftspalt verstärkt, in dem anderen schwächt. Die von beiden Seiten auf die magnetische Membrane wirkenden Wechselkräfte unterstützen sich, und die Membrane schwingt im Rhythmus der ankommenden Wechselströme hin und her. Diese Schwingungen werden auf die akustische Membrane übertragen und als Schallwellen an die Luft abgegeben. Die Schallschwingungen werden also nicht von der Eisenmembrane unmittelbar, sondern von der mit ihr gekoppelten akustischen Membrane hervorgebracht. Die Ringmagnet-Hörkapsel übertrifft alle bisher eingeführten Kapseltypen erheblich hinsichtlich der Lautstärke und der Breite des wirksam übertragenen Frequenzbandes.

10.2.5. Dynamische Hörkapsel

10.2.5.1. Aufbau und Wirkungsweise der dynamischen Hörkapsel

Die dynamische Hörkapsel besteht aus einem Preßstoffgehäuse, das mit einem Metallmantel umgeben ist. Im Innern des Preßstoffgehäuses befindet sich ein topfähnlicher Weicheisenkern. Dieser bildet an seiner oberen Öffnung den Südpol des Magnetsystems. In der Mitte des Weicheisenkerns ist ein aus hochwertigem Stahl hergestellter Dauermagnet befestigt. Zwischen diesem und dem oberen Rand des Weicheisenkerns besteht ein Luftspalt von ungefähr 1 mm, in dem ein starkes, gleichmäßiges, radialhomogenes, magnetisches Kraftfeld herrscht. Die Kunststoffmembrane ist am Rande sehr nachgiebig, die Membranoberfläche selbst ist aber in sich starr. Die Membrane besteht aus mehreren konzentrischen, kegelförmigen Teilen oder ist durch Querrippen verstärkt. Diese besondere Formgebung bewirkt,

daß die Membranoberfläche bedeutend größer ist als die der übrigen Hörkapseltypen. In der Mitte hat die Membrane einen runden Spulenkörper, der die Schwingspule — Erregerspule — trägt; diese Schwingspule schwingt in dem radialhomogenen Kraftfeld. Über der Membrane befindet sich zum mechanischen Schutz ein durchlöcherter Deckel, der aus einem Preßstoffstück besteht, das von dem Metallring gehalten wird. Unterhalb der Grundplatte sind ein Isolerring und ein Kontaktring angebracht. Das Gehäuse selbst — Preßstoffgehäuse und Metallmantel — ist unten zugebörtelt. Der Kontaktring und die Grundplatte bilden je eine Stromzuführung, die jeweils mit dem Anfang und mit dem Ende der Schwingspule in leitender Verbindung stehen.



- | | |
|----------------------|------------------|
| a = Preßstoffgehäuse | g = Schwingspule |
| b = Metallmantel | h = Deckel |
| c = Polplatte | i = Metallring |
| d = Dauermagnet | k = Isolerring |
| e = Grundplatte | l = Kontaktring |
| f = Membrane | m = Leerraum |

Abb. 10.10 — Dynamische Hörkapsel

Bei der dynamischen Hörkapsel übt die stromdurchflossene Spule in dem Magnetfeld eine Kraft aus, die die Spule in das Magnetfeld hineinzuziehen oder aus dem Magnetfeld herauszustoßen sucht (**elektrodynamisches Prinzip**). Die Kraft ist abhängig von der Stromrichtung in der Spule und von der Richtung des Magnetfelds. Die beweglich angeordnete Schwingspule liegt in dem 1 mm breiten Luftspalt, in dem ein radialhomogenes Kraftfeld herrscht. Sie besteht aus wenigen dünnen, isolierten Kupferdrahtwindungen. Fließt ein Gleichstrom durch die Spule, so wird sie — und mit ihr die Membrane — in den Luftspalt hineingezogen oder herausgedrückt (je nach Stromrichtung). Fließt dagegen ein Wechselstrom durch die Spule, so wird die Bewegungsrichtung entsprechend den periodischen Halbwellen des Stroms dauernd geändert. Die Spule schwingt in dem Takt der Frequenz des Sprechwechselstroms hin und her. Die Größe des Spulenhubs, also die mechanische Schwingweite, hängt von der Stromstärke ab. Die Tauchspule ist fest mit der Kunststoffmembrane verbunden; ihre Schwingungen werden also auf die Membrane übertragen. Die Schwingungen der Membrane beeinflussen die sie umgebende Luft, so daß Schallwellen abgestrahlt werden.

10.2.5.2. Die dynamische Hörkapsel als Sprechkapsel

Die dynamische Hörkapsel kann ohne weiteres auch als Sprechkapsel benutzt werden. Im Münzfernsprecher 63 findet sie Verwendung, weil der Sprechverstärker eine Sprechkapsel benötigt, die elektrische Energie abgibt. Die **dynamische Sprechkapsel** wird auch in batterielosen Fernsprechanlagen eingesetzt.

Wird auf die dynamische Sprechkapsel gesprochen, dann wirken die Luftschwingungen auf die Kunststoffmembrane. Die Membrane schwingt im Rhythmus der auf sie auftreffenden Schallwellen. In der an ihr befestigten Schwingspule — hier Erregerspule genannt — ändert sich im Takt der Schallwellen das radialhomogene Kraftfeld des Dauermagneten. In den Windungen der Spule wird eine Spannung induziert, die bei geschlossenem Leiterkreis einen Stromfluß zur Folge hat.

Spricht Teilnehmer A — wie in Abb. 10.11 dargestellt — auf die Kapsel, dann wird eine Sprechwechselspannung induziert, die über die Adern der Leitung einen Sprechwechselstrom zum Teilnehmer B fließen läßt. Beim Teilnehmer B hat die Kapsel die Wirkung einer Fernhörer-kapsel und arbeitet in der zuvor beschriebenen Weise. So ist ohne Batterie eine Sprechverständigung zwischen zwei Teilnehmern möglich.

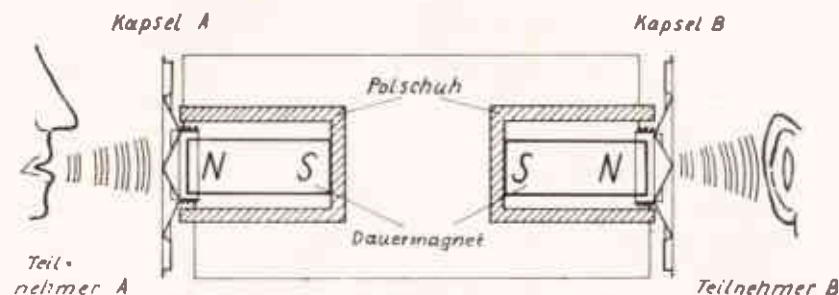


Abb. 10.11 — Wirkungsweise der dynamischen Kapseln als Sender und Empfänger

Batterie lose Fernsprechanlagen werden überall dort verwendet, wo der Fernsprechtbetrieb unabhängig von Spannungsausfällen unbedingt gewährleistet sein muß (auf Schiffen, im Bergbau). Für schlagwettergefährdete Gruben und für explosionsgefährdete Betriebe hat der batterie lose Fernsprecher den Vorteil, mit einfachsten Leitungen und Schaltungen auszukommen. Außerdem tritt in batterie losen Fernsprechanlagen infolge der geringen erzeugten elektrischen Energie keine Funkenbildung, also keine Zündgefahr, auf, so daß keine Vorsichtsmaßnahmen zur Vermeidung von Schlagwettern und Explosionen notwendig sind.

10.2.6. Empfindlichkeitsgruppen der Sprech- und Hörkapseln

Die in den Fernsprechanlagen eingesetzten Sprech- und Hörkapseln werden — entsprechend ihrer Empfindlichkeit — in Gruppen (Güte-

klassen) eingeteilt. Der Kapselersatz nach einzelnen Empfindlichkeitsgruppen ist in Abhängigkeit von der Leitungsdämpfung — die vom Leitungswiderstand abhängig ist — geregelt. Dämpfungswerte der Ortsanschlußleitungen sind dem **Dämpfungsplan 55** (siehe FBO 1 „Ortsnetzplanung“) zu entnehmen. Bei diesem Plan unterscheidet man in Anlehnung an die Aufgabe des Mikrofons und des Fernhörers als Sender und Empfänger zwischen einer **Sendebegzugsdämpfung** und einer **Empfangsbegzugsdämpfung**. Wegen der grundsätzlichen Bedeutung der Begzugsdämpfung werden die wichtigsten Begriffe kurz erläutert.

1. **Begzugsdämpfung (BD):** Das ist die Dämpfung, die bei einem Vergleich zwischen einem normalen Fernsprechkreis und einem international festgelegten **Fernsprechkreis** ermittelt wurde.

2. **Sendebegzugsdämpfung (SBD):** Die SBD bezieht sich auf das Mikrofon, die Asl und die Speiseschaltung der OVSt, wenn gesendet wird.

$$\text{SBD} = \text{BD Mikrofon} + \text{BD Asl} + \text{Speisedämpfung}$$

$$\begin{aligned} \text{Höchstwerte: Hauptanschluß} & \text{ ————— } = 10,3 \text{ dB} \\ \text{Hauptanschluß mit Nebenstelle} & = 12,8 \text{ dB} \end{aligned}$$

3. **Empfangsbegzugsdämpfung (EBD):** Die EBD bezieht sich auf den Fernhörer und die Asl, wenn empfangen wird.

$$\text{EBD} = \text{BD Fernhörer} + \text{BD Asl}$$

$$\begin{aligned} \text{Höchstwerte: Hauptanschluß} & \text{ ————— } = 1,7 \text{ dB} \\ \text{Hauptanschluß mit Nebenstelle} & = 4,2 \text{ dB} \end{aligned}$$

Je größer der Widerstand und somit die Dämpfung einer Fernsprechananschlußleitung ist, um so größer soll die Empfindlichkeit der Hör- und Sprechkapseln sein.

Um die Begzugsdämpfung der Asl berechnen zu können, wurde der Begriff „**Planungsbegzugsdämpfung**“ eingeführt. Diese Planungsbezugsdämpfung entspricht nahezu der tatsächlichen Begzugsdämpfung der Asl. Genaue Tabellen und Richtwerte sind den „**Richtlinien für den Einsatz von Hör- und Sprechkapseln bei den Sprechstellen**“ (FTZ 439 R 1, Ausgabe Sept. 1969) zu entnehmen.

Die Empfindlichkeitsgruppe, die für jede einzelne Kapsel aufgrund von Begzugsdämpfungsmessungen festgestellt wird, ist auf dem Kapselrand durch römische Ziffern gekennzeichnet. Kapseln neuer Fertigung tragen zusätzlich eine Farbkennzeichnung.

Die für Ortsanschlußleitungen vorzusehenden Kapselgruppen sind der nachfolgenden Tabelle 10.1 zu entnehmen.

Tabelle 10.1: Einsatz der Hör- und Sprechkapseln

I	Kapselgruppen					
	Kennzeichen der Kapseln	Hörkapseln		Sprechkapseln		
		Gruppe	EBD dB	Gruppe	SBD dB	
grün	III	—5,2 bis — 7,8	II	+ 4,3 bis +0,9		
rot	IV	—7,8 bis —10,4	III	+0,9 bis —2,6		
II	Einsatzmöglichkeiten der Kapseln					
	Hauptanschluß	Schleifen- widerstand	Kapseln			
			Hörkapsel		Sprechkapsel	
			Gruppe	Farbe	Gruppe	Farbe
	langer Hand- App (W 48)	nur bis 600 Ohm zu verwenden	III	grün	II	grün
	kurzer Hand- App (W 61)	bis 1000 Ohm	III	grün	II	grün
	kurzer Hand- App W 613, 615 611 GbAnz)	größer als 1000 bis 1400 Ohm	IV	rot	IV	rot

10.3. Wecker

Neben den Lampen und Schauzeichen als optische Anzeigemittel werden zur akustischen Anzeige und Signalisierung Wecker verwendet. Ein Wecker setzt die ankommenden **elektrischen Rufstromsignale** in **akustische Signale** um.



a) Wecker, allgemein; b) Gleichstromwecker; c) Wechselstromwecker;

d) Wecker mit Sichtmelder; e) Schnarre; f) Summer

Abb. 10.12 — Akustische Anzeigemittel

Man teilt die Wecker nach ihrer Betriebsstromart in **Gleich- und Wechselstromwecker** ein. Daneben ist die Ausführungsform eines Weckers hinsichtlich der Größe und der Anordnung der Einzelteile vom jeweiligen Verwendungszweck des Weckers abhängig. Grundsätzlich bestehen alle Wecker aus folgenden Teilen:

- a) **Elektromagnetsystem,**
- b) **Anker mit Klöppel** (ggf. Rückzugfeder) und
- c) **Glockenschale(n).**

10.3.1. Gleichstromwecker

Bei einem Gleichstromwecker erregt der Gleichstrom das Elektromagnetsystem des Weckers und der Anker wird angezogen. Der am Anker befestigte Klöppel wird bewegt und schlägt gegen die schwingend befestigte Glockenschale. Durch eine entsprechende Schaltungsanordnung (Selbstunterbrecher) wird der Anker in einem bestimmten Rhythmus hin- und herbewegt. Die Lautstärke eines Weckers läßt sich durch eine Veränderung des Abstands zwischen Glockenschale und Klöppel (im Ruhezustand) einstellen.

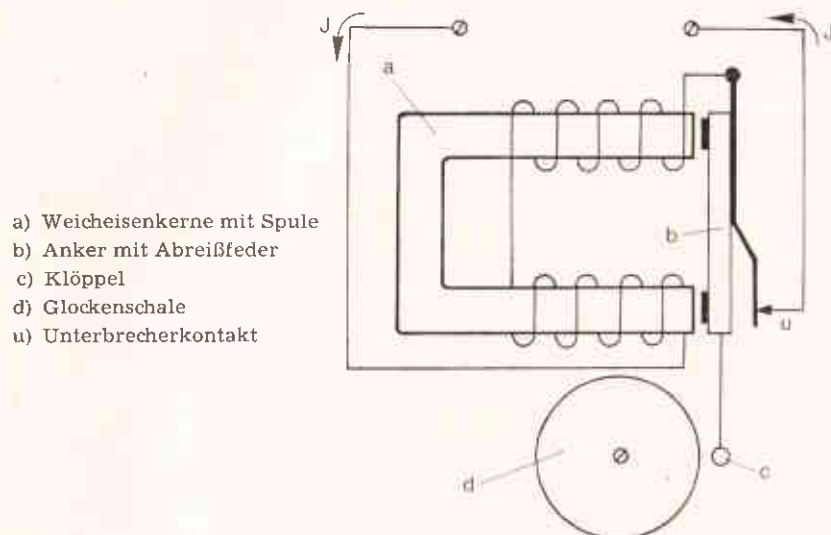


Abb. 10.13 — Gleichstromwecker mit Selbstunterbrechung

Der über die Klemmen herangeführte Strom fließt über die Spule (a), die Abreißfeder des Ankers (b), den Unterbrecherkontakt (u) zur Stromquelle zurück. Durch das sich in der Spule aufbauende Magnetfeld wird der Anker angezogen und der mit dem Anker verbundene Klöppel (c) schlägt an die Glockenschale (d). Gleichzeitig mit dem Anziehen des Ankers wird aber durch den Unterbrecherkontakt (u) der Stromkreis unterbrochen. Das Magnetfeld wird aufgehoben und der Anker federt in die Ruhelage zurück. Der Kontakt schließt wieder und es kommt zur Wiederholung des beschriebenen Vorgangs bis der Stromkreis von außen unterbrochen wird.

Der für den Gleichstromwecker so wichtige Unterbrecherkontakt ist sehr störungsanfällig. Da er beim Betrieb des Weckers abwechselnd geöffnet und geschlossen wird, entsteht an ihm ein Öffnungsfunken, der neben der Kontaktverbrennung auch Störungen in Rundfunkempfängern verursacht.

Diese störenden Funken werden durch eine **Funkenlöschschaltung** beseitigt. Die Funkenlöschschaltung besteht aus einer Reihenschaltung von Kondensator

und Widerstand, die parallel zum funkenbildenden Kontakt liegt. Bei Öffnung des Kontakts wird die funkenbildende Spannung vom Kondensator herabgesetzt. Beim Schließen des Kontakts entlädt sich der Kondensator über den Widerstand, der dabei zur Strombegrenzung im Entladestromkreis dient.

10.3.2. Wechselstromwecker

Beim Wechselstromwecker entfallen die beim Gleichstromwecker so störungsanfälligen Kontakte. Wechselstromwecker arbeiten ohne Kontakte und sprechen auch bei unterschiedlichen Stromstärken zuverlässig an.

10.3.2.1. Wechselstromwecker W 38

Abb. 10.14 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines Wechselstromweckers, der in älteren Fernsprechapparaten eingebaut und als Zusatzwecker verwendet wurde.

Beim Wechselstromwecker W 38 hat ein stabförmiger Dauermagnet (a) an seinem Nordpol ein Weicheisenjoch (b), auf dessen Enden je ein Weicheisenkern (c) mit Spule (d) aufgesetzt ist. Der Südpol des Dauermagneten trägt einen beweglich gelagerten Weicheisenanker (e) mit Klöppel (f). In den den Weicheisenkernen zugekehrten Seiten des Ankers befinden sich kleine Messingstifte, die ein Kleben des Ankers an den Spulenkernen verhindern. Die beiden Glockenschalen sind so angeordnet, daß sie wechselweise vom Klöppel angeschlagen werden.

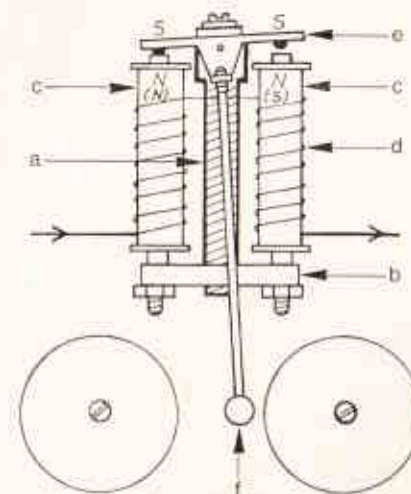


Abb. 10.14 — Wechselstromwecker W 38

Der Magnetismus des Dauermagneten überträgt sich beim W 38 über das Joch auf die Weicheisenpulvenkerne, deren Enden so eine Nordpolarität annehmen. Durch diese Vormagnetisierung der Spulenkern wird der Anker mit seiner Südpolarität von einem der beiden Spulenkern angezogen. Er erhält so auch im Ruhezustand eine stabile Lage. Die hintereinandergeschalteten Weckerspulen (3×6000 Windungen bei 2×300 Ohm) sind so gewickelt, daß sie entgegengesetzt vom Strom durchflossen werden. Dadurch entstehen beim Stromfluß unterschiedliche Magnetfelder in den Spulen, die den vorhandenen Magnetismus stärken (N) oder schwächen (S). Weil der Wechselstrom ständig seine Stromrichtung ändert, wird auch die Magnetisierung der Kerne entsprechend der Frequenz des Wechselstroms umgepolt. Der südpolariserte Anker wird dadurch wechselseitig angezogen bzw. abgestoßen. Der am Anker befestigte Klöppel schlägt wechselweise gegen eine der beiden Glockenschalen.

10.3.2.2. Wechselstromwecker W 50

Beim Wechselstromwecker W 50 sind Dauermagnet und Anker gemeinsam beweglich gelagert. Als Anker wird ein Doppelanker verwendet, der eine bessere Ausnutzung der entstehenden Magnetfelder ermöglicht. Die Polarität der beiden Ankerteile ist durch den dazwischenliegenden Dauermagneten entgegengesetzt (oberer Anker = N; unterer Anker = S). Der nicht vormagnetisierte U-förmige Weicheisenkern trägt die Weckerspule (12000 Wicklungen bei 1500 Ω). Die beiden Schenkel des Weicheisenkerns sind so gestaltet, daß sie für beide Anker einen Gegenpol bilden. Als Glockenschale verwendet man eine sogenannte Schalmeglocke. Der Klöppel ragt in die Glocken-

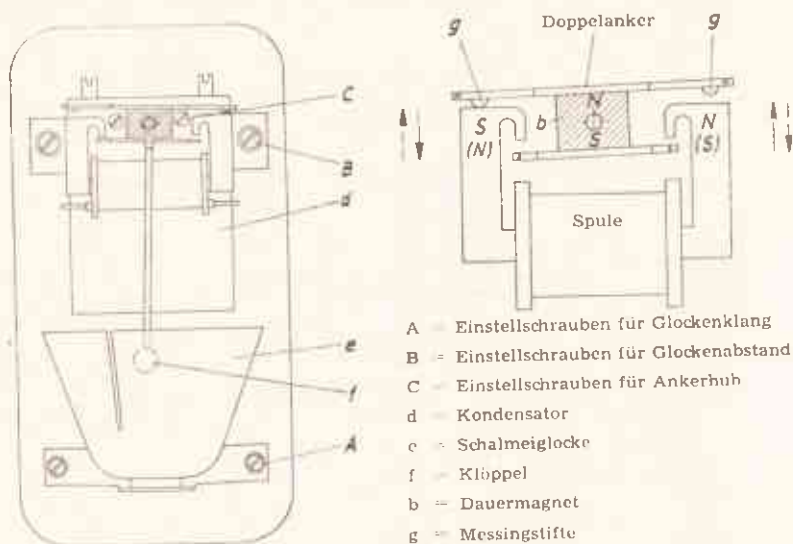


Abb. 10.15 — Wechselstromwecker W 50

schale hinein und schlägt beim Betrieb des Weckers an eine lappenförmige Ausformung der Glockenschale an.

Der Stromfluß bewirkt in der Spule ein magnetisches Feld, das die Schenkel des Weicheisenkerns magnetisch polarisiert (z. B. links = S; rechts = N). Durch den linken Südpol wird der obere nordpolalisierte Anker angezogen und der untere südpolalisierte Anker abgestoßen. Durch die beim Wechselstrom dauernd wechselnde Stromrichtung wird auch der Weicheisenkern fortwährend umpolariert (links = [N]; rechts = [S]). Die rechte Ankerseite wird nun beeinflusst und ihre Bewegung vom Magnetfeld der linken Kernseite unterstützt. Wir haben also auf jeder Seite eine verdoppelte Kraftwirkung, da sich die anziehenden und abstoßenden Kräfte gegenseitig unterstützen. Der Doppelanker kippt im Takt der doppelten Rufstromfrequenz hin und her und bewegt so den Klöppel in der Glockenschale. Weil die zu bewegende Ankermasse sehr gering ist, kann der W 50 für Rufwechselstrom mit einer Frequenz von 25 Hz oder 50 Hz gleich gut verwendet werden.

Die Arbeitsweise des W 50 und somit auch sein Klang lassen sich durch verschiedene Maßnahmen verändern:

Für das Einstellen der Glocke auf **besten Klang** wird der Schalenträger nach Lösen der beiden Befestigungsschrauben leicht verschoben. Die Anschlaglappen in der Glocke stehen schräg zueinander, so daß durch Verschieben die Stellung der Glocke dem Klöppelweg angepaßt werden kann. Die richtige Einstellung ist erreicht, wenn beim Umlegen des Klöppels von Hand ein kurzes Anschlagen des Klöppels erfolgt und die Glocke dann frei ausschwingt. Der Klöppel darf die Glocke in der Ruhelage nicht berühren.

Das Einstellen des Wechselsystems in bezug auf **Abstand zur Glocke** ist mit zwei Schrauben in zwei Langlöchern vorzunehmen; nach Lösen der beiden Schrauben läßt sich das System verschieben. Diese Verschiebung ist als Grobeinstellung zu benutzen, wenn die richtige Einstellung zum Klöppelweg nicht durch das Verstellen der Glocke allein erreicht werden kann.

Für das Einstellen des **Ankerhubes** läßt sich die Achse, auf der der Doppelanker drehbar gelagert ist, verschieben. Der normale Ankerhub beträgt 0,5 bis 0,8 mm (gemessen am freien Ende zwischen Polschuh und Klebstift). Am unteren Teil des Doppelankers darf keine Berührung zwischen Anker und Polschuh eintreten. Der Abstand soll an der angezogenen Seite zwischen 0,4 und 0,7 mm liegen.

10.3.2.3. Einschalenwecker EWk 61

Die Fernsprechapparate 61 mit ihren kleineren Abmessungen erfordern Bauteile mit möglichst kleinen Abmessungen. Deshalb wurde aus den Grundelementen des W 50 der **Einschalenwecker EWk 61** entwickelt. Der EWk 61 arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie der W 50. Beim EWk ist jedoch das ganze Magnetsystem innerhalb der Glockenschale untergebracht. Dadurch entspricht die Gesamtweckergröße nur der Größe der Glockenschale (vgl. hierzu Abb. 10.16).

Das Einstellen des EWk 61 wird durch einen an der Unterseite des Fernsprechapparats angebrachten Drehknopf vorgenommen, wodurch der Spielraum des Weckerklöppels mehr oder weniger stark eingeengt werden kann. Hierdurch läßt sich der EWk 61 vom leichten Schnarren bis zu einer Lautstärke von etwa 70 Phon einstellen (Wechselstromwecker W 38 und W 50 entwickeln Lautstärken bis etwa 90 Phon).

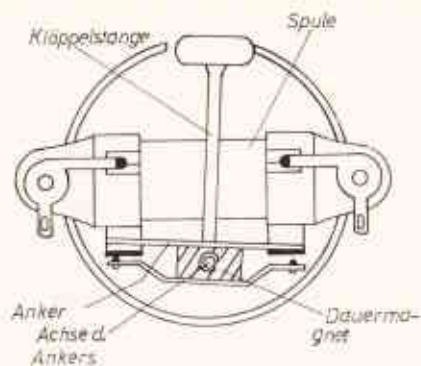


Abb. 10.16 — Einschalenwecker EWk 61 (von unten betrachtet)

10.4. Nummernschalter

10.4.1. Aufgaben und Ausführungsarten

In Fernsprechnetzen mit Wählbetrieb sind die Fernsprechapparate mit einem Nummernschalter (NrS) ausgerüstet. Mit dem NrS wählt der Teilnehmer die gewünschte Gegensprechstelle selbsttätig an.

Es gibt zwei Arten von Nummernschaltern:

- a) den **Drehnummernschalter** und
- b) den **Zugnummernschalter**.

Im Bereich der DBP werden fast ausschließlich Drehnummernschalter verwendet. Diese NrS sind mit Regler und Leerlauf ausgerüstet; ihre Ausführungsarten werden wie folgt bezeichnet:

- NrS 38 R** (mit Rückdrehsicherung),
- NrS 38 K** (mit Kronenmutter-Rückdreh Sperre),
- NrS 38 M** (Ausführung der Firma Merk) und
- NrS 61 f** (f = Kennbuchstabe der Firma Krone).

Daneben sind als Sonderausführungen in Gebrauch:

- a) **Sperrnummernschalter 50**,
- b) **Sperrnummernschalter 55** für Münzfernsprecher und
- c) **Nummernschalter für Prüfhandapparate**.

10.4.2. Grundsätzliche Arbeitsweise und Aufbau eines Nummernschalters

Der NrS im Fernsprechapparat **steuert** bei der Herstellung einer Fernsprechverbindung die am Verbindungsaufbau beteiligten **Wähler**

und **Relais**. Dies geschieht durch eine Reihe schnell aufeinanderfolgender, gegeneinander scharf abgegrenzter **Stromstöße (Impuls und Pause)**. Jeder Stromstoß setzt sich aus einer genau festgesetzten Öffnungs- und Schließungszeit des zur Vermittlungsstelle bestehenden Stromkreises zusammen. Die Anzahl der Stromstöße wird durch den Aufzug der **Fingerlochscheibe** bestimmt.

Alle Nummernschalter-Ausführungen haben

- a) ein **Einstellglied**,
- b) einen **Antrieb**,
- c) einen **Regler** (Bremsen) und
- d) ein **Kontaktwerk**.

Das **Einstellglied** ist beim Drehnummernschalter die Fingerlochscheibe (beim Zugnummernschalter der Fingerlochstreifen). Wird die Fingerlochscheibe im Uhrzeigersinn bis zum Fingeranschlag gedreht, so wird eine Feder gespannt, die als Antrieb für das Kontaktwerk ausgenutzt wird.

Damit der **Antrieb** das Kontaktwerk immer mit gleichmäßiger Geschwindigkeit betätigt, wird der Ablauf des Einstellglieds durch einen besonderen **Regler** gebremst.

Das **Kontaktwerk** besteht bei NrS der Regelausführungen aus dem NrS-Arbeitskontakt (nsa), dem NrS-Impulskontakt (nsi) und dem NrS-Ruhekontakt (nsr). Die für den Verbindungsaufbau notwendigen Steuerfunktionen werden dabei vom nsi-Kontakt ausgeführt (vgl. hierzu Abb. 10.17).

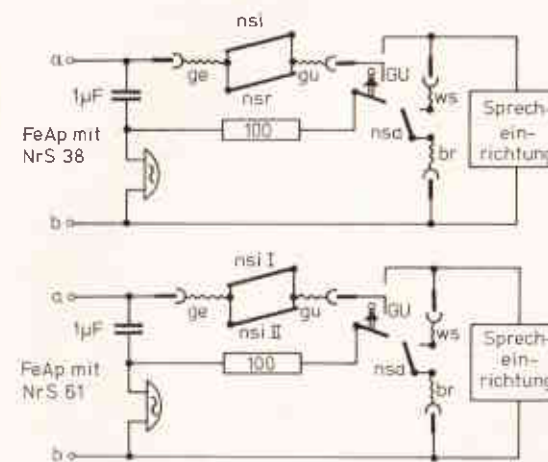


Abb. 10.17 — Kontakte des NrS im FeAp

10.4.3. Nummernschalter 38

Der Nummernschalter 38 besteht aus einer **Grundplatte**, auf deren Vorderseite die **Fingerlochscheibe** drehbar und der **Fingeranschlag**

fest angebracht sind. Auf der Fingerlockscheibe befindet sich eine kleine Ziffernscheibe mit den Ziffern 1 bis 9 und 0.

Die Rückseite der Grundplatte trägt die mit der Fingerlockscheibe verbundene Hauptwelle. Auf der Hauptwelle sind die **Rückzugfeder**, der **Sperrhebel**, das große **Zahnrad mit Sperrklinke** und die **Nockenscheibe** befestigt.

Auf einer zweiten Welle befinden sich das **kleine Zahnrad**, das **Schneckenrad** und die **dreiflügelige Impulsscheibe**. Zwischen einem oberen und einem unteren Bremsspindellager ist die **Bremsspindel** mit Schneckenwelle und Regler gelagert.

Das Kontaktwerk des NrS 38 setzt sich zusammen aus dem:

- a) **nsi-Kontakt = Nummernschalter-Impulskontakt**, der die Anschlußleitung entsprechend dem Ziffernwert der gewählten Ziffer zuzüglich zwei Zusatzimpulse unterbricht.

Der nsi-Kontakt muß für die beiden zusätzlichen Impulse betätigt werden, weil der NrS mit einer **Leerlaufzeit** arbeiten muß. Während dieser Zeit wird der nsi-Kontakt durch den nsr-Kontakt kurzgeschlossen, so daß die Zusatzimpulse nicht wirksam werden. Die Leerlaufzeit des NrS ist erforderlich, damit die mit Freiwahl arbeitenden Wähler beim Verbindungsaufbau genügend Zeit zwischen den einzelnen Impulsreihen haben, um einen freien Ausgang anzusteuern.

- b) **nsa-Kontakt = Nummernschalter-Arbeitskontakt** oder Kurzschlußkontakt, der bei Beginn der Aufzugsbewegung schließt und am Ende der Ablaufbewegung wieder öffnet. Er überbrückt während der Impulsgabe des nsi-Kontakts die Sprech-einrichtung des Fernsprechapparats und schafft dadurch eindeutige Widerstandsverhältnisse in der Amtsschleife.

- c) **nsr-Kontakt = Nummernschalter-Ruhekontakt** oder Leerlaufkontakt, der die letzten beiden Öffnungen des nsi-Kontakts überbrückt. Hierdurch wird eine zwischen den einzelnen Impulsreihen liegende Schutzzeit (Leerlaufzeit) erreicht (siehe unter a). In Ruhestellung sichert er einen guten Leitwert für die Sprechströme.

Die Federsätze der nsi- und nsr-Kontakte sind so angeordnet, daß sie durch die Impulsscheibe bzw. Nockenscheibe beim Ablauf des Nummernschalters betätigt werden. Der nsa-Kontakt ist vom Beginn des Aufziehens bis zum Ende des Ablaufs des Nummernschalters geschlossen.

Bei dem Aufziehen der Fingerlockscheibe bis zum Fingeranschlag wird — je nach der gewählten Ziffer — die Rückzugfeder mehr oder weniger stark gespannt. Nach Freigabe der Fingerlockscheibe dreht die Rückzugfeder die Hauptwelle wieder in die Ruhelage zurück.

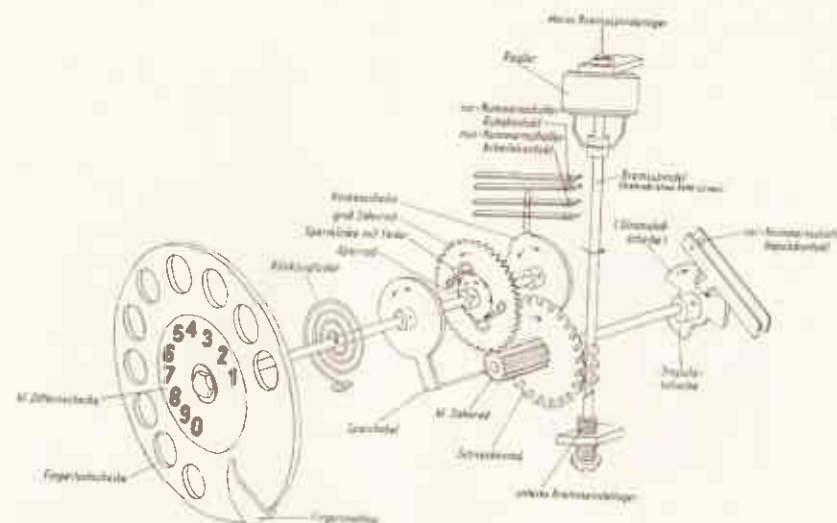


Abb. 10.18 — Nummernschalter 38 M

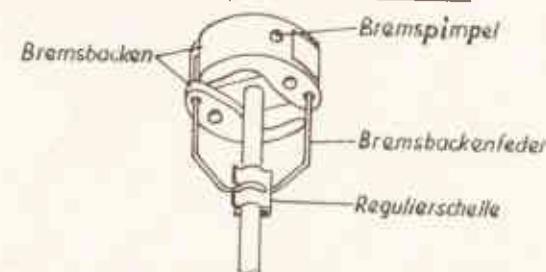


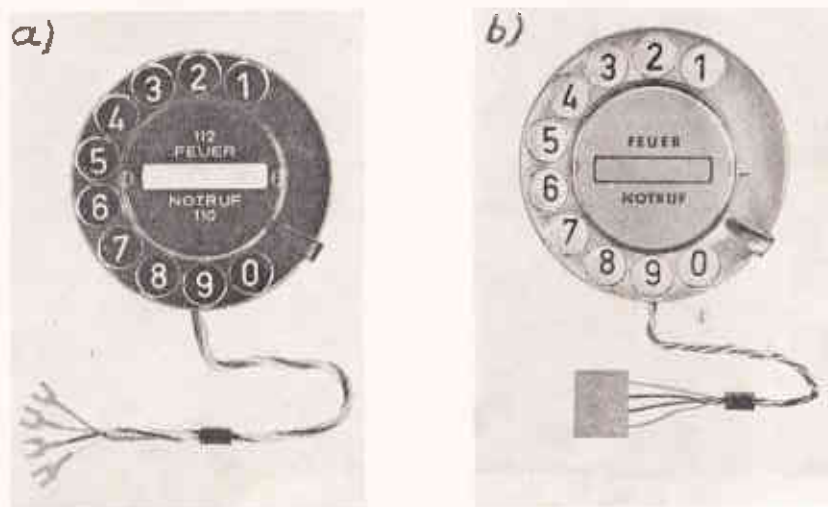
Abb. 10.19 — Regler des NrS 38 (Bremstopf abgenommen)

Während des Rücklaufs greift die Sperrklinke in das Sperrrad ein und nimmt das große Zahnrad mit. Das mitlaufende große Zahnrad treibt über das kleine Zahnrad die zweite Welle an. Die auf der zweiten Welle befestigte Impulsscheibe unterbricht nun stoßweise den nsi-Kontakt. Die auf der Hauptwelle gelegene Nockenscheibe ist so gefertigt, daß sie zu Beginn des Aufzugs den nsa-Kontakt schließt und den nsr-Kontakt öffnet (vgl. hierzu Abb. 10.18).

In einem Bremstopf befinden sich zwei Bremsbacken mit aufgesetzten Bremspimpeln, die durch eine gebogene Bremsbackenfeder zusammengehalten werden. Beim Ablauf des Nummernschalters werden die Bremspimpel an die Innenwand des Bremstopfes gedrückt (Fliehkraftregler). Durch Verschieben der Regulierschelle kann der Druck der Bremspimpel auf den Bremstopf und damit die Ablaufgeschwindigkeit des Nummernschalters geregelt werden.

10.4.4. Nummernschalter 61

Die vier für jeden Nummernschalter charakteristischen Bauelemente sind auch beim NrS 61 vorhanden, jedoch durch neue Konstruktionsformen ersetzt worden.



a) für FeAp 48 (Anschlußsnur mit Kabelschuhen)
b) für FeAp 61 (Anschlußsnur mit Steckverbinder)

Abb. 10.20 — Nummernschalter
(Werkbild der Firma Krone)

Der Antrieb des NrS besteht aus einer mehrlagigen **Runddrahtfeder**. Die Antriebskraft dieser Feder wird durch eine auf der Hauptwelle angeordnete **Freilaufkupplung** und ein zweistufiges **Stirnradgetriebe** auf den **Bremsregler** übertragen. Eine Freilaufkupplung bewirkt ein allmähliches Auslaufen des Reglers nach dem Stillsetzen des NrS. Die Fliehkraft des Reglers kann durch eine Justierschraube verändert und damit die Laufzeit des NrS auf den vorgeschriebenen Wert eingestellt werden. Der **Impulsgeber** des NrS 61 besteht aus zwei **nsi-Kontakten** (nsi I und nsi II), die mit Hilfe einer Nockenscheibe und zweier Stahlkugeln betätigt werden. Die nsi-Kontakte sind durch Justierschrauben einstellbar.

Der neuartige Aufbau des Impulsgebers ist aus Abb. 10.21 zu ersehen. Die Arbeitsweise ist folgende: Die Hauptwelle (1) und die mit ihr verbundene Nockenscheibe (2) drehen sich beim Aufziehen in Pfeilrichtung A und beim Ablauf in Pfeilrichtung B. Beim Beginn des Aufzugs des Nummernschalters wird die Pendelscheibe (3) unter dem Einfluß der Schlupfkupplung (6, 7, 8, 9) um den Winkel α mitgenommen, d. h. bis ihre Anschlagase (14) gegen den festen Anschlag (15) anschlägt.

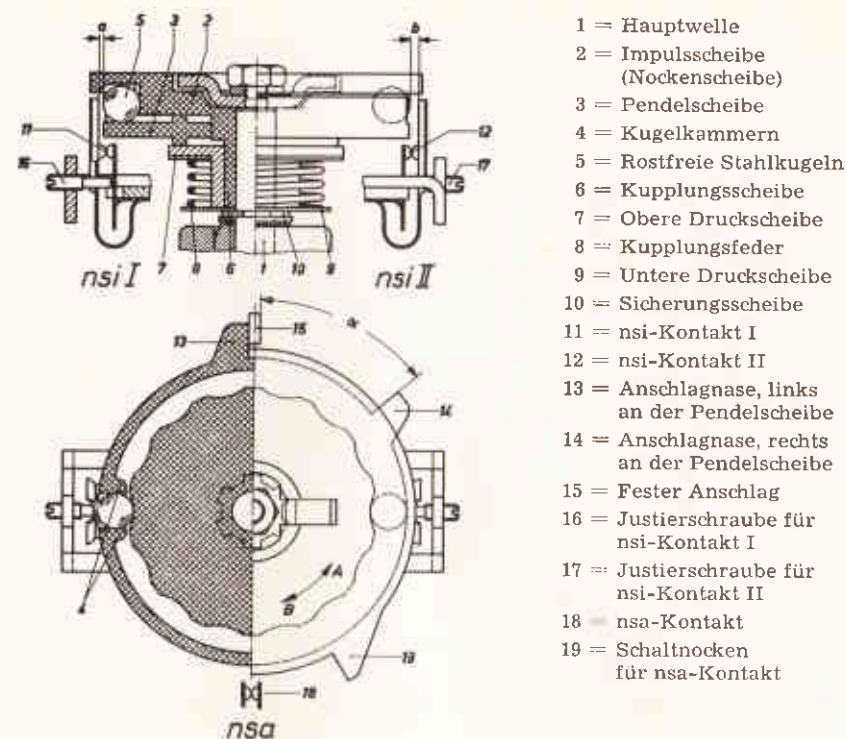


Abb. 10.21 — Aufbau des NrS 61

Die in der Pendelscheibe in Kammern (4) gelagerten Stahlkugeln (5) werden aus ihrer Arbeitsposition um den Winkel α herausgedreht.

Beim Ablauf des Nummernschalters in Pfeilrichtung B werden in der ersten Phase des Ablaufs zunächst die in den Kammern der Pendelscheibe gelagerten Kugeln um den Winkel α , d. h. bis die Anschlagase (13) gegen den festen Anschlag (15) zu liegen kommt, in ihre Arbeitsposition zurückgedreht, wobei anschließend nach dem Stillsetzen der Pendelscheibe die Betätigung der nsi-Kontakte (11 + 12) beginnt. Eine Sicherungsscheibe (10) hält die Kupplungsscheibe (6), die Kupplungsfeder (8) sowie die obere und untere Druckscheibe (7 und 9) zusammen. Durch den sinusförmigen Bewegungsablauf der Kugelsteuerung bleibt die Justierung der nsi-Kontakte über viele Jahre erhalten. Ein Nachstellen der Justierschrauben (16 + 17) ist daher nicht erforderlich. Der nsa-Kontakt (18) wird durch den Schaltnocken (19) betätigt. Der Impulsgeber ist mit einer durchsichtigen Kunststoffkappe abgedeckt, um die Kontaktsätze gegen Beschädigungen und Staubablagerungen zu schützen. Sämtliche Lagerstellen der Wellen laufen in Sinterbronzelagern, deren Porenvolumen von ca. 25 % durch Vakuumtränkung mit einem hochwertigen Öl angefüllt ist. Ein Nachschmieren und Reinigen des Nummernschalters ist daher nicht notwendig.

Das **Kontaktwerk** des NrS 61 setzt sich zusammen aus

- a) **nsi I-Kontakt**,
- b) **nsi II-Kontakt** und
- c) **nsa-Kontakt**.

Die parallelgeschalteten nsi-Kontakte unterscheiden sich wesentlich in ihrer Materialhärte. Der weichere Edelmetallkontakt (nsi I) besitzt einen sehr geringen Übergangswiderstand; der härtere Wolframkontakt (nsi II) ist durch das wehr widerstandsfähige Material abbrandsicher. Die Betätigung der beiden Kontakte erfolgt derart, daß der Kontakt nsi I vor dem Kontakt nsi II öffnet und nach diesem schließt. Die Amtsschleife wird somit nur durch den nsi II-Kontakt geöffnet und geschlossen. Der nsi I-Kontakt schaltet praktisch leistungsfähig und gewährleistet einen guten Leitweg für die Sprechwechselströme. Der nsa-Kontakt erfüllt die gleiche Aufgabe wie beim NrS 38. Ein nsr-Kontakt, der beim NrS 38 die beiden letzten Impulse jeder Impulsreihe überbrückt, ist hier nicht vorhanden. Die zwischen zwei Impulsreihen geforderte „Schutzzeit“ von 200 ms wird beim NrS 61 durch die neuartige Konstruktion des Impulsgebers erreicht. Der „Leerlauf“ liegt vor den Impulsreihen.

Der Leerlauf vor der Impulsreihe hat den großen Vorteil, daß die Anlaufphase des Reglers vor dem Beginn der Impulsreihe beendet ist und somit auch der erste Impuls ausgeregelt wird. Beim NrS 38 fällt der erste Impuls jeder Serie noch in die Anlaufphase des Reglers und weist dadurch häufig ein falsches Impulsverhältnis auf. Die nsi-Kontakte werden nur so oft betätigt, wie es die gewählte Ziffer angibt. Die beiden Blindimpulse beim NrS 38 bringen einen unnötigen Verschleiß des nsi-Kontakts mit sich, der beim NrS 61 vermieden ist. Die Schonung der nsi-Kontakte beim NrS 61 gegenüber dem NrS 38 beträgt ca. 30%. Als Prüfbedingungen werden für den NrS 61 1,2 Millionen Vollaufzüge ohne Nachschmierung und -justierung bei einem Temperaturbereich von -10°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ gefordert.

10.4.5. Sperrnummernschalter 55

Sperrnummernschalter (SpNrS) sollen bei Fernwahlmünzfernsprechern (MünzFw) und bei Teilnehmer-Münzfernsprechern sicherstellen, daß Gesprächsverbindungen, die für diese Apparatetypen nicht zugelassen sind, nicht hergestellt werden können. In der Regel sind dies Verbindungen innerhalb folgender Fernsprechkreise:

- | | |
|--------------------------------|--------------------|
| a) Vereinfachter SWFD | Vorwahlziffer „9“ |
| b) Auslands-SWFD | Vorwahlziffer „00“ |
| c) Handvermittelter Ferndienst | Rufnummer „010“ |
| d) Telegrammaufnahme | Rufnummer „113“ |
| e) Fernsprechauftragsdienst | Rufnummer „114“ |

Die Sperre durch den SpNrS muß spätestens nach der dritten Ziffer erfolgen. Das für den MünzFw benötigte Münzkennzeichen (Nachimpuls) wird ebenfalls mit dem SpNrS angeschaltet.

Der SpNrS 55 besitzt den gleichen Grundaufbau wie der NrS 38. Zusätzlich ist er jedoch mit folgenden Bauteilen ausgestattet:

- a) **Trägheitskontakt „nst“**,
- b) **Dekadenkontakten „nsd 1“ und „nsd 2“** und
- c) **Sperrsystem**, bestehend aus zwei Kontaktbänken mit je drei übereinanderliegenden Bahnen.

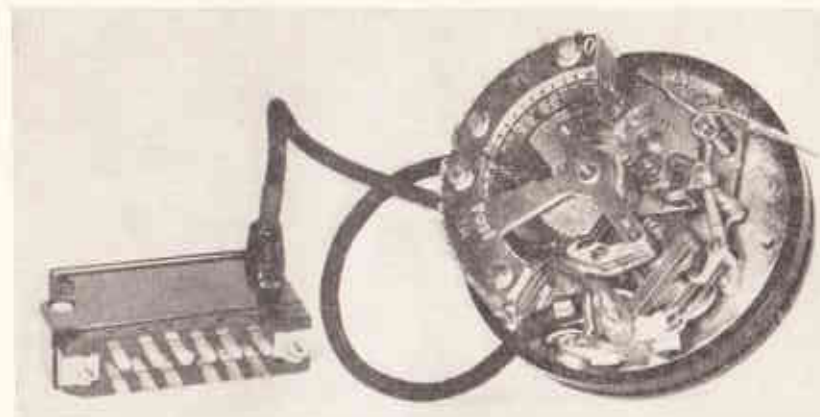


Abb. 10.22 — Sperrnummernschalter 55

(Werkbild der Firma Hagenuk)

Der **Trägheitskontakt** spricht bei zu langsamem oder gestopptem Ablauf des NrS an und schließt die a/b-Leitung kurz. Bei gehemmtem Ablauf der SpNrS reicht die Schubkraft des FliCHKraftreglers nicht aus, ein auf der gleichen Welle befestigtes Schneckenrad mit Nocken weit genug nach außen zu verschieben. Der Nocken schließt dadurch den Trägheitskontakt. Der einfallende Sperrhebel hält den Kontakt dann in dieser Stellung. Die Sperre wird erst wieder durch das Einhängen des Handapparats aufgehoben.

Die **Dekadenkontakte** nsd 1 und nsd 2 werden durch ein Dekadenrad betätigt. Der Kontakt nsd 1 wird beim ersten Aufzug des SpNrS geschaltet. Der Schaltzeitpunkt des nsd 2-Kontakts ist einstellbar. Der Kontakt nsd 2 kann nach dem 1., 2., 3. oder 4. Aufzug des NrS betätigt werden. Eine einfallende Klinke hält die beiden Dekadenkontakte in der Arbeitsstellung fest.

Das **Sperrsystem** besteht aus zwei Kontaktbänken. Jede Kontaktbank hat drei übereinanderliegende Bahnen (Dekaden) 1, 2 und 3, in denen sich Schleifarme mit Kontaktfedern bewegen. Jede Dekade hat ein a-, b- und c-Segment. Es besteht hier eine gewisse Ähnlichkeit mit den Schrittschalt-Drehwählern in den VSt. Durch die Anordnung von zwei Kontaktbänken entstehen zwei voneinander unabhängige Sperrfelder. Die Schaltarme in den Kontaktbänken werden beim Aufzug des SpNrS nacheinander mechanisch mitgenommen und bleiben auf den Lamellen der gewählten Ziffer stehen. Die Schaltarme stellen eine leitende Verbindung zwischen der durchlaufenden Kontaktbank a und der jeweiligen Lamelle c her. Für beide Kontaktbänke bilden bei der Dekade 1 die Segmente „a“ die Zuführung. Die durchführenden b-Segmente beider Kontaktbänke sind seitlich zusammengefaßt und bilden die Ableitung. Die b-Segmente werden von den Schaltarmen nicht berührt. Für eine Sperrung von Rufnummern müssen Lötverbindungen hergestellt werden, und zwar

- a) bei Sperrung der 1. Ziffer z. B. „9“: Verbindung zwischen Lamelle „9“ des c-Segments der Dekade „1“ mit dem b-Segment der gleichen Dekade;

- b) bei Sperrung einer dreistelligen Rufnummer, z. B. „114“, eine Verbindung zwischen
- c-Segment 1, Dekade 1 mit a-Segment Dekade 2,
 - c-Segment 1, Dekade 2 mit a-Segment Dekade 3 und
 - c-Segment 4, Dekade 3 mit dem b-Segment Dekade 3.

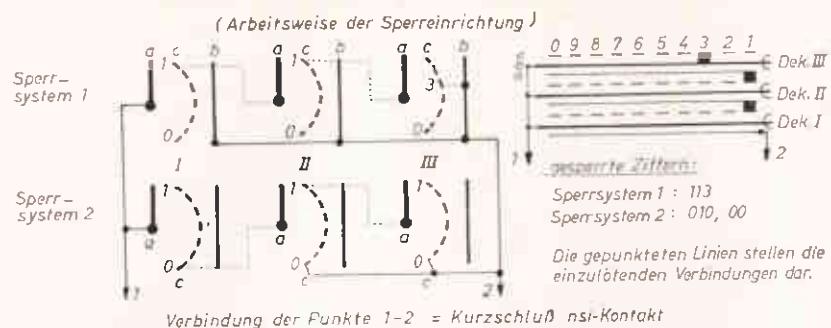


Abb. 10.23 — Sperrsystem SpNrS 55

Wird vom Teilnehmer jetzt die „9“ oder die „114“ gewählt, so entsteht zwischen Zu- und Ableitung eine leitende Verbindung. Hierdurch wird bei den MünzFw 56 und 63 der nst-Kontakt überbrückt, d. h. die a/b-Leitung wird kurzgeschlossen.

Es können innerhalb eines Sperrsystems beliebig viele Lötverbindungen zwischen den c-Lamellen und den b-Lamellen der gleichen Dekade, aber nur eine Lötverbindung zwischen einer c-Lamelle mit dem a-Segment der nachfolgenden Dekade hergestellt werden. Würden mehrere Brücken zu einer folgenden Dekade eingelegt, so könnten unerwünschte Nebensperren entstehen.

Der SpNrS kann nur dann betätigt werden, wenn er sich in seiner Ruhestellung befindet. Beim Einhängen des Handapparats löst der SpNrS aus und geht in Ruhestellung. Bei eingehängtem Handapparat kann der SpNrS nicht aufgezogen werden, da er durch den Auslösehebel gesichert ist.

10.4.6. Soll- und Grenzwerte der Nummernschalter

Der einwandfreie Verbindungsaufbau im Wahlverkehr hängt wesentlich von dem betriebssicheren Arbeiten des Nummernschalters bei den Teilnehmersprechstellen ab. Das Einhalten der vorgeschriebenen Ablaufgeschwindigkeit und die Unterbrechung der Amtsschleife in einem bestimmten Impuls- und Pausenverhältnis sind für den Verbindungsaufbau von größter Wichtigkeit. Die Ablaufgeschwindigkeit des NrS muß so eingestellt sein, daß in einer Sekunde (1000 ms) zehn Stromstöße abgegeben werden. Dieser Sollwert muß mit einer Toleranz von $\pm 10\%$ eingehalten werden. Die kürzeste Ablaufzeit für zehn Stromstöße beträgt also 900 ms, die längste Ablaufzeit 1100 ms.

Hierbei ist die Leerlaufzeit nicht berücksichtigt, weil sie für die Stromstoßgabe unwirksam ist. Die Leerlaufzeit bewirkt eine Verlängerung des Ablaufs der Fingerlochscheibe um 200 ms. Diese wird benötigt, um es den am Verbindungs-

aufbau in der VSt beteiligten Wählern zu ermöglichen, ihre Ausgänge im Freiwahlverfahren abzusuchen und den nächsten Wähler zu belegen. Würde diese zusätzliche Ablaufzeit des NrS nicht vorhanden sein, könnten bei schnell aufeinanderfolgender Wahl (z. B. der Ziffer 1) Falschverbindungen vorkommen.

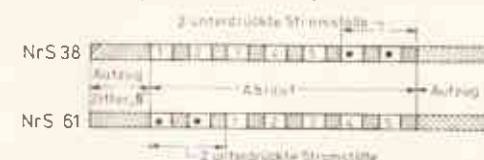


Abb. 10.24 — Wählzeichenreihen der NrS 38 und NrS 61

Ein Stromstoß besteht aus einem Impuls und einer Pause. Bei dem Wahlvorgang ist „Impuls“ gleich „Schleifenunterbrechung“ und „Pause“ gleich „Schleifenschließung“. Eine Unterbrechung der Amtsschleife mit zugehöriger Schließung, d. h. Impuls und Pause, bezeichnet man auch als Stromstoßlänge.

Das Verhältnis der Unterbrechungszeit zur Schließungszeit bzw. Impulszeit zur Pausenzeit wird „Stromstoßverhältnis“ genannt. Es ist für die einwandfreie Durchführung der Steuerungsaufgaben beim Wahlvorgang am günstigsten, wenn die Impulszeit das 1,6fache der Pausenzeit beträgt. Das bedeutet bei einer mittleren Ablaufgeschwindigkeit von 100 ms für einen Stromstoß eine Unterbrechungszeit von 62 ms (Länge des Impulses) und eine Schließungszeit von 38 ms (Länge der Pause). Unter Berücksichtigung der zulässigen Toleranzen sind für das Stromstoßverhältnis folgende Werte festgelegt:

- | | |
|----------------------------|-----------|
| a) Sollwert | 1,6 : 1,0 |
| b) Zulässige untere Grenze | 1,3 : 1,0 |
| c) Zulässige obere Grenze | 1,9 : 1,0 |

Die Unterbrechungs- und Schließungszeiten mit den zugelassenen Grenzwerten ergeben sich aus folgender Aufstellung:

Soll- und Grenzwerte des Nummernschalters	Stromstoßverhältnis (Öffnung : Schließung)	Zeit für 1 Stromstoß ms	Stromstoß	
			Impuls ms	Pause ms
Mindestwert	1,3 : 1,0 1,9 : 1,0	90	51 59	39 31
Sollwert	1,6 : 1,0	100	62	38
Höchstwert	1,3 : 1,0 1,9 : 1,0	110	62 72	48 38

Die Arbeitsweise des Nummernschalters wird mit dem Nummernschalter-Prüfgerät, dem Stromstoßschreiber oder dem Wahlimpulszeitmesser in der Entstörungsstelle überprüft.

10.5. Tastwahl

10.5.1. Vorteile und Merkmale

Um den Wahlvorgang beim Fernsprechteilnehmer zu beschleunigen, gibt es FeAp, die anstelle des NrS mit einer sehr sinnvoll angeordneten **Tastatur** ausgerüstet sind.

Der Vorteil der FeAp für Tastwahl ist die erheblich **schnellere Abgabe von Wahlinformationen**, der einfachere Bedienungsvorgang und die sich daraus ergebende geringere Zahl von Wahlfehlern. Außerdem entstehen kürzere Belegungszeiten für die zentralen Steuereinrichtungen moderner Vermittlungseinrichtungen, die nur während des Verbindungsaufbaus belegt werden. Die Abb. 10.25 zeigt je einen FeAp mit Tastwahl und NrS-Wahl.

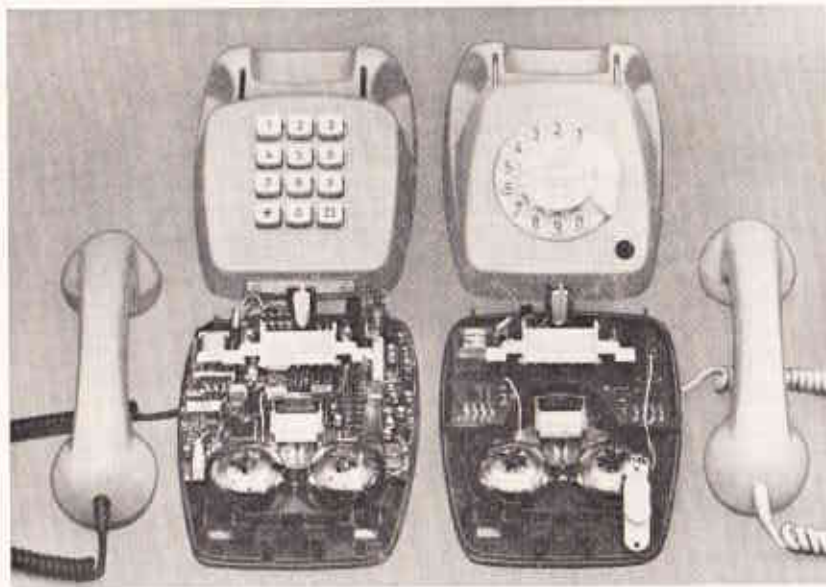


Abb. 10.25 — FeAp 61 für Tastwahl und NrS-Wahl
(Werkbild der Firma SEL)

Weil es bei der Tastwahl sehr schwierig wäre, die verschiedenen Ziffern durch unterschiedliche Impulszahlen auszudrücken, wird durch Einschalten von Widerständen und Dioden oder durch Tonfrequenzsignale kurzzeitig der elektrische Zustand der Anschlußleitung verändert. Die Einrichtungen der VSt empfangen diese unterschiedlichen elektrischen Potentiale bzw. verschiedenen Fre-

quenzen und werten sie zur Steuerung des Verbindungsaufbaus und anderer Vermittlungsvorgänge aus.

10.5.2. Gleichstrom-Tastwahl

Das gebräuchlichste Tastwahlsystem mit Gleichstromsignalen ist das sogenannte **Dioden-Erd-Verfahren** (DE-Verfahren). Bei diesem Verfahren, das sich besonders für den Einsatz bei NStAnl eignet, wird im FeAp (vgl. Abb. 10.26) bei Tastenbetätigung ein Pluspotential über Dioden an eine der beiden Adern der Asl oder an beide Adern der Asl gleichzeitig angelegt. Die dadurch an die Asl angelegten unterschiedlichen elektrischen Merkmale werden von einer Auswerteschaltung in der VSt empfangen und ausgewertet. Diese mit vier Relais bestückte Schaltung legt nacheinander Plus- oder Minuspotential an die a- oder b-Ader der Asl. Durch die jeweiligen Schaltzustände der Dioden im FeAp sprechen die vier Auswerterelais in unterschiedlicher Reihenfolge an. Aus den Kombinationen der vier Dioden im FeAp mit den vier Auswerterelais in der Vermittlungsstelle lassen sich $2^4 = 16$ verschiedene Zeichen bilden, von denen 12 ausgenutzt werden.

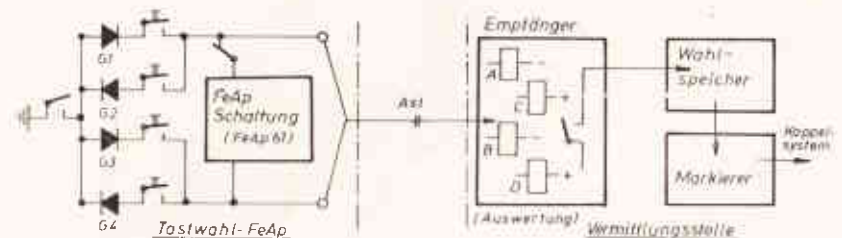


Abb. 10.26 — Prinzip des Gleichstrom-Tastwahlverfahrens

10.5.3. Tonfrequenz-Tastwahl

Tonfrequenzwahl wird dort eingesetzt, wo das beim DE-Verfahren benötigte Pluspotential nicht vorhanden ist — das sind in erster Linie die Hauptanschlüsse — oder wenn wegen Beeinflussungsspannungen auf der Asl das DE-Verfahren nicht benutzt werden kann.

Die FeAp für die mit Tonfrequenz gesteuerte Tastwahl sind mit einem **Tongenerator** ausgerüstet, der aus zwei Schwingkreisen besteht. Von acht möglichen Frequenzen werden durch Tastendruck jeweils zwei Frequenzen zugleich auf die Anschlußleitung gegeben (**Mehrfrequenz-Code-Verfahren — MFC-Verfahren**). In der VSt werden dann die verschiedenen Frequenzen aufgenommen und in einer Empfangs-

schaltung ausgewertet. Da die bei der Tonfrequenzwahl gebrauchten Frequenzen im Bereich des Sprachfrequenzbandes liegen, muß man verhindern, daß Sprache, Geräusche oder Musik als Wählzeichen aufgenommen und ausgewertet werden. Brauchbare Schutzmaßnahmen sind Begleitzeichen während der Tastwahl oder sprachgeschützte Empfänger. Bei der Tonfrequenzwahl lassen sich ebenfalls 16 verschiedene Zeichen darstellen.

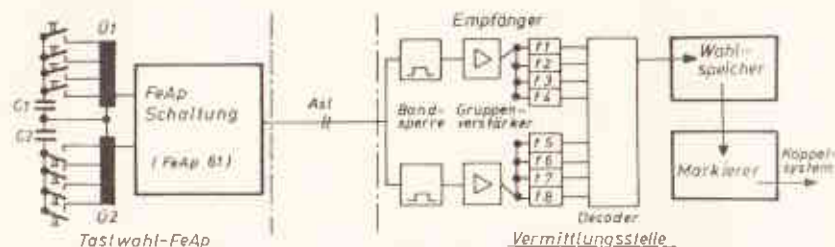


Abb. 10.27 — Prinzip des Tonfrequenz-Tastwahlverfahrens

10.6. Gebührenzähler

Jedem Teilnehmeranschluß ist in der Fernsprechvermittlungsstelle ein **Gebührenzähler** zugeordnet, um die **Gebühreneinheiten** (GE) zu erfassen, die bei der Berechnung der Gesprächsgebühren zu berücksichtigen sind. Auch in Telex-Vermittlungsstellen ist für jeden Telex-Anschluß ein Gebührenzähler eingebaut.

Ein **Rollenzählwerk** zählt alle aufkommenden Gebühreneinheiten ohne Unterscheidung nach Orts- und Ferngesprächen. Die einzelnen Ziffernrollen des Zählers sind dabei so miteinander gekoppelt, daß von rechts nach links Einer, Zehner, Hunderter usw. erfaßt werden. In den Vermittlungsstellen sind diese Gebührenzähler zu Zählerblöcken mit jeweils 100 Stück zusammengefaßt. Monatlich einmal werden die Zählerstände jeder Hundertergruppe fotografisch erfaßt und dem Fernmelderechnungsdienst zur Erstellung der **Fernmelderechnung** zugeführt. Da die Gebührenzähler die Grundlage für die Erfassung der Gesprächsgebühren sind, ist beim Umgang mit Gebührenzählern und Arbeiten an ihrer Schaltung besondere Sorgfalt notwendig.

Die heute verwendeten Gebührenzähler sind **Stoßklinkenzähler**. Sie bestehen aus folgenden Teilen:

1. Magnetspule,
2. Anker mit Stoßklinke und Ankerrückzugfeder,
3. Zahlentrommel mit 5 oder 6 Ziffernrollen, einem Zahnrad und einer Feder zum Feststellen der Zahlentrommel.

Die Einzelteile des Gebührenzählers sind auf einer Grundplatte zusammengebaut und durch eine Schutzkappe aus Aluminium oder Kunststoff abgedeckt. Die Frontfläche der Schutzkappe hat einen Fensterausschnitt, der die einwand-

freie fotografische Zählerablesung ermöglicht. An der Rückseite des Zählers befinden sich die Lötflächen für den Anschluß des Zählers und die Befestigungsschraube. Die Lötflächen zählen (von hinten gesehen) von links nach rechts. Für besondere Schaltaufgaben sind einige Zählertypen mit Kontakten ausgestattet.

Gegen unerlaubte Eingriffe sind die aufgesetzten Schutzkappen über dem Zählerwerk durch eine Plombe gesichert, so daß die Schutzkappen nicht unbemerkt abgenommen werden können.

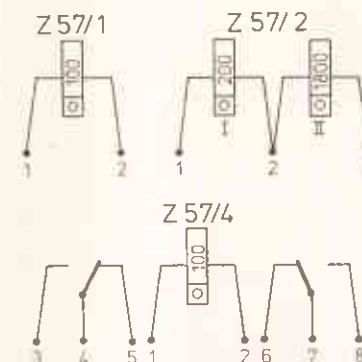


Abb. 10.28 — Anschlüsse der Gebührenzähler (Z 57)

Der **Zählstromstoß** (Zählimpuls) der Gebührenzählung bewirkt, daß die Magnetspule den Anker anzieht. Dabei wird die mit dem Anker verbundene Stoßklinke aus ihrer Ruhelage im Zahnrad der Zahlentrommel entfernt. Nach Beendigung des Zählimpulses wird der Anker durch die Rückzugfeder wieder in die Ausgangsstellung zurückgebracht. Dabei greift die Stoßklinke in das Zahnrad und stellt die Ziffernrollen um **eine Ziffer** (Gebühreneinheit) weiter. Die Ansprech-sicherheit des Gebührenzählers muß dabei auf die elektrischen Gegebenheiten des Zählstromkreises abgestimmt sein.

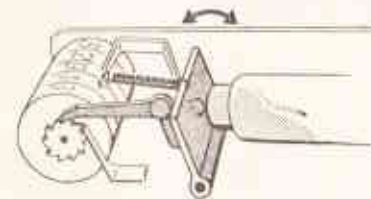


Abb. 10.29 — Stoßklinkenzähler (Prinzipdarstellung des Zählwerks)

Die Stromwertbedingung für Gebührenzähler Z 57 sind in nachfolgender Tabelle 10.2 zusammengestellt.

Tabelle 10.2: Strombedingungen für Gebührenzähler Z 57

Art des Gebührenzählers	Anzugsstrom	Abfall bei Reststrom ¹	Fehlstrom
Z 57/1	46 mA	16 mA ²	38 mA
Z 57/2 über 200 Ω	33 mA	Bedingung entfällt	< 33 mA
Z 57/2 über 200 + 1800 Ω	12 mA	Bedingung entfällt	< 12 mA
Z 57/3	46 mA	16 mA ²	38 mA
Z 57/4	46 mA	16 mA ²	38 mA

¹ Für diese Prüfung ist der Zählerwicklung ein Widerstand von $9,5 \pm 0,5 \Omega$ parallelzuschalten.

² Nachdem die Wicklung 250 ms lang mit 115 bis 125 mA belastet war.

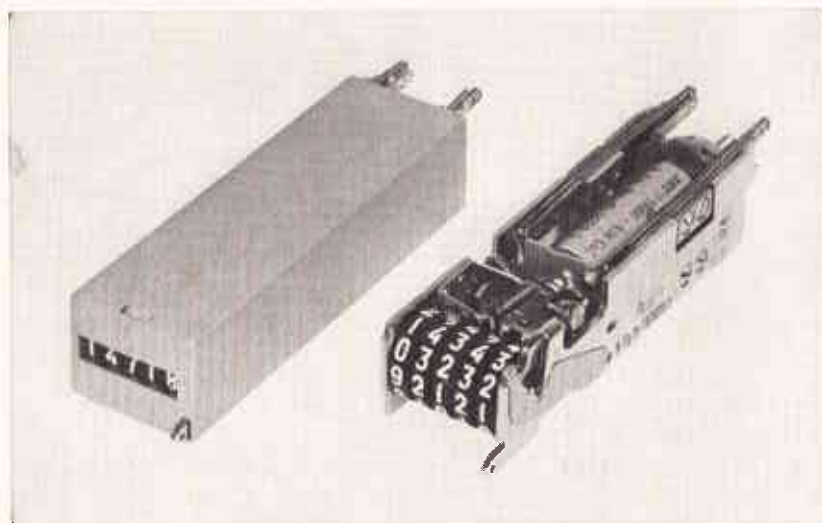


Abb. 10.30 — Gebührenzähler Z 57/1

(Werkbild der Firma Siemens AG)

Bei der DBP sind folgende Gebührenzähler im Einsatz:

1. Gebührenzähler Z 57 (5 Ziffernrollen)

- a) Z 57/1 mit einer 100- Ω -Wicklung für alle Hebdrehwählersysteme;
- b) Z 57/2 mit einer 200- Ω -Wicklung und einer 1800- Ω -Wicklung zur Unterscheidung von Teilnehmeranschlüssen mit und ohne Gebührenanzeiger bei EMD-Ortswählsystemen 55 und 55v;
- c) Z 57/3 mit einer 100- Ω -Wicklung und zwei Arbeitskontakten für die Steuerung des Gebührenanzeigers bei älteren Ortswählsystemen;
- d) Z 57/4 mit einer 100- Ω -Wicklung und zwei Umschaltkontakten für Münzfernsprecher.

2. Gebührenzähler Z 68 (6 Ziffernrollen)

- a) Z 68/1 mit einer 100- Ω -Wicklung für alle Hebdrehwähler-Systeme;
- b) Z 68/2 mit einer 200- Ω -Wicklung und einer 1800- Ω -Wicklung zur Unterscheidung von Teilnehmeranschlüssen mit und ohne 16-kHz-Gebührenanzeiger (Ortswählsysteme 55 und 55v);
- c) Z 68/3 mit einer 100- Ω -Wicklung, 1 Arbeitskontakt und 1 Ruhekontakt für die Steuerung des 16-kHz-Gebührenanzeigers bei HDW-Systemen.

3. Gebührenzähler Z 71 (6 Ziffernrollen)

Der Z 71 hat ein größeres Fenster in der Schutzkappe als der Z 68 und wird für den Einsatz von Filmlesebetrieb mittels EDV-Anlagen eingesetzt.

Als **Zusatzeinrichtung** zu den Teilnehmereinrichtungen kann ein **16-kHz-Gebührenanzeiger** angeschaltet werden, mit dem der Teilnehmer sein Gebührenaufkommen selbst überwachen kann. Dieser Gebührenanzeiger arbeitet im Gleichlauf mit dem Gebührenzähler in der Vermittlungsstelle. Die Zählimpulse für den Gebührenanzeiger werden mit einer Frequenz von 16 kHz übertragen. Diese Frequenz liegt **außerhalb des Hörbereichs**, so daß während der Selbstwählferndienstverbindungen die Sprechverständigung durch die 16-kHz-Zählimpulse nicht beeinträchtigt wird. Die Wechselstromimpulse werden in der Vermittlungsstelle über 16-kHz-Amts-Weichen oder die Kontakte des Gebührenzählers eingespeist. Außer dieser Zusatzeinrichtung gibt es noch Fernsprechapparate mit eingebautem Gebührenanzeiger.

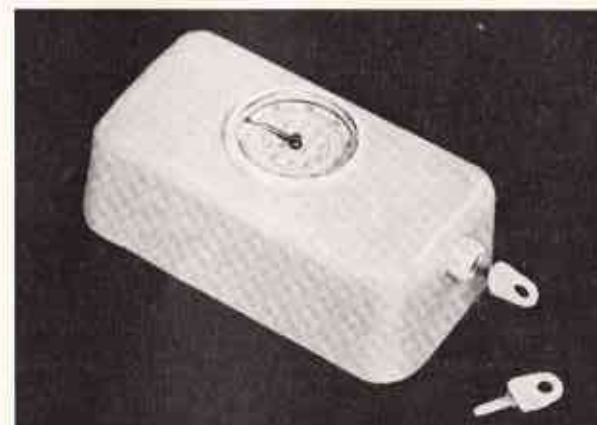


Abb. 10.31 — 16-kHz-Gebührenanzeiger beim Teilnehmer

(Werkbild der Firma Siemens AG)

Für die Fernmelderechnung ist jedoch stets der Zählerstand des **Gebührenzählers in der Vermittlungsstelle** maßgebend; er dient auch zur Klärung bei Gebührenbeanstandungen. Aus betrieblichen und technischen Gründen können die Anzeigewerte der 16-kHz-Gebührenanzeiger für gebührenrechtliche Ansprüche nicht herangezogen werden.

11. Schaltzeichen und Schaltpläne

11.1. Schaltzeichen der Elektrotechnik

Schaltzeichen sind **vereinfachte zeichnerische Darstellungen** von elektrischen Betriebsmitteln. Sie weisen durch ihre Darstellung auf die Art der Betriebsmittel hin. Alle Betriebsmittel mit der gleichen Grundfunktion werden durch das gleiche Schaltzeichen dargestellt, auch wenn sie sich in der Konstruktion voneinander unterscheiden. Die **Einheitlichkeit** aller Schaltzeichen wird durch ihre **Normung** sichergestellt.

Die vielfach mehrdeutigen Begriffe wie Bauelemente, Bauteile, Apparate, Maschinen usw. werden in der Schaltzeichennorm durch den Oberbegriff **Betriebsmittel** gekennzeichnet.

Unter **Normung** versteht man eine planmäßige Vereinheitlichungsarbeit auf gemeinnütziger Basis. Sie wird in Deutschland in den Gremien des **Deutschen Normenausschusses (DNA)** unter Beteiligung aller interessierten Kreise geleistet. Das Ergebnis der Normenausschußarbeit sind die herausgegebenen **Normblätter** bzw. die **Norm-Entwürfe** mit dem Zeichen **DIN**.

Unter **Norm** versteht man die vom DNA ordnungsgemäß verabschiedete und herausgegebene Fassung der Normung. Die **Vornorm** ist eine vorläufige Fassung einer Norm, mit der noch Erfahrungen über ihre Brauchbarkeit gesammelt werden sollen. Sie werden erst nach nochmaliger Überarbeitung zur Norm. Der **Norm-Entwurf** ist das zur öffentlichen Kritik gestellte vorläufige Ergebnis einer Ausschlußarbeit.

Die Normung der Schaltzeichen wurde von Mitarbeitern des **Fachnormenausschusses Elektrotechnik (FNE 108)** aus Energieversorgung, Industrie und Verwaltung nach dem 2. Weltkrieg zu einer **gemeinsamen Normung für Fernmelde- und Starkstromtechnik** ausgebaut und überarbeitet. Durch **Zusammenarbeit** des DNA mit der **Internationalen Elektrotechnischen Commission (IEC)** wurde erreicht, daß die deutschen Schaltzeichen mit den IEC-Schaltzeichen weitgehend übereinstimmen.

Die Normenblätter für die **Schaltzeichen und Schaltpläne für die Elektrotechnik** sind als DIN 40700 bis 40722 herausgekommen und bilden die Grundlage für die Darstellung der elektrischen Betriebsmittel auf Plänen verschiedener Art für alle elektrischen Anlagen. Abb. 11.1 zeigt eine Zusammenstellung der gebräuchlichsten Schaltzeichen aus der Fernmeldetechnik.

11.2. Aufgaben und Arten der Schaltpläne

Für die Entwicklung, den Zusammenbau, zur Verdrahtung in der Fertigung und beim Aufbau sowie zum Betreiben von elektrischen Anlagen werden Pläne benötigt, die das Zusammenwirken, die Zu-

Benennung	Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen
Leitungen		Beispiel für stufige Einstellbarkeit eines ohmschen Widerstands		Fernsprecheinrichtungen	
allgemein		Relais		Fernsprecher allgemein	
mit Kennzeichnung der Leiterzahl (3)		allgemein mit Angabe des ohmschen Widerstands		Fernsprecher mit Nummernschalter	
mit Kennzeichnung der Anzahl der Kreise		mit einer wirksamen Wicklung		Münzfernsprecher	
Kreuzung von Leitungen ohne Verbindung, z. B. mit je 3 Leitern		mit zwei gleichsinnig wirkenden Wicklungen		Mikrofon	
Leistungsverbindung allgemein		mit zwei gegensinnig wirkenden Wicklungen		Fernhörer	
Erdungszeichen		elektrothermisch		Wähler	
Widerstände		gepolt für drei Schaltstellungen mit Grundstellung in der Mitte u selbsttätig Rückgang		Drehwähler	
Ohmscher Widerstand allgemein		mit magnetischer Abfallverzögerung		Hebendrehwähler	
Ohmscher Widerstand mit Anzapfungen		mit magnetischer Anzugsverzögerung		Motorwähler mit Einzelantrieb allgemein	
Kondensatoren		Sicherungen		Wähler, dessen Spracharme erst nach der Einstellung durchschalten (bei Motorwähler)	
allgemein		allgemein		Schaltbahn mit Darstellung der Einzeladren	
mit Darstellung des Außenbelaufs		Großsicherung		Schaltbahn (Kontaktbank) mit Richtungsangabe	
Elektrolytkondensator, gepolt		Feinsicherung		Lampe	
Elektrolytkondensator, ungepolt		Schalter		Schutzzeichen	
Drosselspulen		Stellschalter, ohne selbsttätigen Rückgang		Wecker	
allgemein		Tastoffner		Gleichstromwecker	
mit Eisenkern		mehrpoliger konzentrischer Stecker, Klinkenstecker		Wechselstromwecker	
Luftdrossel		Klinkenhülse		Spannung, Strom	
mit Eisenkern und Luftspalt		Klinkenfeder		Gleichstrom	
Dauermagnet		Kennzeichen für Regelbarkeit		Wechselstrom	
Transformator, Übertrager		dreipolige Klinken mit Schaltglied, z. B. mit einem Öffner		Gleich- oder Wechselstrom (Allstrom)	
Kennzeichen für Regelbarkeit		Buchse mit Stecker		Tonfrequenz-Wechselstrom	
veränderbar, stufig		periodischer Unterbrecher, z. B. Relaisunterbrecher		Hochfrequenz-Wechselstrom	
veränderbar, stetig		Trockengleichrichter		Gleichstromstromquelle, z. B. Akkumulator	
einstellbar, stufig		Durchlaß für positiven Strom in Pfeilrichtung		Gebührenzähler	
einstellbar, stetig					

Abb. 11.1 — Schaltzeichen der Fernmeldetechnik

Tabelle 11.1: Technische Unterlagen für Fernmeldeanlagen

1. Art des Plans oder der technischen Unterlagen (nach FTZ-Norm A 93 AN 1)

An	= Ansicht und bildliche Darstellung, Abbildung
Ap	= Aufstellungsplan
Bz	= Bezeichnungs- und Beschriftungsvorschrift
Bp	= Belegungsplan
Di	= Diagramm-Schaubild oder Relaisdiagramm
Et	= Einzelteil-Zeichnung
Gr	= Grundrißzeichnung
Gp	= Gruppenverbindungsplan
Kp	= Kabelführungsplan
Lp	= Leitungsplan (Lageplan für Fernmeldekabel)
Ls	= Liste der gültigen neuesten Zeichnungen für ein Gerät
Lz	= Liste der gültigen Zeichnungen für die technischen Einrichtungen einer Vermittlungsstelle
ML	= Mischungsliste
Mp	= Mischungsplan
Ms	= Bauschaltplan (Montageschema)
MT	= Mischungstabelle
Np	= Netzplan
Sz	= Stromlaufzeichnung, Stromlaufplan
St	= Stückliste
Ta	= Tabelle für Relaisübersicht, Übersichtstafel und Aufstellung
Up	= Übersichtsplan
Vt	= Verbundteil-Zeichnung
Wz	= Werkzeichnung

2. Normblätter, sonstige Vorschriften und Übersichten

NA	= Normblatt (allgem.)
EV	= Einstellvorschrift
SV	= Schmiervorschrift
ES	= Einstell- und Schmiervorschrift
EÜ	= Ersatzteil-Übersicht
GÜ	= Güteprüfbedingungen
MA	= Einbau — Aufbau — Zusammenbauanweisung (Montage)
PV	= Prüfvorschrift
TV	= Technische Vorschrift (für die Beschaffenheit von Apparaten, Werkzeugen, Werkstoffen usw. sowie die Durchführung technischer Verfahren)
TL	= Technische Lieferbedingungen (selten verwendet, zumeist Bestandteil der TV)
WV	= Wartungsvorschrift

3. Anweisungen, Beschreibungen und sonstige Dienstbeihilfe

A	= Änderungsanweisung
B	= Beschreibung (Einrichtung, Gerät, Apparat usw.)
D	= Sonstige Dienstbeihilfe
J	= Instandsetzungsanweisung
M	= Merkblatt
U	= Umstellvorschrift
E	= Entwurf

sammenschaltung und die Art der verwendeten Netzteile, Bauelemente, Bauteile und Schaltglieder erkennen lassen (vgl. hierzu Tabelle 11.1).

Die **Schaltunterlagen** für die Fernmeldetechnik sind in folgende Gruppen zu unterteilen:

1. Schaltpläne, die hauptsächlich die **Wirkungsweise** und den **Stromverlauf** für ein Gerät, eine Anlage oder ein Netz darstellen:

- Übersichtsplan (Up)**,
- Stromlaufplan (Sz)** mit **Relaisübersicht**,
- Relaisdiagramm (Di)**,
- Relaistabelle (Ta)** und
- Wirk Schaltplan**.

2. Schaltpläne, die überwiegend **Leitungsverbindungen** eines Netzes, Geräts oder einer Anlage zeigen:

- Netzplan (Np)**,
- Leitungsplan (Lp)**,
- Bauschaltplan, Montageplan (Ms)** und
- Installationsplan**.

3. Pläne, die speziell für die **Fernmeldevermittlungstechnik** die **Leitungsführung** und den **Aufbau** innerhalb einer Vermittlungsstelle oder Anlage und die Vielzahl ihrer Geräte angeben:

- Gruppenverbindungsplan (Gp)**,
- Mischungsplan (Mp)**,
- Mischungstabelle (MT)**,
- Mischungsliste (ML)**,
- Aufstellungsplan (Ap)** und
- Belegungsplan (Bp)**.

11.3. Übersichtsplan

Ein Übersichtsplan (Up) vermittelt einen **Überblick** über eine gesamte Anlage oder Vermittlungsstelle. Er gibt in einpoliger Darstellung ohne Hilfsleitungen nur die wesentlichen Teile von Fernmeldeeinrichtungen und -anlagen an (Schaltgliedergruppen, ihre Verbindungen und die ankommenden und abgehenden Leitungsverbindungen).

Die im Up verwendeten Schaltzeichen gelten für eine ganze Schaltgliedergruppe bzw. Geräte oder für eine Apparateart. Dabei wird die Anzahl der zur Schaltung gehörenden Schaltglieder im allgemeinen nicht angegeben, weil sie aus anderen Plänen (z. B. Gruppenverbindungsplan) besser zu entnehmen sind und die Übersichtlichkeit des Up vermindern würde. Betriebs-Up geben für die einzelnen Schaltgliedergruppen die Nummer des dazugehörenden Stromlauf-

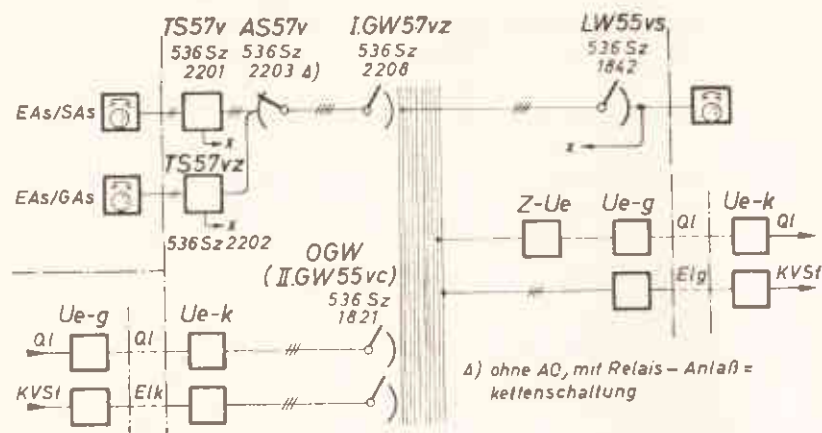


Abb. 11.2 — Übersichtsplan

plans an. Um Überkreuzungen in der Darstellung des Up zu vermeiden, werden für den ankommenden und abgehenden Verkehr verschiedene Anschlüsse gezeichnet. Der Up wird so gezeichnet, daß der Verbindungsaufbau von links nach rechts verläuft. Reicht dabei die Blattbreite nicht aus, kann der Verbindungsaufbau von rechts nach links fortgesetzt werden. Dabei ist auf die richtige Lage der Schaltzeichen zu achten. Schrägstriche in der einpoligen Leitungsdarstellung geben jeweils die Adernzahl des betreffenden Leitungszuges an.

11.4. Stromlaufplan

Der Stromlaufplan (Sz) ist eine **nach Stromwegen aufgelöste Darstellung der Schaltung** mit allen wichtigen Einzelheiten und den Verbindungen zwischen den Schaltungsteilen. Für die Darstellung und Zusammenschaltung der Bauelemente und Bauteile werden Schaltzeichen nach DIN 40700 verwendet.

Alle Stromwege (Leitungen) sollen auf dem Stromlaufplan möglichst gradlinig und ohne Kreuzungen gezeichnet werden. Muß die Leitungsführung aus Gründen der Übersichtlichkeit unterbrochen werden, so wird durch in Kreise gesetzte Zahlen und Pfeile auf die Weiterführung der Leitung hingewiesen. Der Hinweis auf die unterbrochene Linienführung kann auch durch Angabe des Planquadrats gekennzeichnet sein, in der die Weiterführung erfolgt. Weitere Ziffern oder Zeichen weisen ggf. auf erläuternde Randbemerkungen hin. Die Bauelemente und Bauteile oder Teile davon werden **unabhängig von ihrer tatsächlichen räumlichen Anordnung** so eingezeichnet, daß die schaltungstechnischen Zusammenhänge zu erkennen sind. Dabei sind Wicklungen und Kontakte der Relais so zu bezeichnen, daß ihre jeweilige Zusammengehörigkeit erkennbar ist.

Alle Kontakte, Schalter, Tasten und Wähler werden grundsätzlich in der **Ruhelage** (unbetätigter Zustand) gezeichnet. Muß von dieser Regel aus bestimmten Gründen abgewichen werden, dann ist hierauf besonders hinzu-

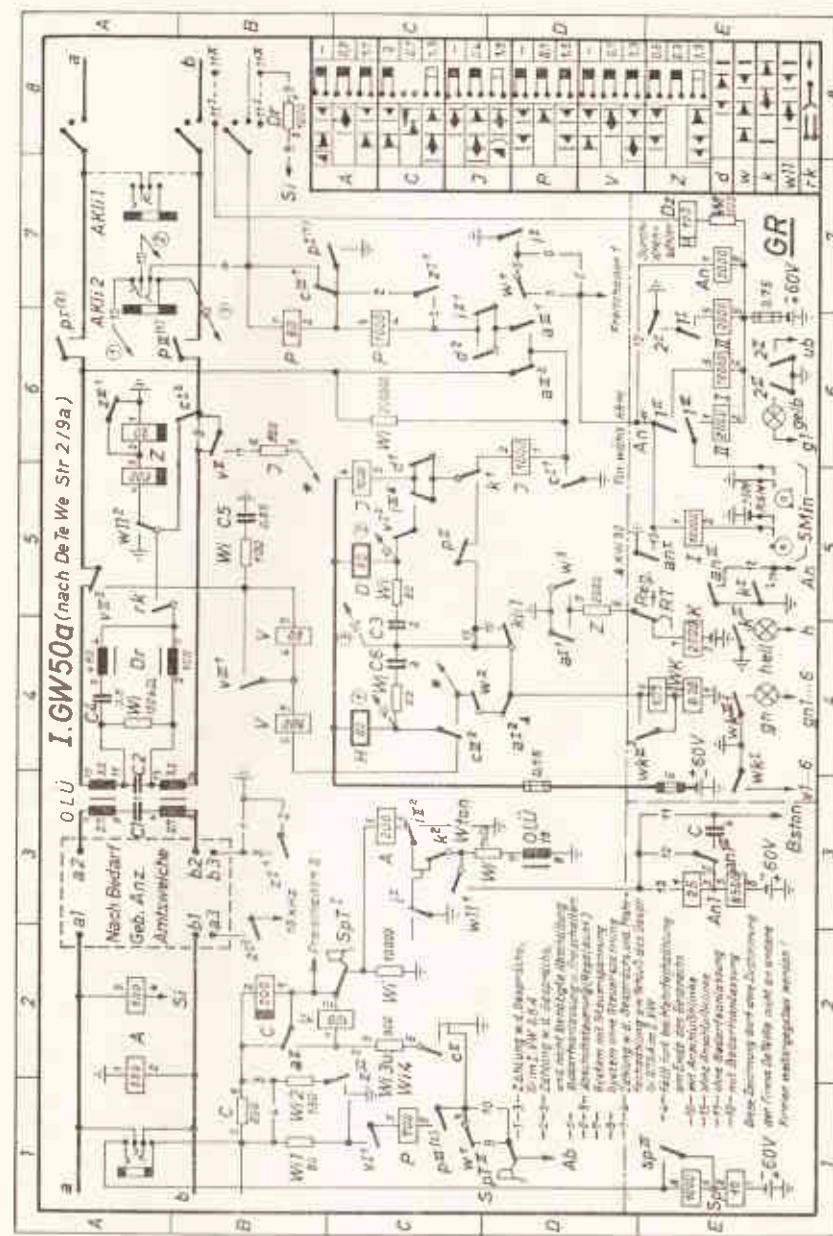


Abb. 11.3 — Stromlaufplan (Sz)

weisen. Für Kontakte, Schalter und Tasten werden meistens noch die alten Schaltzeichen verwendet (Abb. 11.3). Durch Planquadranteinteilung wird das Auffinden einzelner Schaltungsteile auf dem Stromlaufplan erleichtert.

Zur sinnvollen Arbeit mit dem Stromlaufplan gehört neben einer **Relaisübersicht** bzw. einer Relais-tabelle (Ta) auch eine **Stromlaufbeschreibung** oder ein **Relaisdiagramm** (Di). In der Stromlaufbeschreibung sind in der Reihenfolge des Schaltungsablaufs alle Einzelstromkreise beschrieben. Das Relaisdiagramm zeigt in grafischer Darstellung die zeitlichen Abhängigkeiten und das Zusammenwirken der einzelnen Relais, Kraftmagnete, Motorspulen und sonstiger Schaltungsteile.

11.5. Relaisübersicht

Relaisübersichten bilden eine **Ergänzung zum Stromlaufplan**. Sie enthalten Art und Anzahl der Wicklungen und Kontakte der zum Stromlauf gehörenden Relais. Hinzu kommt ggf. noch die Bauvorschrift des Relais. Das Auffinden der einzelnen Wicklungen und Kontakte eines Relais kann durch Beifügen einer Lagekennzeichnung (Planquadrat) erleichtert werden.



Abb. 11.4 — Beispiele für Relaisübersichten

Enthält die Schaltung außer Relaiskontakten auch andere Kontaktfedersätze (z. B. bei Wählern die elektromechanisch gesteuerten Wählerhilfskontakte), so sind diese ebenfalls in die Relaisübersicht aufgenommen. Solche Kontakte sind bei HDW z. B. die k-, w-, w11- und d-Kontakte; bei EMD-Wählern die Null-, Hauptrast-, Zwischenrast- und Durchdrehnockenkontakte.

Vielfach werden Relaisübersichten unmittelbar mit auf den Stromlaufplan gezeichnet (vgl. Abb. 11.3); weitere Einzelheiten über Relais und sonstige Bauelemente und Bauteile einer Schaltung sind der Relais-tabelle (Ta) zu entnehmen. Neben der Relaisübersicht enthält ein Stromlaufplan auch nähere Angaben über Kontaktfedersätze, die nicht durch Relais betätigt werden (z. B. Tasten und Schalter).

11.6. Relaisdiagramm

Relaisdiagramme (Di) zeigen als **Ergänzung zum Stromlauf** den **schaltungstechnischen Funktionsablauf** der jeweiligen Baueinheit und die zeitlichen Abhängigkeiten der Schaltvorgänge einzelner Bauteile voneinander. Von der Grundstellung der Schaltung ausgehend werden in zeitlich richtiger Reihenfolge sämtliche vorkommenden Betriebszustände in ihrer zeitlichen Folge und gegenseitigen Abhängigkeit bzw. ihre Einwirkung auf andere Geräte dargestellt.

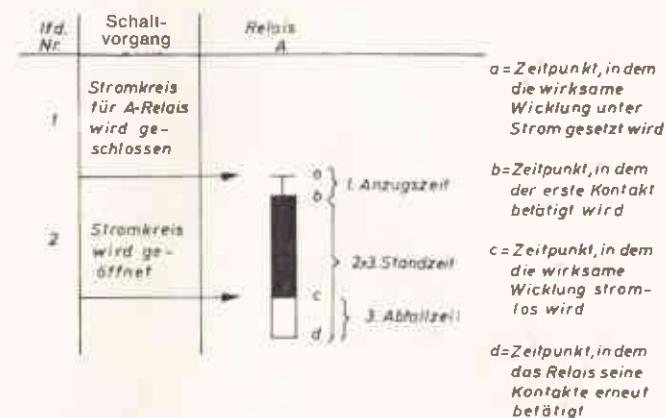


Abb. 11.5 — Auszug aus einem Relaisdiagramm

Für die Zeichnung eines solchen Diagramms wählt man folgende Anordnung: In den Kopf des Diagramms werden nebeneinander die für den Funktionsablauf wichtigen Bauteile (Relais, Wähler, Kraftmagnete, Lampen usw.) eingetragen. Die jeweiligen Arbeitszeiten der Relais (Anzugszeit, Haltezeit, Abfallzeit, Ruhezeit) werden dann von oben nach unten zeitgerecht aufgetragen und durch kurze Querstriche voneinander getrennt. Dabei ergeben sich für die einzelnen Relais bestimmte Zeitpunkte, in denen Schaltvorgänge eingeleitet oder beendet werden. Um dieses zeitliche und ursächliche Zusammenspiel der Relais erkennen zu lassen, werden horizontale Bezugslinien eingetragen. In der Spalte „Schaltvorgänge“ werden dann diese Bezugslinien ggf. durch Hinweise ergänzt.

Nur in Ausnahmefällen ist eine maßstäbliche Darstellung der Schaltvorgänge erforderlich. Im allgemeinen ist es ausreichend, bei verzögerten Relais die Ansprech- und Abfallzeit sichtbar länger darzustellen als bei den unverzögerten Relais. Die Anzugs- und Abfallzeiten der Relais sind so lang darzustellen, daß das Zusammenspiel der Relais eindeutig erkennbar ist. Um das Zusammenfallen verschiedener Schaltvorgänge auf einer Horizontalen zu vermeiden, können deshalb die Abschnitte auch bei gleichartigen Relais verschieden lang gewählt werden (vgl. hierzu Abb. 11.6).

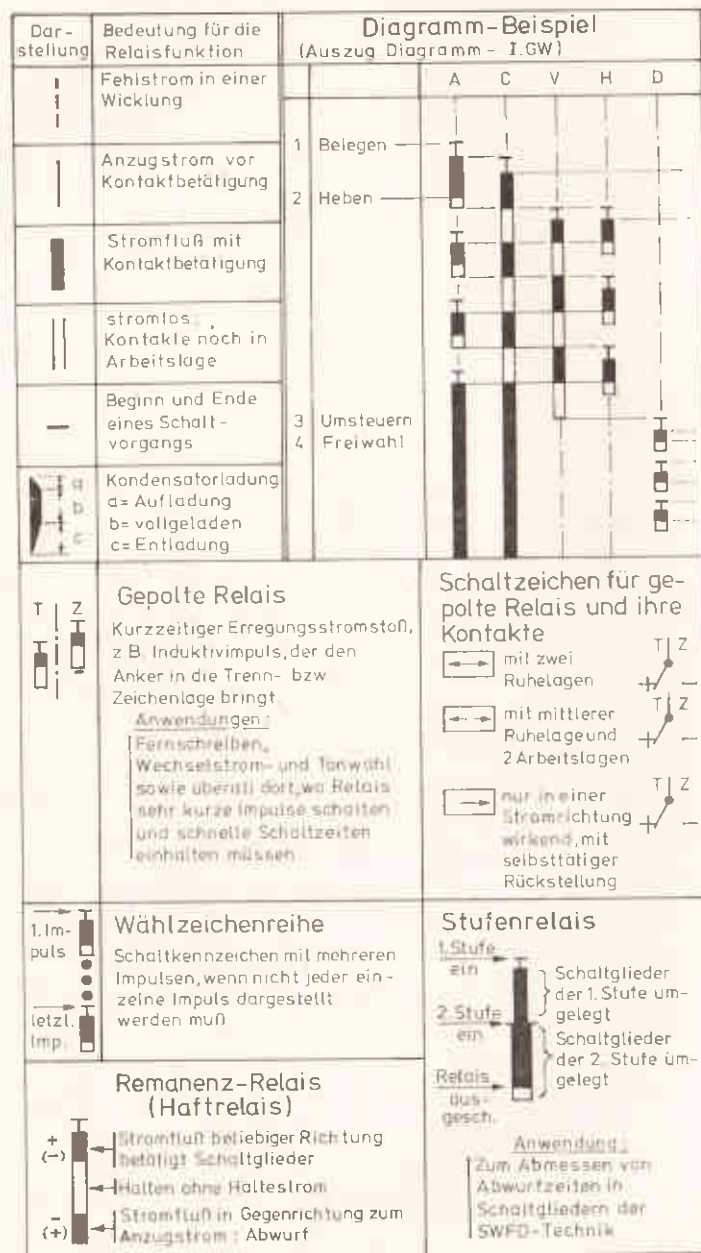


Abb. 11.6 — Darstellungsmöglichkeiten und Beispiel für Relaisdiagramme (nach DIN 40719)

11.7. Relaistabelle

Die Relaistabelle (Ta) enthält Einzelheiten über die in der Schaltung eingesetzten **Relais** und sonstigen Bauteile und Bauelemente. Dadurch werden die Angaben auf dem Stromlaufplan und der Relaisübersicht ergänzt. Folgende Angaben können einer Relaistabelle in der Regel entnommen werden: Bauvorschrift, Wicklungswerte, Trennblechstärke, Ankerhub, Prüfwerte, evtl. Sonderjustierungen, Sonderkontaktwerkstoffe usw.

Bez.	Bezeichnung	Ausrüstung				Einstellung								Bemerkungen
		Wicklungsart	Anschluß	Werte	Prüfwerte	Hub	Prüfwerte in mA	Prüfwerte in V	Prüfwerte in W	Prüfwerte in A	Prüfwerte in V	Prüfwerte in W	Prüfwerte in A	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
I	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	1. Stufe	Sonderjustierung siehe Blatt 2
II	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	2. Stufe	
III	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	3. Stufe	
IV	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	4. Stufe	
W	DIN	Form	K - Nr	W / Bet / Tot	Ohm Watt %									
1			416 743 001	30k	40									
41 411	A 13		411 021 001	100	0.5	5								
41 411	DIN	Form	K - Nr	W / Bet / Tot	Ohm Watt %									
41 411	P 1		421 525 451	0.25	250	10								

Abb. 11.7 — Relaistabelle (Ta)

Die Relaistabelle gibt dem mit der Anlage beschäftigten Fernmeldetechniker die Möglichkeit, sich über die wichtigsten technischen Daten zu informieren. Er kann so beschädigte Bauteile sachgerecht beurteilen und den richtigen Ersatz beschaffen. Außer den Angaben über Relais enthält die Ta auch die Betriebswerte, Bauvorschriften und Bestellangaben anderer Bauteile und Bauelemente (z. B. Übertrager, Widerstände, Kondensatoren, Halbleiterbauelemente) des betreffenden Schaltglieds oder des Apparats.

11.8. Wirkschaltplan

Der Wirkschaltplan ist ein ähnlicher Plan wie der Stromlaufplan. Er zeigt die Schaltung mit allen Einzelheiten und Leitungen. Hier werden — im Gegensatz zum Stromlaufplan — die Teile des Geräts **zusammenhängend gezeichnet**. Dabei braucht jedoch die räumliche Anordnung der verschiedenen Geräte zueinander nicht berücksichtigt zu werden. Klemmen und Lötstellen können in den Wirkschaltplan eingezeichnet werden. Wirkschaltpläne werden in der Regel für Geräte der **Starkstromtechnik** hergestellt.

11.9. Netzplan und Leitungsplan

Auf einem Netzplan (Np) werden die **Leitungen, Verbindungen** oder **Streckenführungen** eines Netzes oder von Teilen eines Netzes dargestellt. In einem Netzplan sind die Punkte des Netzes ohne Rücksicht auf einen bestimmten Maßstab miteinander verbunden. Die Netzplandarstellungen können allerdings auch in eine Landkarte, einen Stadtplan oder entsprechende Planauszüge eingezeichnet werden.

Ein Leitungsplan (Lp) zeigt die Darstellung der **einzelnen Leitungen eines Geräts, zwischen Geräten oder zwischen Gerätegruppen** einer Anlage bzw. einzelner Anlagenteile. Die Geräte, Gerätegruppen und Anschlußstellen (Klemmleisten, Verteiler) können in einem Leitungsplan vereinfacht dargestellt werden.

11.10. Bauschaltplan

Der Bauschaltplan ist — wie der Leitungsplan — eine Darstellung der Leitungen und Anschlußstellen innerhalb eines Geräts oder zwischen Geräten einer Gerätegruppe. Auf dem Bauschaltplan werden — im Gegensatz zum Leitungsplan — alle Einzelteile des Geräts **lagerichtig dargestellt**, d. h. in ihrem konstruktiven Zusammenhang gezeichnet. Bauschaltpläne — auch Montageschema (Ms) genannt — dienen als Unterlage für die Fertigung, den Aufbau und für das Eingrenzen von Störungen, wenn Fehler nur durch Auftrennen der Verdrahtung zu lokalisieren sind. Der Bauschaltplan enthält alle Bauelemente und Bauteile mit **Blick auf die Anschlußpunkte** (Lötflächen usw.), er ist deshalb im allgemeinen eine **Rückansicht** des betreffenden Geräts. Teile, die von vorne gesehen gezeichnet sind (z. B. Lötverteiler), sind besonders zu kennzeichnen.

Anstelle der Schaltzeichen werden für die einzelnen Teile auf dem Ms **vereinfachte konstruktive Darstellungen** gewählt. Die Lage der Teile auf dem Ms entspricht ihrer tatsächlichen Anordnung in der Fernmeldeanlage. Da die einzelnen Fernmeldeanlagen sehr unterschiedlich und zum Teil in sehr gedrängter Bauweise ausgeführt sind, läßt sich hinsichtlich der Ausführung des Bauschaltplans keine Norm festlegen; die Darstellung muß zweckmäßigerweise an der mit allen Bauteilen versehenen Fernmeldeanlage ermittelt werden. Eine maßstäbliche Zeichnung ist nicht notwendig.

Die Leitungsführung der Verdrahtung wird ihrem **tatsächlichen Verlauf** entsprechend eingezeichnet; in der Regel sind die verwendeten **Formkabel** dabei als dicke Linie dargestellt. Die aus dem Formkabel (Leitungsbündel) herauskommenden Einzeldrähte sowie einzeln verlaufende Drähte sind durch dünnere Linien gezeichnet. Als Unterscheidungsmerkmal werden die einzelnen Leitungen an ihren Anschlußpunkten mit **Ziffern und der Drahtfarbe** versehen. Dadurch wird eine sichere Kennzeichnung gewährleistet und das Einlöten der

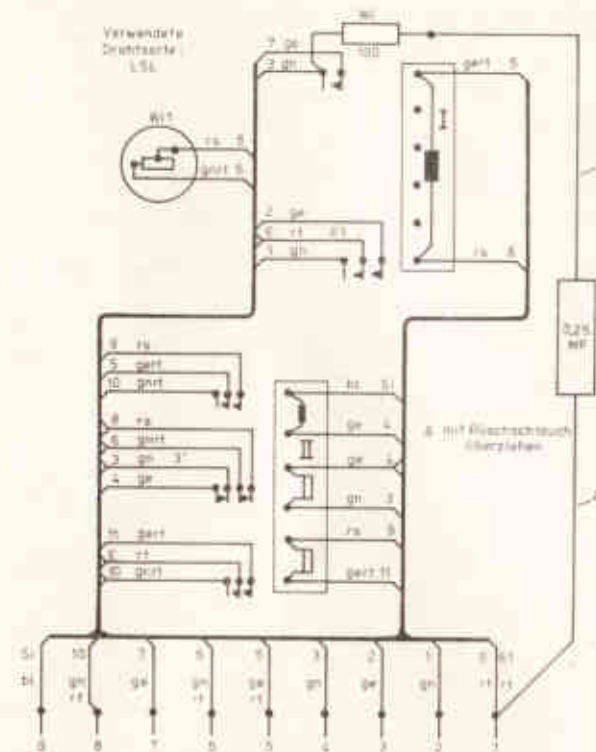


Abb. 11.8 — Bauschaltplan, Montageschema (Ms)

Drähte und Eingrenzen von Störungen erleichtert. Die Leitungsbezeichnungen werden auf die Leitungslinien gesetzt. **Dabei ist die Drahtnummer stets dem Kabelstamm zugekehrt.** Anstelle der Zahlen können auch Buchstaben für Hinweise für die Drahtführung, Drahtart und Isolierung Verwendung finden.

Die Drahtbezeichnung muß für jede Drahtführung mindestens zweimal angegeben sein. Zweckmäßig ist es, sie in der Nähe der Anschlußstellen am **Anfang** und am **Ende** der bezeichneten Drahtverbindung anzuschreiben. Die Drahtbezeichnungen für Bauschaltpläne sind nach den FTZ-Normen NA 905/1 und 711 AN 1 festgelegt (vgl. hierzu Abb. 11.9).

Bauteile, die nicht in der Zeichnungsebene liegen, müssen in die Zeichnungsebene umgeklappt werden. Dabei dürfen die einzelnen Teile auch gegeneinander versetzt gezeichnet werden.

Beispiel:

Der Verteiler einer Übertragung ist auf dem Ms einmal von der Rückseite (auf die Lötflächen gesehen) gezeichnet, dort sind die Anschlüsse der Drahtführung

Zeichensymbol	Ausführung Einfach geführte Drähte
	Waagerechter Abzweig Die Beschriftung für den einen Draht steht stets über dem Draht; die Drahtnummer ist stets dem Kabelstamm zugekehrt. Anstelle der Drahtnummern können auch Buchstaben verwendet werden. Senkrechter Abzweig Bei senkrechter Abzweigung gilt die gleiche Beschriftungsweise; Lesbarkeit der Buchstaben und Ziffern von rechts.
	Doppelt geführte Drähte, entgegengerichteter Abzweig Waagerechter Abzweig Die Beschriftung für beide Drähte steht stets über dem Draht; die Drahtnummer ist immer dem Kabelstamm zugekehrt. Sind für die doppelte Drahtführung zwei Drahtbezeichnungen angegeben, dann gehört die dem Kabelstamm zugekehrte Drahtbezeichnung zu dem Draht, der nach oben führt. Senkrechter Abzweig Bei senkrechter Abzweigung gilt die gleiche Beschriftungsweise; Lesbarkeit von Buchstaben und Zahlen von rechts. Bei der Angabe von zwei Drahtbezeichnungen gehört die dem Kabelstamm zugekehrte Drahtbezeichnung zu dem Draht, der nach links weiterführt.
	Doppelt geführte Drähte, gleichgerichteter Abzweig Waagerechter Abzweig Die Beschriftung für beide Drähte steht stets über dem Draht; die Drahtnummer ist immer dem Kabelstamm zugekehrt. Sind für die doppelte Drahtführung zwei Drahtbezeichnungen angegeben, dann kann hieraus die Drahtweiterführung nicht abgelesen werden; sie muß nötigenfalls durch Messungen ermittelt werden. Senkrechter Abzweig Bei senkrechter Abzweigung gilt die gleiche Beschriftungsweise; Lesbarkeit von Buchstaben und Zahlen von rechts.

Abb. 11.9 — Beispiele für Drahtführungen auf Ms

angegeben. Auf der Vorderseite des gleichen Verteilers ist jedoch ein Zuführungskabel (z. B. vom HVt) angelötet. In diesem Fall wird die Vorderseite des Verteilers zusätzlich in einer anderen Ebene auf dem Ms gezeichnet, und zwar mit dem Hinweis „Verteiler von vorn gesehen“.

11.11. Installationsplan

Der Installationsplan zeigt die Leitungsverlegung einer **Starkstrom- oder einer Fernmeldeanlage innerhalb eines Gebäudes oder eines Raumes**. Dabei wird die Installation **lagerichtig** in eine Bauzeichnung eingetragen. Besondere Schaltzeichen weisen dabei auf alle Einzelheiten der Leitungsführung hin. Leitungen verschiedener Wichtigkeit, Spannung, Polarität oder Betriebsart können dabei durch unterschiedliche Linienstärken unterschieden werden. Die Anzahl der

Leiter wird durch kurze schräge Querstriche und die Anzahl der Stromkreise durch kurze senkrechte Querstriche dargestellt.

Die zum Anlegen von Installationsplänen notwendigen Einzelinformationen enthält die DIN 40 717. Bei der Installation von Fernmeldeanlagen muß auf solche Installationspläne zurückgegriffen werden, um die **Lage verdeckt geführter Leitungen** zu ermitteln.

11.12. Gruppenverbindungsplan

Der Gruppenverbindungsplan (Gp) zeigt für Einrichtungen der **Vermittlungstechnik**, wie die **Schaltgliedergruppen** untereinander und mit den **Leitungsbündeln** zusammengeschaltet sind. Zusätzlich zeigt der Gp die **Art** und die **Anzahl der vorhandenen Schaltglieder**. Darüber hinaus sind aus einem Gruppenverbindungsplan folgende Angaben ersichtlich:

1. Ausbau der Vermittlungsstelle (Betriebs- oder Planungszustand, ggf. Endausbau) mit Angabe der
 - a) Hunderter- und Tausendergruppen und ihre Rufnummern,
 - b) Anschlußart (Einzel-, Sammel-, Zweier-, WstAs),
 - c) Schaltgliederzahl und Gestellrahmen-Nr.,
 - d) Vielfachgruppen verschiedener Schaltgliedergruppen, die im Mp zusammengefaßt sind,
2. die Anzahl der Zubringer- und Abnehmerleitungen für die einzelnen Leitungsbündel,
3. die Gruppierung der Wahlstufen,
4. die zugehörigen Mischungsplannummern und
5. die Meßpunktangaben für die Verkehrsmeßeinrichtungen.

Damit der Gp übersichtlich bleibt, sind die Angaben über Art der Schaltglieder sowie die Hinweise zu dem Mischungsplan (Mp), Gruppenschritt (GS), Gestellrahmen (GR) und Meßpunktnummern am linken Rand des Gp vermerkt (Abb. 11.10). Daneben, auf gleicher Höhe, sind die Schaltglieder angedeutet bzw. die näheren Zahlenangaben zu den GR, Mp, GS und Meßpunkten eingetragen. Im Gp sind die genormten Schaltzeichen nicht gebräuchlich. **Die Schaltglieder werden durch dick ausgezogene Kästchen dargestellt**. Ihre Anzahl ist innerhalb der Kästchen angegeben. Oft befindet sich neben den Zahlenangaben der Schaltglieder (beschaltete Einheiten) zusätzlich in Klammern die Summe der vorhandenen Schaltglieder. Alle anderen ergänzenden Angaben stehen in schwächer ausgezogenen Kästchen oder Kreisen. Die dünn ausgezogenen Verbindungslinien zwischen den Schaltgliedern bzw. Wahlstufen stellen die Leitungsführungen innerhalb der VSt dar. Der Gp wird, dem Verbindungsaufbau folgend, von oben nach unten gelesen. Zur Zeit wird erprobt, ob die Gp in der zeichnerischen Darstellung durch Gp in Tabellenform ersetzt werden können.

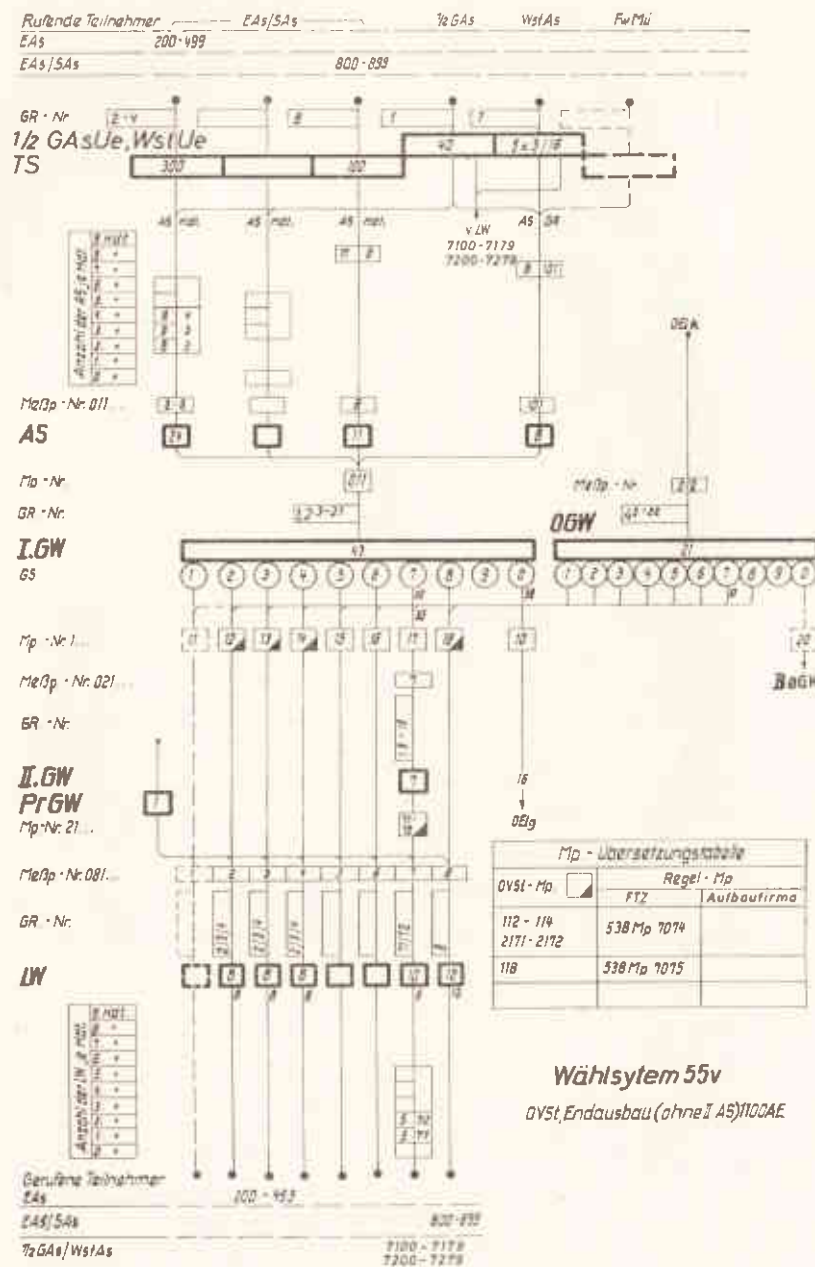


Abb.11.10 — Gruppenverbindungsplan (Gp)

11.13. Aufstellungsplan

Die Aufstellungspläne (Ap) enthalten die **räumliche Anordnung der technischen Einrichtungen** z. B. einer Vermittlungsstelle oder Nebstellenanlage; sie werden entweder im Maßstab 1:100 oder 1:50 gezeichnet.

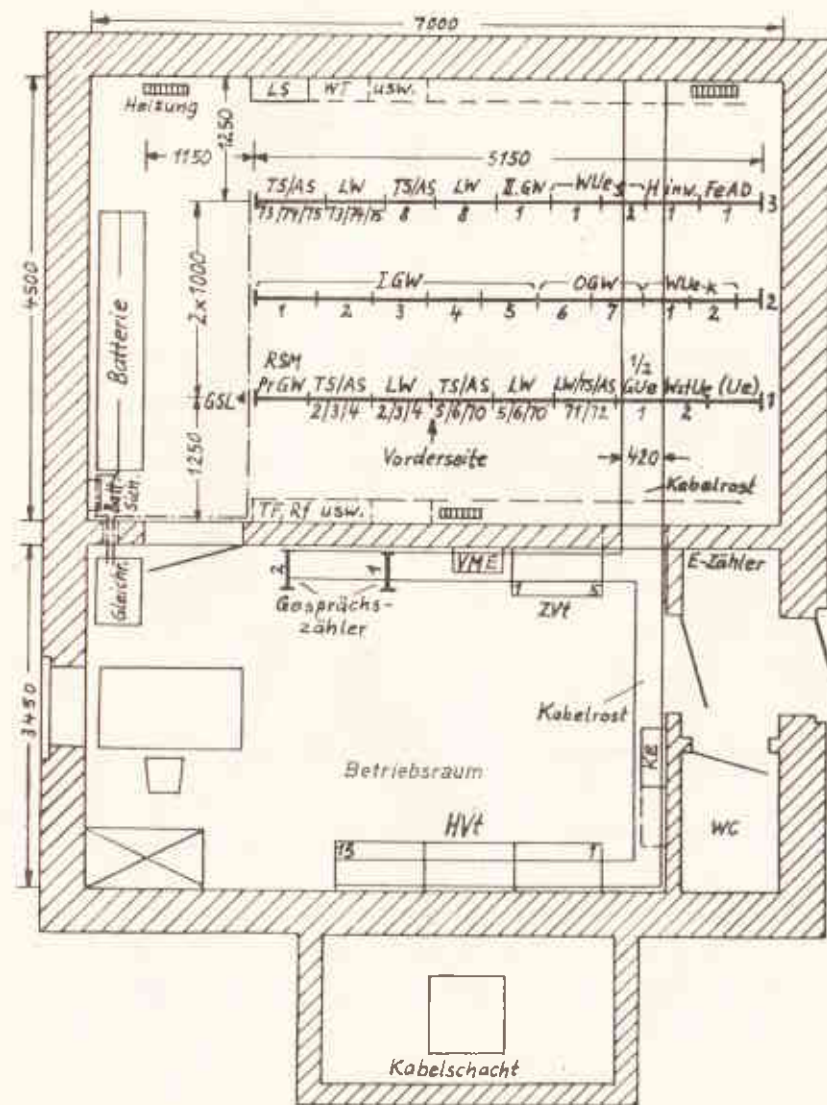


Abb. 11.11 — Aufstellungsplan

In den Grundriß des Vermittlungsraumes eines Fernmeldedienstgebäudes werden die Angaben über Grundfläche, Raumhöhe, Geschöß und Lage eingetragen. Die Gestellreihen werden durch gerade Linien dargestellt, die an den Enden durch Querstriche begrenzt sind. **Folgende Maße werden angegeben:**

1. Gestellreihenlänge (von Endstütze bis Endstütze),
2. Gestellreihenabstand (von Mitte Gestellreihe bis Mitte Gestellreihe) und
3. Gangbreiten sowie die Abstände der Endstützen und Gestellreihen von den Wänden.

Teilweise ist der Verlauf der Kabelroste eingezeichnet. Die Höhen der Gestellrahmen (GR) sind nicht eingetragen, da sie für jedes Wählsystem genau festliegen. Querstriche in den Gestellreihen geben die Lage und — maßstabgerecht, aber ohne Maßangaben — die Breite der GR an. Stark ausgezogene Linien bezeichnen die mit technischen Einrichtungen bestückten GR. Der Ap enthält keine Angaben darüber, ob alle Schaltglieder eines GR eingebaut sind. Diese Angaben sind den Belegungsplänen (vgl. Abb. 11.13) zu entnehmen. Oberhalb der Gestellreihenlinie steht die GR-Bestückung, unterhalb die GR-Nr.

11.14. Belegungsplan

Der Belegungsplan (Bp) stellt eine Weiterführung des Aufstellungsplans dar. Er zeigt einen Gestellrahmen (GR) oder eine Gestellreihe in der Vorderansicht. Auf dem Bp ist der genaue **Einbauplatz aller technischen Einrichtungen** (Wähler, Relaisätze, Übertragungen usw.) innerhalb eines Gestellrahmens oder einer Gestellreihe zu erkennen (vgl. hierzu Abb. 11.13).

Neben den Belegungsplänen für Gestellrahmen und Gestellreihen gibt es auch Belegungspläne für **Zwischen- und Hauptverteiler** (vgl. hierzu Abb. 11.12).

z. 1/2 GR 1/2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	26	27	28	29	30	31	32	33
2	34	35	36	37	38	39	40	41	42
3	43	44	45	46	47	48	49	50	51
4	52	53	54	55	56	57	58	59	60
5	61	62	63	64	65	66	67	68	69
6	70	71	72	73	74	75	76	77	78
7	79	80	81	82	83	84	85	86	87
8	88	89	90	91	92	93	94	95	96
9	97	98	99	100	101	102	103	104	105
10	106	107	108	109	110	111	112	113	114
11	115	116	117	118	119	120	121	122	123
12	124	125	126	127	128	129	130	131	132
13	133	134	135	136	137	138	139	140	141
14	142	143	144	145	146	147	148	149	150
15	151	152	153	154	155	156	157	158	159
16	160	161	162	163	164	165	166	167	168
17	169	170	171	172	173	174	175	176	177
18	178	179	180	181	182	183	184	185	186
19	187	188	189	190	191	192	193	194	195
20	196	197	198	199	200	201	202	203	204
21	205	206	207	208	209	210	211	212	213
22	214	215	216	217	218	219	220	221	222
23	223	224	225	226	227	228	229	230	231
24	232	233	234	235	236	237	238	239	240
25	241	242	243	244	245	246	247	248	249
26	250	251	252	253	254	255	256	257	258
27	259	260	261	262	263	264	265	266	267
28	268	269	270	271	272	273	274	275	276
29	277	278	279	280	281	282	283	284	285
30	286	287	288	289	290	291	292	293	294
31	295	296	297	298	299	300	301	302	303
32	304	305	306	307	308	309	310	311	312
33	313	314	315	316	317	318	319	320	321
34	322	323	324	325	326	327	328	329	330
35	331	332	333	334	335	336	337	338	339
36	340	341	342	343	344	345	346	347	348
37	349	350	351	352	353	354	355	356	357
38	358	359	360	361	362	363	364	365	366
39	367	368	369	370	371	372	373	374	375
40	376	377	378	379	380	381	382	383	384
41	385	386	387	388	389	390	391	392	393
42	394	395	396	397	398	399	400	401	402
43	403	404	405	406	407	408	409	410	411
44	412	413	414	415	416	417	418	419	420
45	421	422	423	424	425	426	427	428	429
46	430	431	432	433	434	435	436	437	438
47	439	440	441	442	443	444	445	446	447
48	448	449	450	451	452	453	454	455	456
49	457	458	459	460	461	462	463	464	465
50	466	467	468	469	470	471	472	473	474
51	475	476	477	478	479	480	481	482	483
52	484	485	486	487	488	489	490	491	492
53	493	494	495	496	497	498	499	500	501
54	502	503	504	505	506	507	508	509	510
55	511	512	513	514	515	516	517	518	519
56	520	521	522	523	524	525	526	527	528
57	529	530	531	532	533	534	535	536	537
58	538	539	540	541	542	543	544	545	546
59	547	548	549	550	551	552	553	554	555
60	556	557	558	559	560	561	562	563	564
61	565	566	567	568	569	570	571	572	573
62	574	575	576	577	578	579	580	581	582
63	583	584	585	586	587	588	589	590	591
64	592	593	594	595	596	597	598	599	600
65	601	602	603	604	605	606	607	608	609
66	610	611	612	613	614	615	616	617	618
67	619	620	621	622	623	624	625	626	627
68	628	629	630	631	632	633	634	635	636
69	637	638	639	640	641	642	643	644	645
70	646	647	648	649	650	651	652	653	654
71	655	656	657	658	659	660	661	662	663
72	664	665	666	667	668	669	670	671	672
73	673	674	675	676	677	678	679	680	681
74	682	683	684	685	686	687	688	689	690
75	691	692	693	694	695	696	697	698	699
76	700	701	702	703	704	705	706	707	708
77	709	710	711	712	713	714	715	716	717
78	718	719	720	721	722	723	724	725	726
79	727	728	729	730	731	732	733	734	735
80	736	737	738	739	740	741	742	743	744
81	745	746	747	748	749	750	751	752	753
82	754	755	756	757	758	759	760	761	762
83	763	764	765	766	767	768	769	770	771
84	772	773	774	775	776	777	778	779	780
85	781	782	783	784	785	786	787	788	789
86	790	791	792	793	794	795	796	797	798
87	799	800	801	802	803	804	805	806	807
88	808	809	810	811	812	813	814	815	816
89	817	818	819	820	821	822	823	824	825
90	826	827	828	829	830	831	832	833	834
91	835	836	837	838	839	840	841	842	843
92	844	845	846	847	848	849	850	851	852
93	853	854	855	856	857	858	859	860	861
94	862	863	864	865	866	867	868	869	870
95	871	872	873	874	875	876	877	878	879
96	880	881	882	883	884	885	886	887	888
97	889	890	891	892	893	894	895	896	897
98	898	899	900	901	902	903	904	905	906
99	907	908	909	910	911	912	913	914	915
100	916	917	918	919	920	921	922	923	924
101	925	926	927	928	929	930	931	932	933
102	934	935	936	937	938	939	940	941	942
103	943	944	945	946	947	948	949	950	951
104	952	953	954	955	956	957	958	959	960
105	961	962	963	964	965	966	967	968	969
106	970	971	972	973	974	975	976	977	978
107	979	980	981	982	983	984	985	986	987
108	988	989	990	991	992	993	994	995	996
109	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005
110	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014
111	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023
112	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032
113	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041
114	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050
115	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059
116	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068
117	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077
118	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086
119	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095
120	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104
121	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113
122	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122
123	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131
124	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140
125	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149
126	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158
127	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167
128	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176
129	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185
130	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194
131	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203
132	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212
133	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	122

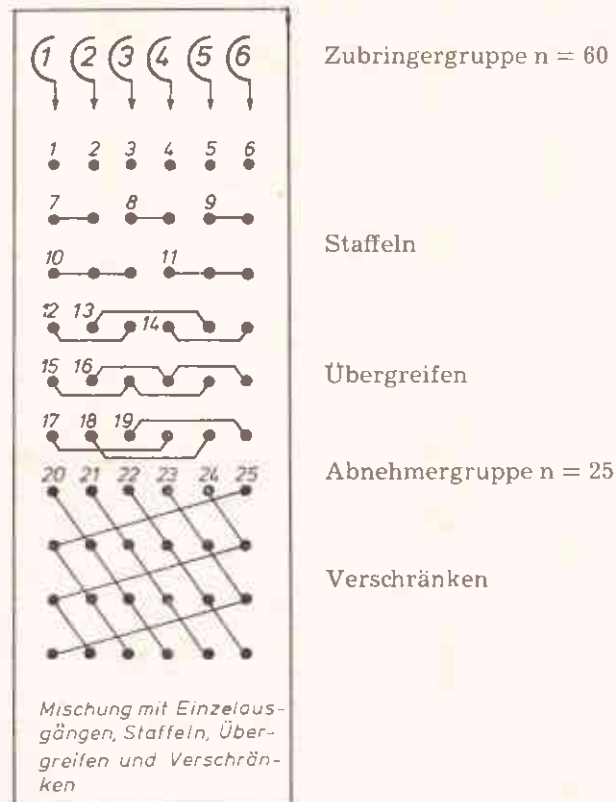


Abb. 11.15 — Beispiel eines Mischungsplans mit allen Mischungsverfahren

Vorteil, daß sie übersichtlicher sind als die zeichnerische Darstellung, die wegen der vielen verschiedenen Leitungszüge leicht zu Irrtümern führen kann.

Der **Rechnerausdruck ML** stellt den **Mischungsplan** in Form einer **Liste** dar. Im oberen Teil der ML sind wie beim herkömmlichen Mp die Zubringerteilgruppen (ZUB.GR.) aufgeführt. An der linken und rechten Seite der ML stehen der Gruppenschritt (GS), für den die ML gilt, und die einzelnen Suchstellungen (ES oder DS). Die eigentliche ML ist in die Spalten $\frac{ABN.}{LTG}$ und $\frac{ZUB.}{GR}$ (Abnehmerleitungen und Zubringergestellrahmen) aufgeteilt, wobei beide Überschriften immer eine Einheit bilden.

Abb. 11.16 zeigt anhand der Leitungszüge 1, 12, 8 und 19 einige Arten der Zusammenschaltung als Beispiel für den Aufbau einer ML:

Leitungszug 1: Anfang: ZUB.GR. 1 auf ES 1 (1:1)
 (ABN.LTG) Ende: ZUB.GR. 5 auf ES 2 (5:2)

Leitungszug 12: Anfang: ZUB.GR. 4 auf ES 3 (4:3)
 Ende: ZUB.GR. 3 auf ES 4 (3:4)

Leitungszug 8: Anfang: ZUB.GR. 2 auf ES 5 (2:5)
 Ende: ZUB.GR. 1 auf ES 6 (1:6)

Leitungszug 19: Anfang: ZUB.GR. 5 auf ES 7 (5:7)
 ZUB.GR. 4 auf ES 8 (4:8)
 ZUB.GR. 3 auf ES 9 (3:9)
 Ende: ZUB.GR. 2 auf ES 10 (2:10)

Mischungsliste (ML)						
ZUBRINGER: I. GW						
1	2	3	4	5		
GS	ABN.	ZUB.	ABN.	ZUB.	ABN.	ZUB.
2	LTG	GR	LTG	GR	LTG	GR
ES						
1	1	1	2	2	3	3
2		5		1		2
3	12	4	14	5	11	1
4		3		4		5
5	8	2	10	3	7	4
6		1		2		3
7	19	5	16	1	18	2
8		4		5		1
9		3		4		5
10		2		3		4
ABNEHMER: B.HEIM LTGN 1—20						

Mischungstabelle (MT)						
ZUBRINGER: I. GW						
1	2	3	4	5		
GS	ZUB.	ABN.	ZUB.	ABN.	ZUB.	ABN.
2	GR	LTG	GR	LTG	GR	LTG
ES						
1	1	1*	2	2*	3	3*
2		2		3		4
3		11*		13*		15*
4		13		15		12
5		6*		8*		10*
6		8		10		7
7		16*		18*		20*
8		12		20		17
9		20		17		19
10		17		19		16
ABNEHMER: B.HEIM LTGN 1—20						

Abb. 11.16 — Beispiele für ML und MT

(es sind nur Zahlenkolonnen für 3 der 5 Zubringerteilgruppen dargestellt)

Mischungslisten werden hauptsächlich für das Einlegen der Mischung (Verdrahtung) benutzt. Sie sind außerdem als Unterlage für die Beschriftung der Hinweiskarten zur Rückwärtsverfolgung von Verbindungswegen gut geeignet. Die Hinweiskarten sind an den Wählergestellrahmen befestigt.

Auch der Rechnerausdruck MT stellt den Mp in Form einer Tabelle dar, die anzeigt, welche Abnehmer an einer bestimmten Zubringer- teilgruppe (ZUB.GR.) auf den einzelnen ES/DS angesteuert werden. Der Stern rechts neben dem Abnehmer zeigt an, daß der Abnehmer an dieser Stelle und an dieser ZUB.GR. angeschaltet ist; er kennzeichnet außerdem den Anfang eines Leitungszuges.

Das Betrachtungsbeispiel einer MT (Abb. 11.16) ist wie folgt zu lesen:

ZUB.GR. 1: auf ES 1 wird die ABN.LTG. 1 erreicht (1:1).

auf ES 2 wird die ABN.LTG. 2 erreicht (2:2),

...

... usw. bis

...

auf ES 10 wird die ABN.LTG. 17 erreicht (10:17).

Die Mischungstabelle eignet sich gut zur Vorwärtsverfolgung von Abnehmern und zur Beschriftung der Hinweiskarten für die Vorwärtsverfolgung. Außerdem werden die eingelegten Mischungen anhand der Mischungstabelle geprüft. Die zeichnerischen Beispiele und die Texterläuterungen zur ML und zum MT sind der SEL-Beschreibung FS/AMAM, Ausg. 1 v. 4. 12. 67, entnommen.

11.16. Benummern der FTZ-Zeichnungen

Zeichnungen, die sich ihrem Inhalt nach unter einer Karteinummer als FTZ-Zeichnung einordnen lassen, werden nach der Vorschrift der FTZ-Norm A 93 AN 1 benummert. Die Nummer einer solchen FTZ-Zeichnung setzt sich aus vier Nummernteilen (I, II, III, IV) zusammen:

- Nummernteil I** = Karteinummer, unter der der in der Zeichnung dargestellte Gegenstand geführt wird oder eine Ziffernfolge, die ausreicht, die Gegenstände der Zeichnung nach dem Karteinummern-System zu kennzeichnen.
- Nummernteil II** = großer und kleiner Buchstabe, die die Art der Zeichnung bestimmen (z. B. Ap, Bp, Sz, Ta), vgl. hierzu die Tabelle 11.1.
- Nummernteil III** = Identifizierungsnummer (Zahlenfolge 1, 2, 3 usw.) für Zeichnungen, die nach dem Karteinummernsystem bezeichnet sind, aber keine 9stellige Karteinummer haben.
- Nummernteil IV** = Blattangabe für Zeichnungen, die sich über mehrere Blätter erstrecken (Bl. 1, Bl. 2).

Nummernteil	I	II	III	IV
	121 255 032	Sz		
	141 98	Üp	1	
	121 676 1	Üp	1	
	141 029 901	Ms		Bl.2

Abb. 11.17 — Beispiele für das Nummernschema der FTZ-Zeichnungen

12. Gefährdung des Menschen durch elektrischen Strom

12.1. Wirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Organismus

Der elektrische Strom ist für die Industrie und den Menschen unentbehrlich geworden, weil er eine vielseitig verwendbare Energiequelle darstellt und sich auf einfache Weise transportieren läßt. Die Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen (EVU) haben es schwer, den ständig steigenden Bedarf an elektrischer Energie für gewerbliche Zwecke und für die privaten Haushalte zu befriedigen und auch für die Zukunft zu sichern.

Der Umgang mit den elektrisch betriebenen Geräten und Anlagen will gelernt sein. In jedem Jahr sterben viele Menschen an den Folgen elektrischer Unfälle; die meisten Betroffenen sind Laien. Sicher könnte mancher der Verunglückten noch leben, wenn er sich der Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom besser bewußt gewesen wäre.

Beachten Sie:

Der beste Schutz gegen die Gefahren des elektrischen Stroms sind gute Fachkenntnisse und das Wissen um seine Wirkungen im menschlichen Körper.

Wie wirkt nun der elektrische Strom auf den menschlichen Körper? Dazu muß man wissen, daß im menschlichen Körper elektrische Energie erzeugt wird. Die hierbei entstehenden Stromimpulse fließen über die Nerven zu den betreffenden Organen und Muskeln hin, die diese Wahrnehmungen an das Zentralnervensystem weitergeben. Jede unbewußte oder bewußte Betätigung von Muskeln wird also durch elektrische Stromimpulse bewirkt. Werden diese Stromimpulse durch äußere Stromeinwirkung erheblich gestört, dann kommt es auch zu Störungen von Muskelbetätigungen im menschlichen Organismus, durch die Körperschäden eintreten oder die sogar zum Tode führen können.

Schädigende Einwirkungen des elektrischen Stroms auf Gehirn und Nerven führen im Regelfall beim technischen Wechselstrom 220 V_{eff}/50 Hz zur Bewußtlosigkeit und vorübergehenden Lähmung von Muskelpartien. Wird das Herz von Strombahnen getroffen, so entsteht für den Menschen absolute Lebensgefahr. Das Herz gerät durch die elektrischen Strombahnen aus seinem naturgegebenen Takt, erschöpft sich sehr schnell (Herzkammerflimmern) und leistet keine Pumparbeit mehr. Es kann sich auch von dem Herzkammerflimmern von selbst nicht wieder befreien. Hierdurch ist die Versorgung der Körperzellen mit sauerstoffhaltigem Blut gefährdet. Sobald aber die empfindlichen

Gehirnzellen nicht mehr mit Blut versorgt werden, tritt Bewußtlosigkeit ein, und sie beginnen abzusterben. Dann muß dem Betroffenen schnellstens mit Herzmassage und künstlicher Beatmung geholfen werden.

12.2. Grenzwerte der Gefährdungen und gefährliche Kontaktpositionen

Der Mensch stellt für den technischen Wechselstrom einen schwer eingrenzenden ohmschen Widerstand dar. Sein Wert ist stark abhängig von der Größe der Berührungsflächen, der Beschaffenheit der Kontaktstellen, z. B. feuchte oder trockene Haut, der Andruckkraft und sogar von der Höhe der anliegenden Spannung.

Die Hornhaut wird bei Spannungen ab 50 bis 60 V durchschlagen (perforiert) und der Körperwiderstand sinkt bei 500 bis 600 V etwa auf ein Viertel seines ursprünglichen Werts ab. Der Widerstand des menschlichen Körpers beträgt unter ungünstigen Voraussetzungen etwa 1000 Ω . Dieser Wert ist jedoch positionsabhängig und längst nicht bei allen Gefährdungen zugrunde zu legen. **Nicht die elektrische Spannung ist gefährlich für den Menschen, sondern der elektrische Strom.** Dieser ergibt sich aus dem Quotienten aus Spannung durch Widerstand. Je niederohmiger der Widerstandswert eines Körpers ist, um so stärker ist der Strom, den eine anliegende Spannungsquelle durch ihn treibt. **Schon bei 50 mA besteht absolute Lebensgefahr,** selbst wenn sich der Strom im Körperquerschnitt verteilt.

Der elektrische Strom ist eine schwer bestimmbare Größe; deshalb wird eine maximal zulässige Spannung angegeben, mit der man noch gerade ohne allzu großes Risiko in Berührung kommen darf. Dieser Spannungswert liegt theoretisch (also für den denkbar ungünstigsten Fall) bei etwa 40 V. Da aber nicht alle ungünstigen Umstände auf einmal in einem Gefährdungsfall auftreten, hat der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) die Grenze für die **Berührungsspannung auf 65 V** festgelegt. Dieser Wert gilt für allgemeine Fälle; in besonderen Fällen, die noch beschrieben werden, gilt ein Wert von 42 V bzw. 24 V (vgl. hierzu Abschnitt 14).

Wenn ein Mensch spannungsführende Teile berührt, dann ist nicht jede Position gleich gefährlich. Liegen Gehirn oder Herz oder gar beides in der Strombahn, so besteht die schwerste Gefährdung. Hierzu zählen insbesondere folgende Kontaktpositionen:

linke Hand — rechte Hand,
linke Hand — Kopf,
linke Hand — Füße,
linke Hand — Rücken oder Brust,

Kopf — Füße,
Rücken — Brust.

Da das Herz links sitzt, ist die Einwirkung des elektrischen Stroms auf die linke Körperhälfte grundsätzlich gefährlicher. Einwirkungen auf die rechte

Körperhälfte sind zwar weniger gefährdend, aber dennoch gefährlich. Einwirkungen auf ein Bein oder auf einen Arm sind verhältnismäßig ungefährlich. Bei kurzzeitigen elektrischen Schlägen sind allgemein keine Nachwirkungen zu erwarten, außer daß die Muskeln durch die Stromimpulse überbeansprucht werden und in der Folge Muskelkater durch Milchsäureproduktion bei der Energieumsetzung auftritt. Bei längerer Stromeinwirkung und stärkeren Strömen kann es zu zeitweiligen Lähmungen und der Bildung von „Strommarken“ an Stromein- und -austrittsstellen kommen, die allerdings nicht schmerzhaft sind.

Einen absoluten Schutz gegen elektrische Unfälle gibt es also nicht. Wenn man jedoch umsichtig und schonend mit elektrischen Einrichtungen umgeht, sind schon viele Gefahren gebannt. Elektrische Gefährdungen lassen sich vermindern, z. T. sogar ausschließen, wenn folgende Hinweise beachtet werden:

1. **Stets spannungsfrei arbeiten,**
2. **Arbeitsbereich auf Spannungsfreiheit prüfen,**
3. **Hinweisschild an ausgeschaltete Sicherungen in Verteilertafel aufhängen,**
4. **beteiligte Stellen (auch Verbraucher) über Arbeiten informieren,**
5. **Körper gegen Erde isolieren,**
6. **isoliertes Werkzeug benutzen,**
7. **Hände nicht auf (geerdete) Geräteteile, Wasserleitungen, Heizungsrohre usw. aufstützen,**
8. **Geräte auf Isolation prüfen,**
9. **Schutzleiteranschluß prüfen,**
10. **auf Vertauschung der Leiter in Installationen, Steck- und Schaltmitteln achten!**

13. Energie-Leitungsnetze

13.1. Allgemeine Merkmale

Die am meisten verwendete Stromart ist der **Wechselstrom**, weil er sich transformieren läßt. Diese besondere Eigenschaft wird auf dem Übertragungsweg vom Energieerzeuger bis zum häuslichen oder gewerblichen Energieabnehmer je nach Bedarf mehrmals ausgenutzt. Jeder Teilübertragungsweg bildet aber ein eigenes Netz mit einem festgelegten Spannungsbereich. Es werden unterschieden:

Spannungsbereiche	Bezeichnungen
bis 1000 V	Niederspannung
3 kV — 30 kV	Mittelspannung
60 kV — 110 kV	Hochspannung
220 kV — 750 kV	Höchstspannung

Abb. 13.1 verdeutlicht den Energie-Übertragungsweg vom Kraftwerk bis zum Verbraucher.

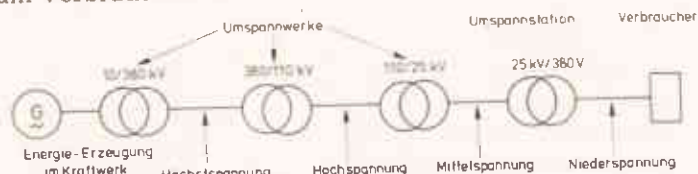


Abb. 13.1 — Weg der Energieübertragung vom Kraftwerk bis zum Verbraucher

13.2. Formen der Niederspannungsnetze

13.2.1. Strahlennetz

Beim Strahlennetz sind die Niederspannungsleitungen **strahlenförmig** verlegt. Die Speisung erfolgt einseitig. Diese Netzform hat den Nachteil, daß bei Belastungsschwankungen ein merkbarer Spannungsabfall in den Netzausläufern auftritt.

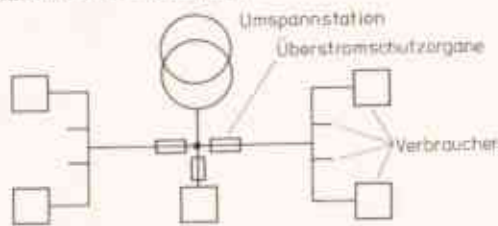


Abb. 13.2 — Strahlennetz

13.2.2. Ringnetz

Beim Ringnetz bilden die Versorgungsleitungen in sich geschlossene Netze. Die **Einspeisung erfolgt von zwei Seiten**. Spannungsabfälle machen sich hierbei nicht so bemerkbar. Ringnetze sind gegen Belastungsschwankungen unempfindlicher, ihre Überwachung ist jedoch aufwendiger.

Bei Arbeiten am „Ring“ muß die Leitung **vor und hinter** der Arbeitsstelle getrennt werden. Manchem Elektromonteur ist die Nichtbeachtung dieses Umstands zur todbringenden Gefahr geworden.

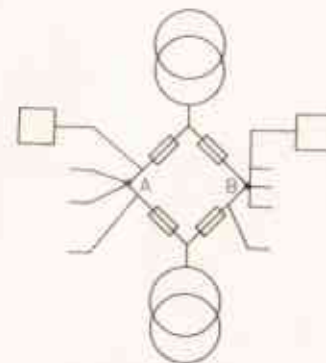


Abb. 13.3 — Ringnetz

13.2.3. Maschennetz

Die höchstentwickelte und auch teuerste Netzform ist das **Maschennetz**. Es entspricht der Vermaschung eines Ringnetzes und wird vorwiegend als Kabelnetz angelegt. Es ergibt sich das Bild des Maschennetzes, wenn die Punkte A und B in der Abb. 13.3 des Ringnetzes verbunden und Sicherungselemente eingeschlossen werden.

13.3. Vierleitersystem

Es gibt eine Vielfalt von Netzarten, z. B. Gleichstromnetze als Zwei- und Dreileitersystem, in vereinzelten Fällen Wechselstrom-Einphasennetze und die Drehstromnetze als Drei- und Vierleitersysteme.

Drehstromnetze mit Vierleitersystem sind die wichtigsten und in der Praxis überwiegend vorhanden. Hierbei sind die Strangenden der 3 um 120° versetzten Generatorschaltungen miteinander verbunden. Diese Generatorschaltung wird als **Sternschaltung** bezeichnet. Sie hat den

Vorzug, daß außer den Außenleiterspannungen eine zweite Spannung, die Strangspannung, zur Verfügung steht. In praktischen Drehstromnetzen beträgt die Außenleiterspannung **380 V** und die Strangspannung, die zwischen den Außenleitern und dem geerdeten Mittelpunktsleiter liegt, **220 V**.

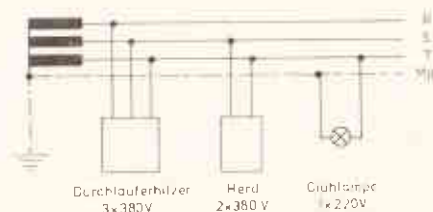


Abb. 13.4 — Drehstrom-Vierleiternetz mit geerdetem Mittelpunktsleiter (Nulleiter)

Diese Möglichkeit kann aber nur ausgenutzt werden, wenn ein besonderer Mittelpunktsleiter zusätzlich zu den 3 Außenleitern mitgeführt wird. Da der Sternpunkt üblicherweise betriebsmäßig geerdet ist, kann zwischen Außenleiter und geerdetem Mittelpunktsleiter niemals eine höhere Spannung anliegen als die Strangspannung (vgl. Abb. 13.4). Damit gewährleistet das **Drehstrom-Vierleiter-System** ein leistungsfähiges Netz mit höheren Betriebsspannungen, das aber die gegen Erde wirksame Spannung auf den Wert der niedrigeren Strangspannung begrenzt.

14. Bestimmungen der VDE-Vorschriften

14.1. Begriffserläuterungen nach VDE 0100

Die VDE 0100 enthält die Bestimmung für den **Schutz gegen zu hohe Berührungsspannungen**. Um diese Schutzmaßnahmen erläutern zu können, müssen vorerst die nachfolgenden Begriffe ihrer Bedeutung nach festgelegt werden.

14.1.1. Kurzschluß

Ein Kurzschluß ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen Leitern, die betriebsmäßig gegeneinander unter Spannung stehen. In diesem „Fehlerstromkreis“ darf kein Nutzwiderstand (Verbraucher) liegen. Kurzschlüsse treten demnach zwischen Außenleitern oder zwischen Außenleitern und Mittelleitern bei unmittelbarer Berührung auf.

14.1.2. Körperschluß

Ein Körperschluß ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teilen und nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden leitfähigen Teilen eines elektrischen Betriebsmittels. Ein Körperschluß tritt z. B. auf, wenn die Heizwendel (Außenleiter) eines Heizlüfters bricht und das Metall-Gehäuse berührt oder wenn die Statorwicklung eines E-Motors durchschmort und das Metallguß-Gehäuse berührt (auch Gehäuseschluß genannt), so daß das Gehäuse unter Spannung steht.

14.1.3. Erdschluß

Ein Erdschluß ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung eines Außenleiters mit Erde (oder geerdeten Teilen). Ein Erdschluß tritt z. B. auf, wenn ein Außenleiter einer Niederspannungsfreileitung reißt und auf den Erdboden fällt (einfacher Erdschluß) oder wenn ein Außenleiter mit einer geerdeten Wasserleitung in Berührung kommt. Dann kommt es zur Ausbildung eines Spannungstrichters (vgl. hierzu Abschn. 14.1.7). Tritt der Fehler z. B. mit 2 Außenleitern auf, spricht man vom „Doppel-Erdschluß“.

14.1.4. Fehlerspannung

Die Fehlerspannung ist im allgemeinen die Spannung, die bei einem Körperschlußbehafteten elektrischen Betriebsmittel zwischen seinen nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden leitfähigen Teilen und einer 20 m entfernten Sonde gemessen wird (vgl. hierzu Abb. 14.1).

14.1.5. Berührungsspannung

Die Berührungsspannung ist der Teil der Fehlerspannung, der vom Menschen überbrückt werden kann. Sie ist die Spannung, die bei Berührung eines Körperschlußbehafteten elektrischen Betriebsmittels über einer Person abfällt. Berührungsspannungen können entweder zwischen einem Gerät mit Körperschluß und dem Standort des Menschen (U_{B1} vgl. Abb. 14.1) oder zwischen dem Gerät und (z. B. geerdeten) benachbarten leitfähigen Teilen (U_{B2} vgl. Abb. 14.1) auftreten. Die VDE 0100 gibt für allgemeine Fälle einen höchstzulässigen Spannungswert für die Berührungsspannung von **65 V** (Gleichspannung oder Wechselspannungs-Effektivwert) an. Die zusätzlichen Schutzmaßnahmen sind auf diese VDE-Bestimmungen abgestimmt.

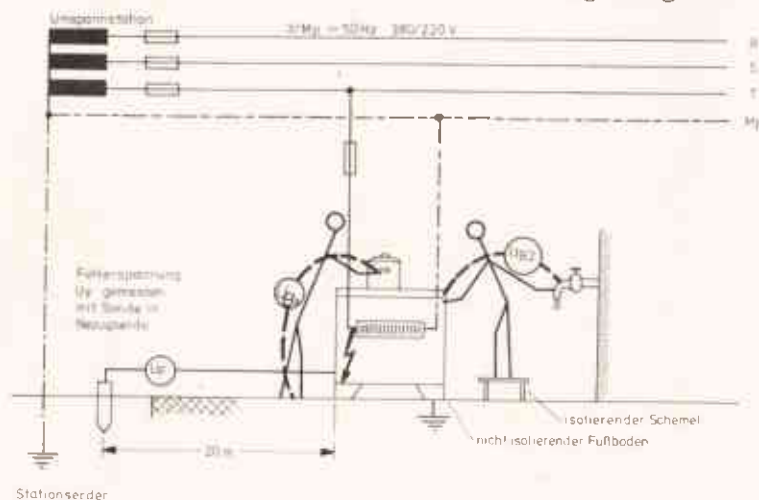


Abb. 14.1 — Fehler- und Berührungsspannung an einem Haushaltsgerät mit Körperschluß

14.1.6. Ableitstrom und Fehlerstrom

Der Ableitstrom ist der Strom, der betriebsmäßig zwischen den unter Spannung stehenden Teilen eines elektrischen Betriebsmittels über

die Betriebsisolierung zu nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden leitfähigen Teilen fließt, wenn diese an Erde oder einen geerdeten Netzpunkt gelegt sind. Bei der DBP werden z. B. die Ableitströme regelmäßig an schutzisolierten LötKolben gemessen. Für die Messungen gibt es einen besonderen Meßzusatz zum Vielfach-Meßinstrument UVA und zum Schutz des messenden Bediensteten einen Trenntransformator. Der Ableitstrom darf festgesetzte Werte nicht überschreiten. Er darf auch nicht mit dem Fehlerstrom verwechselt werden, der durch Isolationsfehler zum Fließen kommt.

14.1.7. Spannungstrichter, Schrittspannung und Potentialsteuerung

Zum Betriebsstromkreis und nicht zum Betriebsstromkreis gehörende Teile elektrischer Anlagen werden häufig geerdet. Aus Gründen des Potentialausgleichs und des Berührungsspannungsschutzes werden auch andere Anlagen, z. B. Pumpen, mit in die Erdungsmaßnahmen einbezogen. Wenn über eine Erdungsanlage Ableitströme fließen, dann fallen im Erdboden Spannungen ab, weil das Erdreich einen elektrischen Widerstand darstellt. Hierdurch entsteht ein sogenannter **Spannungstrichter**.

Der in Abb. 14.2 gezeigte exponentielle Spannungsverlauf (Spannungstrichter) um einen Erder kommt dadurch zustande, daß die Stromdichte in seiner unmittelbaren Nähe groß ist. Deshalb fällt auch in der unmittelbaren Umgebung des Erders der größte Teil der Spannung ab. In einer Entfernung von etwa **20 m** ist die Erdspannung fast null Volt. Je mehr Erdrichvolumen zur Stromausbreitung zur Verfügung steht, desto geringer ist die Stromdichte und damit der durch sie erzeugte Spannungsabfall; der Spannungstrichter verläuft dann flacher. Bei Rohrerdern bilden die Punkte gleicher Spannung um den Erder konzentrische Kreise.

Das Absinken der Erderspannung bis auf den Wert von nahezu Null innerhalb von etwa 20 m hat jedoch nachteilige Wirkungen. **Mensch und Tier können in diesem Spannungstrichter Punkte unterschiedlichen Potentials überbrücken.** Diese durch einen Schritt überbrückbare Spannung nennt man entsprechend **Schrittspannung**. Das ist die Spannung, die zwischen den Berührungspunkten mit dem Erdrich liegt. Sie kann solche Werte annehmen, daß sie bei Menschen und Tieren einen todbringenden Strom durch den Körper treibt. Berührt eine Person den Erder selbst, dann fällt an ihr ebenfalls eine Berührungsspannung ab.

Beachten Sie bitte:

In der Nähe von Erdern können gefährdende Berührungs- oder Schrittspannungen auftreten. Dies gilt besonders für Tiefenerder.

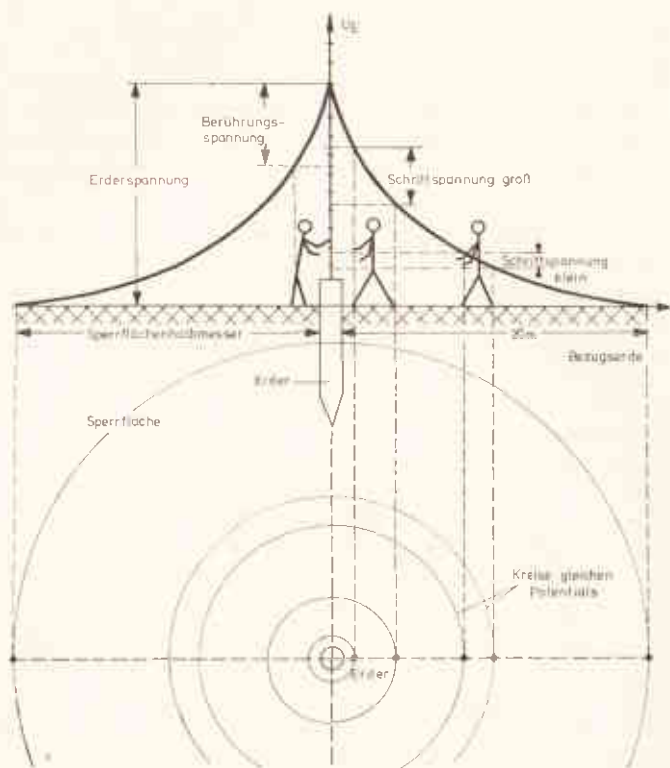


Abb. 14.2 — Spannungstrichter und Sperrfläche eines Rohrerders

Die Gefahren der Spannungstrichter und der Schrittspannung können durch eine besondere Anordnung der Erder, die sogenannten **Oberflächenerder**, verringert werden; d. h., der Potentialabfall in Erder-nähe wird künstlich verschleppt. Die Folge ist, daß auch die Schritt-spannungen kleiner werden. Diese Oberflächenerder haben die Auf-gabe, das Potential zu „steuern“; sie werden daher **Steuererder** und die gesamte Anordnung **Potentialsteuerung** genannt.

14.1.8. Erdung

14.1.8.1. Erdreich

Erdreich ist als Sammelbegriff für Humus, Sand, Gestein, Mergel, Lehm usw. zu verstehen.

14.1.8.2. Erder, Erdungsleitung und Erdungsanlage

Erder sind „erdfühlig“ verlegte Leiter im Erdreich. Der Form nach unterscheidet man Bandstahl- und Plattenerder als Oberflächenerder sowie Stab- und Rohrerder als Tiefenerder. Erdungsanlagen mit niedrigem Erdübergangswiderstand sind allgemein Kombinationen zwischen beiden Typen. Die unisoliert verlegten Verbindungsleitungen zwischen den Einzelerdern sind Bestandteile der Erder. Die isoliert oder außerhalb des Erdreichs verlegten Zuleitungen sind die Erdungsleitungen. Die Gesamtheit der aufgeführten Bauteile stellt die Erdungsanlage dar.

14.1.8.3. Bezugserde

Die Bezugserde ist der Bereich der Erdoberfläche, der **außerhalb der Sperrfläche** von Erdern liegt. Es treten daher zwischen beliebigen Punkten der Bezugserde auch keine wesentlichen Potentialunterschiede auf.

14.1.8.4. Ausbreitungs- und Erdungswiderstand

Der Ausbreitungswiderstand eines Erders ist der Widerstand des Erdreichs zwischen Erder und Bezugs-erde. Wird der Widerstand der Erdungsleitung mit berücksichtigt, dann ergibt sich der **Erdungswiderstand**.

14.1.8.5. Erdung, Betriebserdung, Schutzerdung und Betriebs-Schutzerdung (BSE)

Unter Erdung versteht man die leitende Verbindung zwischen zu erdenden leitenden Teilen und dem Erdreich über eine Erdungsanlage.

Eine **Betriebserdung** liegt vor, wenn zum Betriebsstromkreis gehörende Anlageteile geerdet werden.

Bei der DBP werden folgende Anlagenteile betriebsgeerdet:

- a) Pluspol der Amtsbatterie 60 V,
- b) Minuspol der Anodenspannung 212 V,
- c) Plus-/Minuspol = Mitte der Telegrafienbatterie.

Unter **Schutzerdung** versteht man die Erdung von nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden metallischen Anlageteilen.

Metallgehäuse von Wärmegegeräten und Lampen mit Metallkörpern werden beispielsweise schutzgeerdet, um im Falle eines Körperschlusses das Überstromschutzorgan zum Ansprechen zu bringen. Die

DBP wendet in ihren Fernmeldedienstgebäuden eine kombinierte Erdung an, die sogenannte **Betriebs-Schutzerdung**, kurz BSE. Bei der BSE werden alle Betriebs- und Schutzerdungsleitungen zu einem zentralen Punkt, der Erdungssammelschiene, herangeführt. Die Erdungssammelschiene ist meistens im Kabelaufteilungsraum angebracht.

Für größere Dienstgebäude und solche mit Übertragungstechnischen Einrichtungen wendet die DBP die **Flächenerdung** an. Hierbei wird eine Erdleitung mit starkem Kupferquerschnitt ringförmig (daher Erdungsringleitung) durch das ganze Gebäude verlegt, an den auf kürzestem Wege alle Erdungsleitungen geführt werden.

14.1.9. Leiterarten

Außenleiter oder **Hauptleiter** sind Leiter, die Stromerzeuger mit Verbrauchern verbinden, aber nicht von einem Mittel- oder Sternpunkt ausgehen.

Mittelleiter sind Leiter, die vom Mittelpunkt eines Gleichstrom- oder eines Einphasen-Wechselstromsystems ausgehen. Soweit ein Mittelleiter vom **Sternpunkt** eines Mehrphasensystems ausgeht, nennt man ihn zur genaueren Kennzeichnung **Sternpunktleiter**.

Nulleiter sind unmittelbar geerdete Mittel- oder Sternpunktleiter in Netzen, in denen die Schutzmaßnahme **Nullung** angewendet wird.

Schutzleiter sind Leiter, die nicht zum Betriebsstromkreis gehörende Anlageteile mit Erde, der Wasserleitung oder dem Nulleiter verbinden. Die Schutzleiter werden verwendet bei den **Schutzmaßnahmen Schutzerdung** oder **Nullung**.

14.2. Begriffe und Bestimmungen nach VDE 0105

Während die VDE 0100 eine Vorschrift für das **Errichten** von Starkstromanlagen bis 1000 V ist, befaßt sich die VDE 0105 mit dem **Betrieb von Starkstromanlagen bis 1 kV und darüber**.

Unter Betrieb versteht man das **Bedienen** und **Arbeiten** an Starkstromanlagen. Die Tätigkeiten führen Arbeitskräfte aus, die über eine besondere Ausbildung verfügen oder zumindest für ihren Arbeitsbereich eine ausreichende Einweisung erfahren haben.

Bei der DBP sind **keine** Zentralstellen für **alle** Angelegenheiten des Starkstromschutzes eingerichtet; die beim Betreiben elektrischer Verbraucher anzuwendende Sorgfaltspflicht obliegt dadurch in vielen Fällen den einzelnen Dienststellen. Deswegen muß bereits in der Ausbildung sichergestellt sein, daß wegen des breiten Einsatzgebietes der Handwerker und der technischen Beamten genügend Grundkenntnisse über **Errichtung und Betrieb** von Starkstromanlagen und Fernmeldeanlagen mit Netzanschlüssen vermittelt werden.

Welche Personen an Starkstromanlagen Arbeiten ausführen dürfen, ist in **VDE 0105** festgelegt:

„Starkstromanlagen sind den Errichtungsvorschriften entsprechend in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten. Die dafür notwendigen Arbeiten sind je nach ihrer Art durch **Fachleute** oder **unterwiesene Personen** oder durch andere Personen unter **Aufsicht** von Fachleuten oder unterwiesenen Personen durchzuführen. **Als Fachmann gilt, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und etwa mögliche Gefahren erkennen kann.** Fachmann sind Gesellen, Meister und Ingenieure der Elektrotechnik, z. B. sind Stellenvorsteher der Dienststellen Sv (Stromversorgung) und BF (Baustelle für Fernmeldeeinrichtungen) regelmäßig Fachleute. **Als unterwiesene Person gilt, wer über die ihr übertragenen Aufgaben und die etwa möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt wurde.** Mitarbeiter der Dienststellen Sv, BF, FuÜ (Funkübertragung) und FBzSt (Fernmeldebezirksstelle) können zu unterwiesenen Personen erklärt werden. Das in diesem Abschnitt behandelte Grundwissen stellt den theoretischen Teil der Kenntnisse dar, das jede unterwiesene Person nachweisen muß.

Die DBP ist verpflichtet, ihre Starkstromanlagen in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten. Ihre Kräfte führen daher in Abständen von 2 Jahren Prüfungen zwecks Einhaltung der VDE-Vorschriften durch, und zwar in Form einer **Sichtprüfung** und einer zusammengefaßten **Sicht- und elektrischen Prüfung**. Die Sichtprüfung beschränkt sich auf das Feststellen sichtbarer Mängel, das sind z. B. Beschädigungen an Geräten, Leitungen, Steckmitteln u. ä. Die zusammengefaßte Sicht- und elektrische Prüfung schließt außer der Sichtprüfung folgende Prüfungen ein: Wirksamkeit der angewendeten Schutzmaßnahme, richtiger Anschluß von Außen- und Schutzleiter sowie Mp, Isolationswiderstand bzw. Ableitströme u. ä.

Kleine Mängel werden an Ort und Stelle von Fachleuten oder unterwiesenen Personen behoben, größere Mängel hingegen sind nur noch von Fachleuten oder von konzessionierten Elektro-Unternehmen zu beseitigen. Alle genannten Arbeiten sind in **spannungsfreiem** Zustand durchzuführen. Nur wenn zwischen Außenleiter und Erde Spannungen von weniger als 65 V herrschen und wenn **schwerwiegende Gründe** eine **Freischaltung** ausschließen, darf von diesem Grundsatz abgewichen werden. Auszubildende dürfen an spannungsführenden Teilen grundsätzlich keine Arbeiten ausführen.

Zur deutlichen Kennzeichnung von Gefahrstellen an vornehmlich ortsfesten Starkstromanlagen werden Schilder verwendet, deren Symbol- und Textanordnung vorgeschrieben ist (roter Pfeil auf gelbem Grund). Ein einfacher Pfeil wird für Masten, Einspeisungshäuser u. ä. verwendet.



Abb. 14.3 — Allgemeines Warnschild

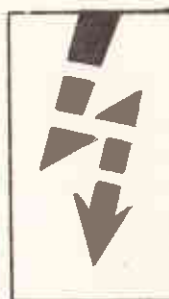


Abb. 14.4 — Aufkleber für Starkstrombeeinflusste Anlagen (selbstklebende Plastikfolie)



Abb. 14.5 — Warnschild für Anlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde und an Stellen mit erhöhter Gefährdung für Anlagen bis 250 V gegen Erde



Abb. 14.6 — Warnschild für Anlagen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber



Abb. 14.7 — Warnschild für Schaltstellen, an denen für die Dauer von Arbeiten ausgeschaltet wurde

Unterbrochene Pfeile an Kabelabschlußeinrichtungen im Fernmeldelinienetz der DBP sollen die Bediensteten darauf hinweisen, daß an den Kabeladern und Endverschlüssen gegen Erde Induktionsspannungen auftreten können, die von Höchstspannungsanlagen mit starr geerdetem Sternpunkt und von Bahnstrecken mit elektrischer Zugförderung herrühren. Diese Spannungen liegen aber nicht ständig an, sondern sie treten nur im Erdschluß- bzw. Kurzschlußfall auf, z. B. wenn sich die Oberleitung einer elektrifizierten Bundesbahnstrecke vom Ketten- und Quertragwerk löst und das Schienennetz berührt. Der Erdschluß bzw. Kurzschlußstrom führt innerhalb von 90 bis 150 ms zum Auslösen der Streckenschalter, d. h., die induzierten Beeinflussungsspannungen stehen auch nur für die genannte Dauer an. Tödliche Gefahren sind wegen der kurzen Einwirkungsdauer, der Zufallsbedingtheit des Ereignisses und des hohen inneren Widerstands der Fernmeldeleiterschleife nach bisherigen Beobachtungen nicht gegeben.

Die weiteren Schilder sind in der Nähe von Anlageteilen angebracht, die gegen Erde mehr als 250 V bzw. 1000 V führen. Bei Freischaltungen wird an den Schaltschränken ein Arbeitshinweis angebracht, der die unbedachte Wiedereinschaltung von Leitungen und Anlagen verhindern soll.

Die Benutzung von elektrischen Geräten und das Arbeiten an elektrischen Anlagen ist stets mit **Unfallgefahren** verbunden. Dies gilt insbesondere für den Nichtfachmann, wenn er die Geräte ordnungswidrig benutzt oder an der Anlage unsachgemäß arbeitet. Aber auch der Fachmann muß ständig aufpassen, damit er die Gefahren durch Umsicht und ständige Wachsamkeit abwehren kann. **Die Gefahren rechtzeitig erkennen bedeutet, sie rechtzeitig abwehren zu können.** Deshalb muß jeder, der an einer elektrischen Anlage arbeitet, die hierfür geltenden Bestimmungen genau kennen und stets beachten. Dieses Bewußtsein muß ständig wachgehalten und durch Unterricht und Dienstbesprechungen erneuert werden.

14.3. Begriffe und Bestimmungen nach VDE 0800

Die VDE 0800 „Bestimmungen für Errichtung und Betrieb von Fernmeldeanlagen einschließlich Informationsanlagen“ ist ein umfassendes, mehrteiliges und grundlegendes Werk für die genannten Anlagen. In wesentlichen Teilen knüpft sie an Begriffe und Bestimmungen der VDE 0100, 0105 und andere an. Ein besonderer Teil befaßt sich mit dem wichtigen Gebiet der Erdungen.

Da die meisten Fernmeldeanlagen über die Stromversorgungsanlagen mit dem Starkstromnetz in Verbindung stehen, gelten für sie auch die Schutzmaßnahmen für Starkstromanlagen nach **VDE 0100**. Nach VDE 0800 gelten als zu hohe Berührungsspannungen in Fernmeldeanlagen

- a) Wechselspannungen über 65 V (Effektivwert) gegen Erde,
- b) Gleichspannungen über 100 V gegen Erde.

In besonderen Fällen darf die Berührungsspannung sogar 24 V nicht überschreiten.

Die Anwendung der VDE-Bestimmungen VDE 0100 und VDE 0105 auf Fernmeldeanlagen beruht darauf, daß für Anlagen, für die besondere VDE-Bestimmungen bestehen, **zuerst VDE 0100 und VDE 0105 beachtet werden müssen.**

Besteht die Gefahr des Auftretens einer höheren Berührungsspannung, dann muß die Fernmeldeanlage gegen die gefährdenden Berührungsspannungen geschützt werden. Werden berührbare Teile von Fernmeldeanlagen in den Vermittlungs- und Übertragungsstellen gegen zu hohe Berührungsspannung durch **Schutzerdung** oder **Nullung** geschützt, dann ist vorgeschrieben, daß bei

Schutzerdung und **FI-Schutzschaltung** der Fernmelde-Betriebserdungsleiter mit dem Schutzleiter zu verbinden ist und bei **Nullung** der Fernmelde-Betriebserdungsleiter **nur** am Erdungssammelleiter (Erdungssammelschiene im Kabelaufteilungsraum oder Erdungsringleitung) mit dem Nulleiter zu verbinden ist.

Die FU-Schutzschaltung wird bei Fernmeldeanlagen mit Fernmelde-Betriebserdung nicht angewendet, weil der Gesamterdungswiderstand bei größeren Vermittlungsstellen mit etwa 0,1 Ω so klein ist, daß die FU-Spule nicht anspricht (vgl. hierzu Abschn. 15).

In Fernmeldeanlagen darf vom Schutz gegen zufälliges Berühren der spannungsführenden Teile abgesehen werden, wenn dieser Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich ist und, soweit nicht andere VDE-Bestimmungen entgegenstehen,

- a) in offenen und bedingt zugänglichen Betriebsstätten bei **Wechselspannungen bis 65 V** (Effektivwert) und **Gleichspannungen bis 100 V** gegen Erde,
- b) in abgeschlossenen Betriebsstätten bei **Spannungen bis 250 V** gegen Erde und
- c) bei Überlagerung von dauernd vorhandener **Betriebsgleichspannung** und **zeitweilig auftretenden Rufspannungen bis 125 V** gegen Erde,
- d) bei **Spannungen, die kurzzeitig einwirken.**

Unter diese Ausnahmen fallen z. B. Spannungsquellen bis 250 V gegen Erde mit einem inneren Widerstand von größer als 10 k Ω und bis zu 12 VA Scheinleistung. Man kann hierbei auf Schutzmaßnahmen verzichten, weil der im Fehlerfall fließende Strom bzw. die freiwerdende Energie zu keiner Gefährdung führt. Auch für Telegrafieeinrichtungen, die mit Gleichspannungen von 2 · 60 V betrieben werden, kann auf Schutzmaßnahmen verzichtet werden, weil die theoretisch mögliche Berührungsspannung von 120 V praktisch kaum auftritt.

Die Schutzmaßnahmen, die in der Linientechnik zu beachten sind, sind im Band 7 dieser Handbuchreihe erläutert.

15. Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannungen

15.1. Forderungen der VDE-Bestimmungen

Durch die VDE-Bestimmungen werden die Hersteller von elektrischen Geräten und Anlagen zur einwandfreien Ausführung ihrer Geräte und Anlagen verpflichtet. **Die betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teile müssen dauerhaft und sicher durch konstruktive Maßnahmen elektrisch geschützt sein.**

Diese Schutzmaßnahmen sollen zwei Bedingungen erfüllen:

- a) **Schutz gegen zufälliges Berühren** betriebsmäßig unter Spannung stehender Teile (Schutz gegen direktes Berühren) und
- b) **Schutz gegen das Auftreten von zu hohen Berührungsspannungen** (Schutz gegen indirektes Berühren).

Lack- und Emailleüberzug, Umspinnung und Gewebefolien stellen dabei **keine** Betriebsisolierung dar.

In dem Bestreben, menschliche Gesundheit und Sachwerte weitgehend zu schützen, fordern die VDE-Bestimmungen, insbesondere die VDE 0100, mit wenigen Ausnahmen bei Anlagen und Betriebsmitteln, die mehr als **65 V Gleichspannung oder Wechselspannung (Effektivwert)** gegen Erde führen, **zusätzliche Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung**. Diese werden eingeteilt in solche ohne und mit Schutzleiter.

Zu den Schutzmaßnahmen **ohne Schutzleiter** zählen

- a) **Schutzisolierung,**
- b) **Schutzkleinspannung und**
- c) **Schutztrennung.**

Zu den Schutzmaßnahmen **mit Schutzleiter** zählen

- a) **Schutzerdung,**
- b) **Nullung,**
- c) **Schutzleitungssystem und die**
- d) **Schutzschaltungen.**

Darüber hinaus sind die Auflagen der jeweilig zuständigen EVU zu beachten, denn es kann durchaus vorkommen, daß sich mehrere in einem Raum nebeneinander verwendete Schutzmaßnahmen in ihrer Wirkung beeinträchtigen.

Unter bestimmten Voraussetzungen kann auf den Schutz gegen zufälliges Berühren verzichtet werden, wenn die Nennspannung bis zu 42 V beträgt (Schutzkleinspannung).

15.2. Art und Wirkungsweise der Schutzmaßnahmen

15.2.1. Schutzisolierung

Die Schutzisolierung wird vorwiegend in elektrischen Haushaltsgeräten mit Isolierstoffgehäuse, Trockenrasierern, Lötkolben, Handbohrmaschinen, Rundfunkgeräten usw. verwendet. Bei diesen Geräten sind alle Teile, die im Falle eines Körperschlusses Spannung annehmen könnten, durch **zusätzlich zur Betriebsisolierung aufgebrachte isolierende Vorrichtungen** geschützt. Diese Geräte gehören der **Schutzklasse II** an und sind durch ein besonderes Symbol gekennzeichnet:



Mit diesem Zeichen versehene Geräte müssen eine **zweiadrige Anschlußschnur mit einem angeformten Profilstecker ohne Schutzkontaktstücke** haben. Diese Anschlußschnur ist Bestandteil des Betriebsmittels und im Handel nicht erhältlich, damit sie nicht an Stellen eingebaut werden kann, an denen Schutzleiter vorzusehen sind.

Bei **ortsfesten Betriebsmitteln** besteht der zusätzliche Schutz in der **Standortisolierung**. Alle leitfähigen mit Erde in Verbindung stehenden Teile sowie nichtisolierende Fußböden werden durch Gummimatten u. ä. abgedeckt. Sie müssen so groß sein, daß die Betriebsmittel nur vom isolierten Standort aus berührt werden können, und sie müssen fest mit ihrer Unterlage verbunden sein.

Bei der DBP wird die Standortisolierung bei der Montage starkstrombeeinflusster Fernkabel angewendet. Die **bauausführenden Kräfte** müssen dabei die **Baugrube mit Gummimatten auskleiden** sowie **Gummischeuhe und -handschuhe** tragen.

15.2.2. Schutzkleinspannung

Die Schutzkleinspannung wird angewendet zum Betrieb von Kleinmotoren, elektrischen Betriebsmitteln beim Kesselbau und bei medizinischen Geräten für die Körperbehandlung. Die Nennspannung für Kleinspannung ist **max. 42 V**, für **Kinderspielzeug** nur **24 V**.

Bei der DBP werden z. B. für Arbeiten an Übertragungstechnischen Einrichtungen besondere Lötkolben mit dieser Schutzmaßnahme verwendet. Die Steckvorrichtungen dieser Geräte dürfen nicht in solche von höheren Betriebsspannungen passen. Ferner ist es unzulässig, die Geräte auf der Kleinspannungsseite zu erden.

Zur Erzeugung der Schutzkleinspannung dienen Spielzeug- oder Klingeltransformatoren. Damit keine Spannung gegen Erde (Trafo-

Mitte der Station) überbrückt werden kann, müssen die Wicklungen des Transformators galvanisch voneinander getrennt sein. Beispielsweise **sind keine Spartransformatoren zu verwenden** (vgl. hierzu Abb. 15.1).

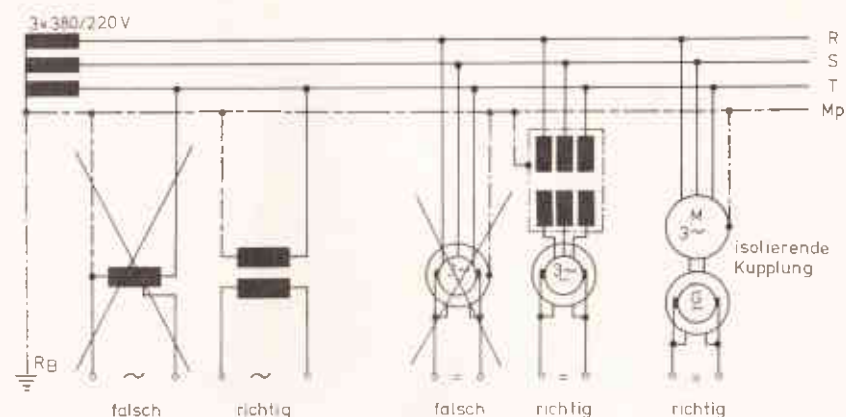


Abb. 15.1 — Zulässige und unzulässige Schaltungen für Schutzkleinspannung

Geräte zum Anschluß an Schutzkleinspannung gelten als Geräte der **Schutzklasse III**.

15.2.3. Schutztrennung

Die Schutztrennung wird vorwiegend bei elektromotorisch angetriebenem Arbeitsgerät, wie Naßschleifmaschinen, und im Kesselbau angewendet. Bei der DBP verwendet man die Schutztrennung beim Messen von Ableitströmen schutzisolierter Lötkolben. Die Schutztrennung stellt in der Form des **Trenntransformators** oder des Motor-Generators eine **galvanische Entkopplung** dar mit der Wirkung, daß auf der **Sekundärseite keine Spannung gegen Erde** auftritt. Damit dieser Schutz nicht unwirksam wird, **darf das auf der Sekundärseite angeschaltete Gerät auch nicht anderweitig geerdet werden**. Das Entstehen einer Berührungsspannung an einem elektrischen Gerät mit Schutztrennung ist daher nur möglich, wenn 2 Fehler gleichzeitig auftreten: einmal ein Erdschluß in der Zuführung oder ein Körperschluß in einer metallenen Steckvorrichtung und zusätzlich ein Körperschluß im Gerät (vgl. Abb. 15.2, linkes Bild).

Bei der Schutztrennung darf nur ein Verbraucher angeschlossen werden. Schaltet man mehrere Verbraucher an, dann könnten durch Erdschlüsse im sekundärseitigen „Netz“ an Geräten mit Körperschluß unzulässig hohe Berührungsspannungen auftreten. Die Schutzmaß-

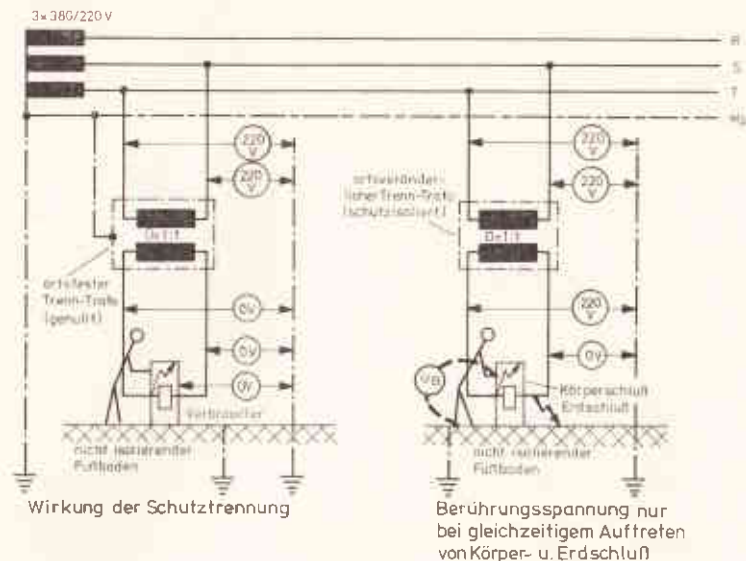


Abb. 15.2 — Schaltung nach Wirkungen der Schutztrennung

nahme Schutztrennung ist nur zulässig in Netzen bis 500 V. Die Nennspannung auf der Sekundärseite darf bei zweipoligen Verbrauchern nicht höher als **250 V**, bei dreipoligen Verbrauchern nicht höher als **380 V** sein. Der **Nennstrom** darf höchstens 16 A betragen.

Trenntransformatoren werden z. B. immer dann verwendet, wenn ein zu entstörendes Gerät bei der Fehlersuche aus Betriebsgründen nicht abgeschaltet werden kann, weil der Fehler im stromlosen Zustand oftmals nicht einzugrenzen ist.

15.2.4. Schutzerdung

Die Schutzerdung und die folgenden Schutzmaßnahmen können nur mit einem besonderen Leiter ausgeführt werden, der zwischen den zu schützenden leitfähigen Geräteteilen und einem geerdeten Punkt zusätzlich mitgeführt werden muß. Diesen Leiter nennt man **Schutzleiter**; er ist **grün-gelb** gekennzeichnet und **führt nur im Fehlerfall Strom**. Im Falle eines Körperschlusses schließt sich der Stromkreis, wie die Abb. 15.3 zeigt, über das Metallgehäuse des Verbrauchers, den Schutzleiter und den Erder zur geerdeten Trafo-Mitte der Umspannstation. Die Sicherung löst aus, und der Stromkreis ist unterbrochen. Am schadhaften Gerät mit einem Körperschluß kann keine Berührungsspannung entstehen.

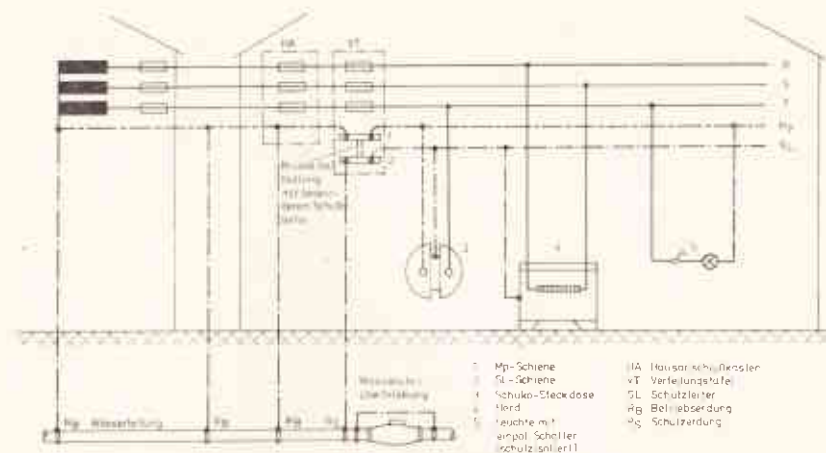


Abb. 15.3 — Schema einer Schutzerdung mit Rückfluß des Erdschlußstroms über das Wasserrohrnetz (Zähler und Unterverteilung nicht eingezeichnet)

Voraussetzung für die Stromkreisunterbrechung ist jedoch, daß der Schutzerdungswiderstand so klein ist, daß der zum Auslösen der Sicherung erforderliche Strom erreicht wird. Dazu muß man wissen, daß eine Sicherung erst bei einem Mehrfachen ihres Nennstroms innerhalb kurzer Zeit auslöst. Das Verhältnis von dem im Versuch festgestellten Auslösestrom zu ihrem Nennstrom wird mit k -Faktor bezeichnet. Schmelzsicherungen und Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) haben einen k -Faktor von 3,5, d. h., eine 10-A-Sicherung löst bei $10 \text{ A} \cdot 3,5 = 35 \text{ A}$ kurzzeitig aus. Die Haushalts-Leitungsschutzschalter (HLS-Schalter) arbeiten flinker; bei einem k -Faktor von 2,5 löst ein 10-A-Automat schon bei $10 \text{ A} \cdot 2,5 = 25 \text{ A}$ aus.

Außerdem ist bei der Schutzerdung zu beachten, daß bei einem Körperschluß-behafteten Gerät die Berührungsspannung höchstens 65 V (Effektivwert) betragen darf. Diese beiden Bedingungen bestimmen die höchstzulässigen Schutzerdungswiderstände in den Starkstromanlagen. Für einen 10-A-HLS-Automaten gilt:

$$R_{\text{Sch}} = \frac{U_B}{I_A}; I_A = I_{\text{Nenn}} \cdot k$$

$$R_{\text{Sch}} = \frac{U_B}{I_{\text{Nenn}} \cdot k} = \frac{65 \text{ V}}{10 \text{ A} \cdot 2,5} = 2,6 \Omega$$

In diesen Formeln bedeuten:

- R_{Sch} = Schutzerdungswiderstand
- U_B = Berührungsspannung
- I_A = Auslösestrom der Sicherung
- I_{Nenn} = Nennstrom der Sicherung
- k = Auslösefaktor

Um aber einen Schutzerdungswiderstand von $2,6 \Omega$ ohne Zuhilfenahme eines gut leitend durchverbundenen Wasserrohrnetzes zu erreichen, muß etwa $2 \times 50 \text{ m}$ feuerverzinkter Bandstahl in verschiedenen Gräben ausgelegt werden.

Mit höherer Absicherung ist also auch der Aufwand für Erdungsanlagen größer; deshalb sind die Einsatzmöglichkeiten der Schutzerdung begrenzt. Man wendet also besser andere Schutzmaßnahmen an, besonders auch deshalb, weil Erdungswiderstände jahreszeitlich schwanken und im Laufe der Zeit durch Korrosionserscheinungen unzulässig hohe Werte erreichen können.

Unterstellen wir, daß der zulässige Schutzerdungswiderstand in unserem vorigen Beispiel von $2,6 \Omega$ auf 4Ω ansteigt, dann wird bei einem Körperschluß-behafteten Gerät folgende Berührungsspannung anliegen:

$$U_B = I_A \cdot R_{Sch}$$

$$U_B = I_{Nenn} \cdot k \cdot R_{Sch}$$

$$U_B = 10 \cdot 2,5 \cdot 4 = 100; U_B = 100 \text{ V}$$

Damit sind die zulässige Berührungsspannung und der den Menschen gefährdende Strom um 50% größer geworden. Die Sicherung löst später aus, das Risiko eines elektrischen Unfalls ist größer geworden. Man erkennt, daß nur wenige Ω Widerstandserhöhung genügen, um bei der Schutzerdung im Fehlerfall von Geräten Berührungsspannungen entstehen zu lassen, die sogar in ungefährer Höhe der Nennspannung liegen können.

Erdungsanlagen müssen deshalb regelmäßig geprüft und die Erdwiderstandswerte gemessen werden. Wird zur Schutzerdung ein gut leitendes Wasserrohrnetz verwandt, dann braucht der Erdwiderstand nicht meßtechnisch nachgeprüft zu werden. Nur muß dann das EVU an möglichst vielen Stellen den geerdeten Sternpunkt mit dem Hauptwasserrohrnetz verbinden.

Geräte, die aus technischen Gründen oder mit Rücksicht auf den Kostenaufwand nicht anders als durch Schutzerdung zu schützen sind, werden mit **Schutzleiteranschluß** ausgeführt: Das Schutzzeichen ist ein Erdsymbol im Kreis:



Geräte mit diesem Zeichen gehören zur **Schutzklasse I**. Im Inneren dieser Geräte sind alle Teile, die beabsichtigt oder unbeabsichtigt berührt werden können, leitend miteinander verbunden. In unmittelbarer Nähe der Anschlußklemmen für den Netzanschluß muß auch die **Erdklemme** sein, an die der grün-gelbe Schutzleiter der Anschlußsnur angeschlossen wird.

Bei Verwendung von **Verlängerungsschnüren** ist darauf zu achten, daß diese **dreiadrig** sind und die **Kupplungs-Steckvorrichtungen Schutzkontakte** aufweisen. **Beim Anschluß der Geräte darf auf keinen Fall der Außenleiter mit dem Schutzleiter vertauscht werden**, weil sonst am Gehäuse die volle Netzspannung liegt. Niemals darf eine Schutzmaßnahme unwirksam gemacht werden. Bei der DBP werden die beweglichen und ortsfesten Geräte auf ihre **Schutzmaßnahme** hin regelmäßig **überprüft**.

15.2.5. Nullung

Von allen Schutzmaßnahmen ist die Nullung wohl die am meisten gebräuchliche. Voraussetzung sind jedoch das Vorhandensein eines

unmittelbar (starr) geerdeten Sternpunkts des Transformators und des Sternpunktleiters sowie die Erfüllung der sogenannten Nullungsbedingungen. Da der Sternpunktleiter zur Nullung verwendet wird, nennt man ihn auch **Nulleiter**.

Während bei der Schutzerdung der Fehlerstrom eines Körperschluß-behafteten Geräts über die Erdungsanlage oder Wasserleitung zur Trafo-Mitte geleitet wird (aus dem Körperschluß wird ein Erdschluß), fließt bei der Nullung der Fehlerstrom über den Nulleiter zur Trafo-Mitte. Aus dem Körperschluß wird ein Kurzschluß, der das Auslösen der Sicherung zur Folge hat. Gefährliche Berührungsspannungen können deshalb an fehlerhaften Geräten nicht auftreten. **Die Nullung ist heute nur noch mit besonderem Schutzleiter zulässig.**

Bei älteren Anlagen ist oftmals noch die Nullung ohne besonderen Schutzleiter vorhanden. Diese Nullung wird auch als **klassische Nullung** oder **kurze Nullung** bezeichnet. Da hierbei bei einer etwaigen Adernvertauschung die volle Netzspannung als Berührungsspannung auftreten kann, **darf diese Schutzmaßnahme heute nicht mehr verwendet werden.**

Die Nullung mit besonderem Schutzleiter ist die **sicherste Schutzmaßnahme**; sie wird auch „Nullung über stromlosen Leiter“ oder „Nullung mit dreiadriger Führung“ (nur bei Einphasen-Wechselstrom) genannt. Sie gewährleistet eine große Betriebssicherheit, weil Verschaltungen in der Anlage zwischen Außen- und Mittelleiter nicht zu Berührungsspannungen an schutzgenullten Geräten führen können.

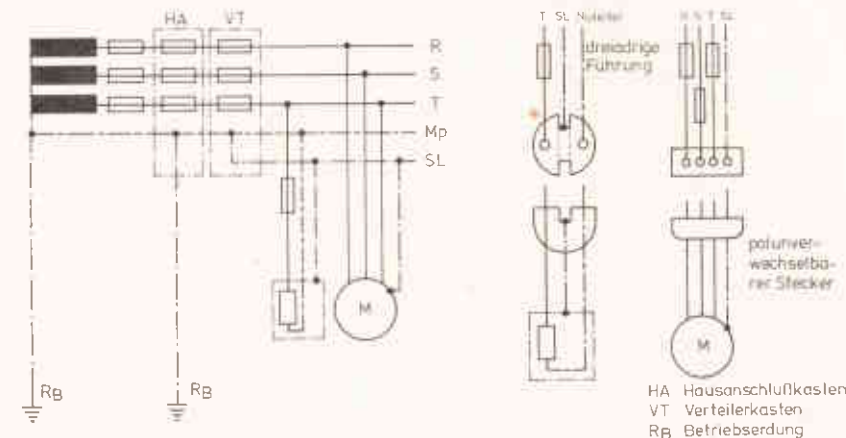


Abb. 15.4 — Beispiel für die Anwendung der Nullung mit besonderem Schutzleiter

Wie in der Abb. 15.4 dargestellt, werden alle Schutzleiter **zentral** in der Verteilertafel mit dem Nulleiter verbunden. Man erkennt das in Hausinstallationen sehr leicht, denn die Nulleiter (hellblau) und die Schutzleiter (grün-gelb) enden auf einer gemeinsamen Schiene. In

größeren Verteilungen enden die Nulleiter auf einer „Nulleiterschiene“ und die Schutzleiter entsprechend auf einer „Schutzleiterschiene“. Liegt zwischen der Nulleiterschiene und der Schutzleiterschiene **keine Verbindung**, dann wird eine andere Schutzmaßnahme angewendet. **Verbindet ein starker Kupferquerschnitt die beiden Schienen**, dann wird die Nullung mit besonderem Schutzleiter angewendet.

Ob die Nullung als Schutzmaßnahme anzuwenden ist, geben über den Rahmen der VDE 0100 hinaus die örtlich zuständigen EVU an. Den EVU sind ebenfalls besondere Auflagen gemacht, ehe in einem Netz die Nullung als Schutzmaßnahme angewendet werden darf. Unter anderem wird in den Nullungsbedingungen gefordert, daß in bestimmten Grenzen Außen- und Nulleiter leitwertgleich und der Gesamterdungswiderstand der Stations- und übrigen Betriebserder kleiner als 2 Ohm sein müssen.

15.2.6. Fehlerspannungs-Schutzschaltung

Im Falle einer auftretenden Berührungsspannung schaltet der Fehlerspannungs-Schutzschalter (FU-Schutzschalter) die Verbraucher allpolig innerhalb 0,1 s ab. Der Fehlerstrom wird über eine Schutzleitung zum FU-Schutzschalter und von dort über eine Hilfserdungsleitung zum Hilfsender abgeleitet (vgl. Abb. 15.5).

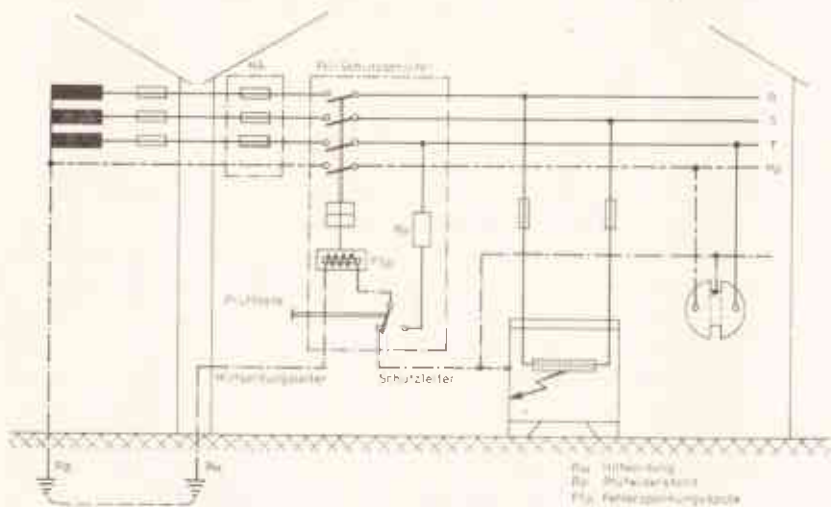


Abb. 15.5 — Beispiel einer FU-Schutzschaltung

Der Widerstand der Hilfserdung kann bis zu 200 Ω betragen (Abschaltung bei 24 V mit Rücksicht auf gefährdete Tiere), bei felsigem Untergrund sogar bis zu 800 Ω (Abschaltung bei 65 V Berührungsspannung).

spannung). Schutzleiter und Hilfserdungsleitung müssen gut isoliert und geschützt verlegt sein, damit die Spannungsspule nicht kurzgeschlossen und die Schutzmaßnahme nicht unwirksam wird. Die Hilfserdung muß mindestens 10 m von der Geräteerdung entfernt sein, sonst treten unzulässig hohe Berührungsspannungen an den zu schützenden Geräten auf. Da die Geräteerdung mit dem Hilfsender des FU-Schutzschalters einen Nebenschluß bildet, muß darauf geachtet werden, daß die Schutzschaltung nicht durch zu gute Geräteerdung, z. B. bei Pumpenanlagen, unwirksam wird. Die Schutzmaßnahme wird deshalb vor Inbetriebnahme geprüft.

15.2.7. Fehlerstrom-Schutzschaltung

Im Falle einer auftretenden Berührungsspannung schaltet der Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schutzschalter) die Verbraucher allpolig innerhalb 0,2 s ab.

In der Ausgangswicklung des Differential-Stromwandlers wird die zur Auslösung des Schalters erforderliche Spannung erzeugt.

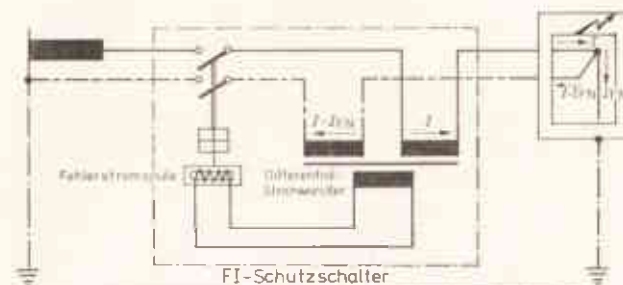


Abb. 15.6 — Prinzipielle Wirkungsweise der FI-Schutzschaltung

Bei fehlerfreiem Betrieb heben sich die elektromagnetischen Felder in den Primärwicklungen der gleich großen hin- und rücklaufenden Ströme auf. Es kann somit in der Sekundärwicklung keine Spannung erzeugt werden. Bei einem Körperschluß wird der rückfließende Strom um den Betrag des Fehlerstroms, der über die Geräteerdung abfließt, vermindert. Der Eisenkern des Wandlers wird durch die Größe dieses Differenzstroms magnetisiert, der Schalter löst aus (vgl. Abb. 15.6 und 15.7).

Wie beim FU-Schutzschalter ist die Funktion der Schalter durch Betätigung einer Taste prüfbar. Es gibt FI-Schutzschalter mit 0,03 A, 0,3 A und 0,5 A Auslösestrom. Dieser Nennfehlerstrom bestimmt mit der zulässigen Berührungsspannung den maximalen Erdungswider-

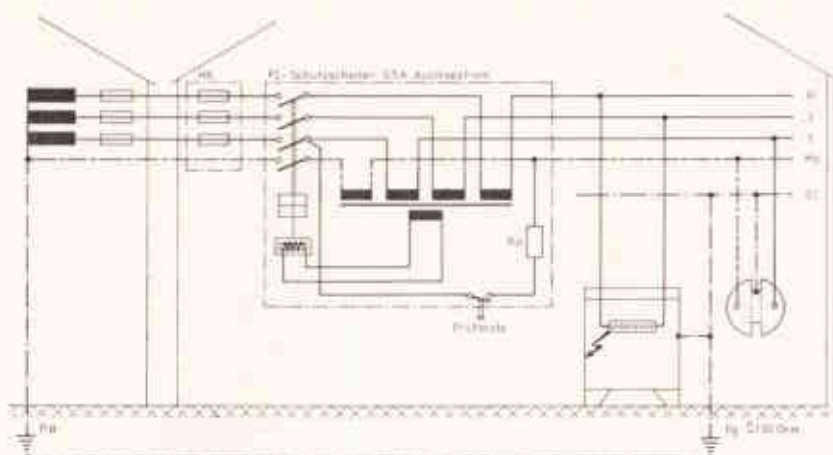


Abb. 15.7 — Beispiel einer FI-Schutzschaltung ($I_{FN} = 0,5 \text{ A}$)

stand der geschützten Geräte. Für den FI-Schutzschalter 0,5 A Nennfehlerstrom (I_{FN}) gilt:

$$R_E = \frac{U_{Bzul}}{I_{FN}}$$

$$R_E = \frac{65 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = 130 \Omega$$

In dieser Formel bedeuten:

- R_E = Erdungswiderstand
- U_{Bzul} = zulässige Berührungsspannung
- I_{FN} = Fehlernennstrom

Dieser Wert ist ohne nennenswerten Aufwand zu erreichen; bereits ein Erderstab, der etwa 1 m tief in das feuchte Erdreich getrieben ist, erfüllt die Forderung. Die DBP verwendet die FI-Schutzschaltung z. B. in unbemannten Verstärkerstellen, die an Netzausläufer der EVU angeschlossen werden. In diesen Fällen ist der Schleifenwiderstand für Schutzerdungen so hoch, daß die Überstromschutzorgane nicht auslösen können.

15.2.8. Schutzleitungssystem

Diese Schutzmaßnahme wird nur in gewerblichen Betrieben mit eigener Stromversorgung und beweglichen Stromerzeugungsanlagen angewendet. Eine zu hohe Berührungsspannung wird dadurch verhindert, indem man die zu schützenden Verbraucher untereinander

und mit Erden verbindet. Der Sternpunkt ist „offen“ geerdet, d. h., der Sternpunkt liegt über eine Schutzfunkenstrecke an Erde, die im Fehlerfall verschweißt und damit eine leitende Verbindung zur Erde herstellt.

Für diese Schutzmaßnahme sind Überwachungseinrichtungen vorgeschrieben, die den Isolationszustand sowie das Ansprechen der Sicherungen bzw. der Schutzfunkenstrecke optisch oder akustisch signalisieren.

15.3. Wertung der Schutzmaßnahmen

Häufig wird den Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung nicht genügend Aufmerksamkeit gewidmet, weil die elektrischen Geräte, Maschinen und Anlagen allgemein auch ohne sie betrieben werden können. Da aber im Falle des Zusammentreffens mehrerer Fehler in elektrischen Anlagen schon bei relativ niedrigen Spannungen an den der Berührung zugänglichen Teilen erhebliche Gefährdungen entstehen können, muß auf die **sorgfältige Beachtung der vorgeschriebenen Schutzmaßnahmen** besonderer Wert gelegt werden.

Die Schutzmaßnahmen sind nicht ohne weiteres gegen andere austauschbar; ihre Wirksamkeit ist an bestimmte Voraussetzungen gebunden, die zum Teil entweder dem EVU oder dem Benutzer der Anlage erhebliche Kosten verursachen. Der Berührungsspannungsschutz bietet dementsprechend lediglich den unbedingt erforderlichen Schutz bei wirtschaftlich vertretbarem Aufwand. Um die darüber hinaus bestehenden Unfallgefahren gering zu halten, muß man für jeden Anwendungsbereich die verschiedenen Möglichkeiten der Schutzmaßnahmen gegeneinander abwägen und den besten Spannungsschutz anwenden.

15.3.1. Schutzisolierung

Soweit die Konstruktion und die verwendeten Werkstoffe der Geräte keine Mängel aufweisen, ist die Schutzisolierung ein **sicherer Spannungsschutz**. Diese Schutzmaßnahme ist allen anderen vorzuziehen, weil Berührungsspannungen am Gerät überhaupt gar nicht erst auftreten können. Die Schutzisolierung wird daher bei vielen elektrischen Geräten angewendet.

15.3.2. Schutzkleinspannung

Die Kleinspannung ist ein ebenfalls **sicherer Spannungsschutz**. Jedoch ist diese Schutzmaßnahme mit sehr hohen Kosten für Schutztransformatoren bzw.

Umformer verbunden. Wegen des erhöhten Kostenaufwands ist kaum zu erwarten, daß diese wirkungsvolle Schutzmaßnahme weit mehr als zwingend vorgeschrieben angewendet wird. Die weitere Anwendung der Schutzkleinspannung sollte jedoch zum Schutz der Benutzer stärker angestrebt werden.

15.3.3. Schutztrennung

Der Vorteil der Schutztrennung liegt bei sachgemäßer Anwendung in der erheblichen Verminderung der Fehlerfallwahrscheinlichkeit. Nachteilig wirken sich ebenso wie bei der Schutzkleinspannung die durch die Betriebsbedingungen gegebenen hohen Kosten für Trenntransformatoren und die geringe Anschlußmöglichkeit von Verbrauchern (kein „Netz“ zulässig) aus.

15.3.4. Schutzerdung

Ihre Betriebssicherheit hängt weitestgehend von einer sorgfältigen Installation der Schutzerdungsleitungen und einem gut geerdeten Wasserrohrnetz ab. Nicht überbrückte Wasserühren, jahreszeitlich schwankende Erdungswiderstände usw. verursachen unzulässig hohe Berührungsspannungen an körperschlußbehafteten Geräten. Netze mit dieser Schutzmaßnahme müssen deshalb auch während des Betriebs regelmäßig meßtechnisch geprüft werden. Darüber hinaus ist die Schutzerdung im Normalfall mit einfachen Mitteln ohne großen Kostenaufwand herzustellen. Bei guten Erdungsverhältnissen ist sie sicher und zuverlässig.

15.3.5. Nullung

Von allen Schutzmaßnahmen bei Systemen mit starr geerdetem Mittelpunkt ist die Nullung nicht nur äußerst sicher, sondern auch für den Energieverbraucher billig und einfach einzurichten. Soweit erdverlegte Rohranlagen in die Nulleiteranlage mit einbezogen werden, ist die Nullung ein sicherer Schutz gegen zu hohe Berührungsspannungen. Allerdings muß vorausgesetzt werden, daß die EVU die Einhaltung der Nullungsbedingungen gewährleisten. Zwar werden die EVU hierbei einseitig zu beachtlichem Kostenaufwand verpflichtet, doch ist damit auch sichergestellt, daß die Schutzmaßnahmen ordnungsgemäß eingerichtet und auch laufend überprüft werden.

15.3.6. FU-Schutzschaltung

Die FU-Schutzschaltung stellt eine technisch und wirtschaftlich günstige Schutzmaßnahme dar, wenn andere Schutzmaßnahmen nicht angewendet werden können. Das sichere Funktionieren der FU-Schutzschaltung hängt jedoch von einer Reihe durchgeführter Maßnahmen ab, die die Hilfserdung und das Verhindern der Überbrückung der FU-Spule betreffen. Insofern ist die FI-Schutzschaltung der FU-Schutzschaltung vorzuziehen.

Die FU-Schutzschaltung wurde in den dreißiger Jahren eingeführt und wird heute wegen ihrer Betriebsbedingungen nur noch selten angewendet, z. B. wenn in genullten Netzen der Nulleiter überwacht werden muß. Das ist in den Ortsnetzen notwendig, in denen die Nullungsbedingungen nur teilweise eingehalten werden können. Da die FI-Schutzschaltung zusätzlich zum Berührungsspannungsschutz auch Schutz vor Erdschlüssen bietet, wird sie der FU-Schutzschaltung in häuslichen und industriellen Verbraucheranlagen vorgezogen.

15.3.7. FI-Schutzschaltung

Die FI-Schutzschaltung ist außerordentlich einfach einzurichten und schließt hinsichtlich des Erdschlußschutzes, der z. B. bei der FU-Schutzschaltung nicht erfaßt wird, eine Lücke. Die FI-Schutzschaltung ist daher in ihrer Anwendung universeller als die FU-Schutzschaltung. Beiden ist jedoch gemein, daß durch allpoliges Abschalten das Verschleppen von Berührungsspannungen wirksam verhindert wird.

15.3.8. Schutzleitungssystem

Das Schutzleitungssystem kann nur bei kleineren Anlagen angewendet werden, weil bei größerer Ausdehnung der Netze die angezeigten Isolationsfehler nicht schnell genug beseitigt werden können. Da aber in der Praxis Doppelerdschlüsse nicht ausgeschlossen sind, müssen in diesen Fällen zwangsläufig an den Betriebsmitteln zu hohe Berührungsspannungen auftreten. Die Schutzmaßnahme Schutzleitungssystem ist daher für den Betrieb nicht sicher genug.

16. Installationen im Niederspannungsnetz

16.1. Leitungsnetz

Bei jedem Starkstromversorgungsnetz unterscheidet man die Begriffe Leitungsnetz, Verteilungsnetz und Verbraucheranlage.

Das **Leitungsnetz** umfaßt die Gesamtheit aller Leitungen vom Stromerzeuger bis zum Stromverbraucher. Es setzt sich zusammen aus Verteilungsnetz und Verbraucheranlage.

Das **Verteilungsnetz** umfaßt die Gesamtheit aller Leitungen vom Stromerzeuger bis zum Hausanschlußkasten.

Die **Verbraucheranlage** umfaßt alle Leitungen und Betriebsmittel hinter dem Hausanschlußkasten oder einer ähnlichen Einrichtung.

16.2. Verteilungen

Verteilungen im Niederspannungsnetz werden unterschieden nach Haus- und Industrieverteilungen, wobei die letzteren nur durch vielfältigere Abstufung (Unterverteilungen, Querschnitte) und Absicherung gekennzeichnet sind. Die **Hausverteilungen** bestehen aus dem Hausanschlußkasten, der Steigeleitung und der Verteilungstafel mit dem Zähler. Bei unterirdischer Einführung wird der Hausanschlußkasten in einen besonderen Hausanschlußkeller oder in den Treppenhauuskeller gelegt. Der Raum muß trocken und zugänglich sein. Wegen der Möglichkeit unkontrollierter Stromentnahme ist der Hausanschlußkasten plombiert. Er enthält die Hauptsicherungen (träge Sicherungen) und bei Nullung eine Verbindung zur geerdeten Wasserleitung. Bei Freileitungsanschluß erfolgt die Einführung über Dachständer oder als Giebeleinführung.

Vom Hausanschluß führt die **Steigeleitung** mit Abzweigungen zu den Zähler- und Verteilungstafeln. Die Zählertafeln sind genormt. Ihre unterschiedlichen Größen lassen die üblichen Bestückungen zu. In größeren Hausverteilungen sind Zählertafel und Verteiler kombiniert (vgl. Abb. 16.1).

16.3. Installationsleitungen

16.3.1. Anforderungen und Normung

Isolierte Leitungen und Kabel werden in kaum überschaubarer Vielfalt angeboten und verwendet. Sie werden hinsichtlich der Nennströme, Nennspannungen, Verlegearten, der mechanischen, thermi-

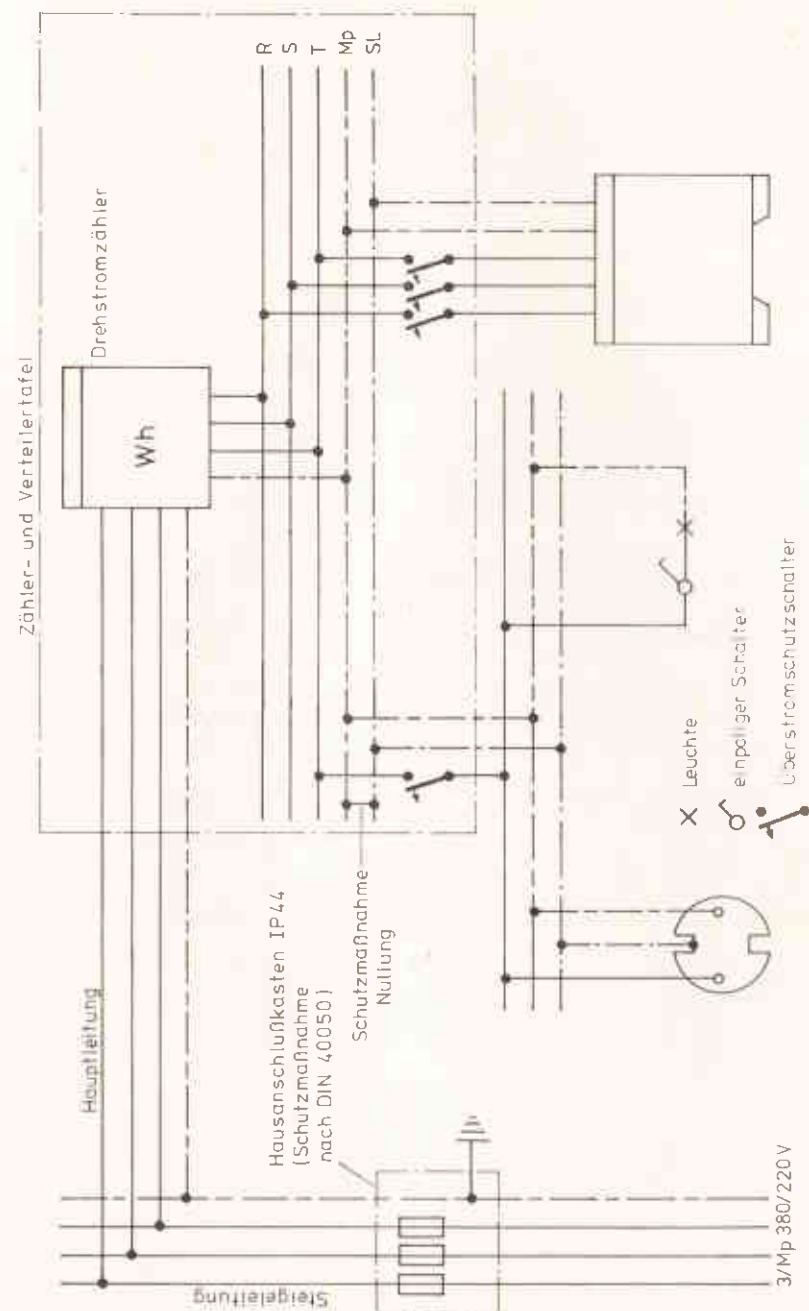


Abb. 16.1 — Ausschnitt einer Hausverteilung

schen und chemischen Anforderungen an das Isoliermaterial unterschiedlich belastet und eingesetzt. Um den jeweiligen Anforderungen und den Sicherheitsbedingungen zu genügen, sind die isolierten Leitungen nach VDE-Bestimmungen genormt, eingeteilt und gekennzeichnet. Die Vorschriften hierüber sind im wesentlichen in der VDE 0250 und in einer Reihe von DIN-Normen enthalten. Eine Kurzfassung ist auch in der VDE 0100 wiedergegeben.

16.3.2. Kennzeichnung von Adern und Mänteln

Leitungen und Kabel, die den Prüfbestimmungen des VDE entsprechen, führen einen schwarz-roten VDE-Kennfaden und einen Firmenkennfaden des Herstellers. Bei **einadrigen** kunststoffisolierten Leitungen werden die Mäntel in der Längsrichtung mit einem in kurzen Abständen folgenden Aufdruck des Firmen- und VDE-Kennzeichens versehen.

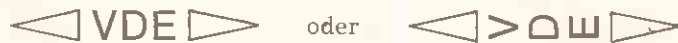


Abb. 16.2 — VDE-Kennzeichen zum Anbringen auf Leitungen

Um Außenleiter, Mittelleiter oder Nulleiter und Schutzleiter schon äußerlich unterscheiden zu können, sind die Aderisolationen farblich gekennzeichnet.

Tabelle 16.1: Kennzeichnung der Adern in mehradrigen Leitungen

Verlegungsart	Anzahl der Adern	Leitungen mit grüngelb gekennzeichneter Ader (Kurzzeichen „I“)	Leitungen ohne grüngelb gekennzeichneter Ader (Kurzzeichen „O“)
Für feste Verlegung	2	gnge/sw	sw/hbl
	3	gnge/sw/hbl	sw/hbl/br
	4	gnge/sw/hbl/br	sw/hbl/br/sw
	5	gnge/sw/hbl/br/sw	sw/hbl/br/sw/sw
Für flexible Leitungen	2	—	sw/hbl
	3	gnge/br/hbl	sw/hbl/br
	4	gnge/sw/hbl/br	sw/hbl/br/sw
	5	gnge/sw/hbl/br/sw	sw/hbl/br/sw/sw
	6 und mehr	gnge/weitere Adern sw mit Zahlenaufdruck	Adern sw mit Zahlenaufdruck
Abkürzungen: gnge = grüngelb hbl = hellblau sw = schwarz br = braun			

Tabelle 16.2: Kennbuchstaben für Leitungen

Kurzzeichen	Bedeutung	Kurzzeichen	Bedeutung
N	genormte Leitung	B	beweglich
Y	Kunststoffisolierung	W	wetterfest
I	Stegleitung	Z	Zugentlastung
M	Mantelleitung		Zinkmantel
	mittlere Ausführung	w	wärmebeständig
R	Rohrdraht	fl	flach
G	Gummiisolation	rd	rund
A	Ader	U	Umhüllung
	Aluminium		
L	leichte Ausführung	e	eindrätig
	Leuchtröhrenleitung		
S	schwere Ausführung	m	mehrdrätig
F	feindrätig	ö	öl- und benzinbeständig
		u	flammwidrig, hitzefest

Beispiel: NYRAMA (Rohrdraht)

N = Normleitung
Y = Kunststoff
R = Rohrdraht
A = Ader
M = Mantelleitung
A = Aluminiummantel

Kabelbild



gefalzter Aluminiummantel

Grüngelb

ist grundsätzlich für den Schutzleiter und für den Nulleiter, soweit er Schutzleiterfunktion ausübt, vorbehalten.

Hellblau

ist für den Mittelleiter vorgeschrieben.

Übrige Farben

geben Außenleiter an.

Die Tabellen 16.1 bis 16.3 geben für mehradrige festverlegte und bewegliche Leitungen die vorgeschriebenen Farbfolgen an.

Der Aufbau der Leitungen und Kabel ist mit Kombinationen von Buchstaben-Kurzzeichen festgelegt, deren Bedeutung in den Tabellen einschließlich dem Anwendungsbereich der Leitungen mit Nennwerten angegeben ist.

16.4. Leitungsverlegung

16.4.1. Planung und Verlegungsarten

Bei allen Planungen für Elektro-Installationen ist zu berücksichtigen, daß das Netz auch für den künftigen Energiebedarf bemessen sein

Tabelle 16.3: Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Geräte

Bezeichnung	Kurzzeichen	Nennspannung	Aderzahl	Querschnitt mm ²	Verwendung			
					trockene Räume	feuchte Räume	im Freien	
Gummischlauchleitungen	NLH	380	2—4	0,5; 0,75	×			für leichte Geräte bei geringer mechanischer Beanspruchung
	NMH	500	1—7	0,75—4	×	×	×	für größere Geräte bei mittlerer mechanischer Beanspruchung
	NSHou	1000	1—7	1,5—400	×	×	×	für schwere Geräte bei hoher mechanischer Beanspruchung
Kunststoffschlauchleitungen	NYLHYrd	380	2—4	0,5; 0,75	×			für leichte Handgeräte bei geringer mechanischer Beanspruchung
	NYLHYA	380	2—3	0,5; 0,75	×			
	NYMHYrd	500	2—7	0,75—2,5	×	×	×	für Werkstatt- u. landwirtschaftliche Geräte bei mittlerer mechanischer Beanspruchung
	NYMHYA	500	2	0,75	×	×		
Zwillingsleitung Drillingsleitung	NYZ NYD	380 380	2 3	0,5; 0,75 0,5; 0,75	×			für Kleinverbraucher (keine Wärmegeäte) bei geringer mechanischer Beanspruchung
Leitung mit Flamm- und Wärmeschutz	NHU	380	2—3	1,0—1,5	×			für Kleingeräte z.B. Heizkissen, Heizdecken

Tabelle 16.4: Leitungen für feste Verlegung

Bezeichnung	Kurzzeichen	Nennspannung V	Aderzahl	Querschnitt mm ²	Verlegung								Verwendung
					unter Putz	im Putz	auf Putz	über Putz	in Rohren	im Freien	trockene Räume	feuchte Räume	
Kunststoffaderleitung	NYA	1000	1	0,5—16 e				×	×		×		Verdrabtung in Maschinen und Schaltanlagen, Erdungsleitungen
	NYAF	1000	1	16—400 m				×	×		×		
Kunststofffassungsfassungsadern	NYFA	380	1—4	0,5—0,75									für Leuchten
	NYFAF	380	1—4	0,5—0,75									
Stegleitungen mit Gummihülle	NYIF	380	2—5	1,5; 2,5; 4	×	×					×		zeitgemäße Hausinstallation überwiegend vor Verputz von Bauten
	NYIFY	380	2—5	1,5; 2,5; 4	×	×					×		
Mantelleitungen	NYM	500	1—5	1,5—35	×	×	×			×	×	×	universell verwendbare Installationsleitung vorwiegend nach Verputz von Bauten
	NYRUZY	500	2—5	1,5—2,5	×			×					
Rohrdrähte	NYRUZY	500	2—5	1,5—2,5	×			×		×	×	×	ältere Installationen

muß. Nur so können spätere kostspielige Erweiterungen vermieden und die angeschlossenen Geräte ohne Gefahr betrieben werden.

Bei größeren Installationen stellt man zunächst einen Lageschaltplan und eine Stückliste her, die die benötigten Kabel, Schalter, Dosen, Betriebsmittel wie Leuchten usw. und die Befestigungsmittel enthält. Die Tabelle 16.5 gibt für die verschiedenen Verlegungsarten die Mindest-Leiterquerschnitte an.

Tabelle 16.5: Mindest-Leiterquerschnitte für Leitungen

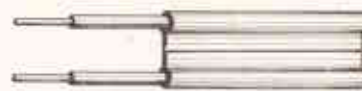
Verlegungsart	Mindest- querschnitt mm ² (Cu)
feste, geschützte Verlegung	1,5
Leitungen in Schalt- und Verteilungsanlagen bei Stromstärken	
bis 2,5 A	0,5
über 2,5 A bis 16 A	0,75
über 16 A	1,0
bewegliche Leitungen für den Anschluß von leichten Handgeräten bis 1 A Stromaufnahme und bis 2 m Anschluschnurlänge	0,1
Geräten bis 2,5 A Stromaufnahme und bis 2 m An- schluschnurlänge	0,5
Geräten bis 10 A Stromaufnahme für Gerätesteck- und Kupplungsdosen bis 10 A Nennstrom	0,75
Geräten über 10 A Stromaufnahme, Mehrfachsteck- dosen, Gerätesteckdosen und Kupplungsdosen mit mehr als 10 A bis 16 A Nennstrom	1,0

Für die Leitungsverlegung in unverputzten Bauten bietet sich die Installation von **Stegleitungen** (NYIF) an. Wenn der Energiebedarf noch nicht bekannt ist oder wechseln kann, ist die Einrichtung eines **Elektrohrnetzes** zweckmäßig. In bereits verputzten Bauten oder bei nachträglicher Installation können die Verlegearten **auf Putz** und **im Putz** gewählt werden. Für beide Fälle verwendet man vornehmlich **Mantelleitungen** (NYM). Zwar eignet sich grundsätzlich auch die Stegleitung für eine nachträgliche Verlegung im Putz, nur sind dann entsprechend breitere Schlitze an Wänden und Decken vorzusehen als bei Verwendung von NYM-Kabel. Für Großraumbüros, Werkstätten und Labors werden heute vielfach **Unterfluranschlüsse** vorgesehen. Hierzu werden vor der Estrichaufbringung Stahlblech- oder Kunststoffkanäle mit Unterflurgeräte- und Zugdosen verlegt.

16.4.2. Verlegen von Stegleitungen

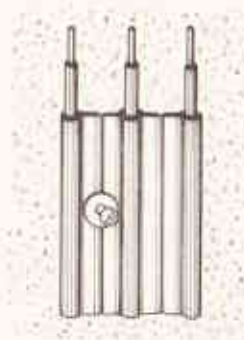
Stegleitungen sind nur in trockenen Räumen, aber nicht in Holzhäusern und landwirtschaftlichen Betrieben zu verwenden. Die Verlegung beginnt mit der Anzeichnung der Leitungsführung.

Bei der Leitungsverlegung ist zu beachten, daß die Leitungsführung an den Wänden senkrecht bzw. waagerecht ist; vom Fußboden und von der Decke

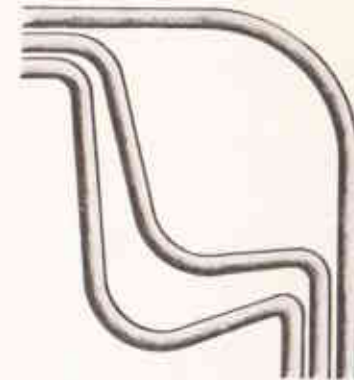


**Abb. 16.3 — Stegleitung mit Gummi-
umhüllung (NYIF)**

weder heftet man sie mit Gipsplaster an oder drückt sie in Bandschellen, die alle 25 cm auf den Leitungszug genagelt werden, oder befestigt sie einfach mit Nagelstiften.



**Abb. 16.4 — Stegleitung mit
Nagelstift und Isolier-
scheibe auf Rohbau-
wand befestigt**



**Abb. 16.5 — Stegleitung im Bogen
geführt**

Den Stiftköpfen sind isolierende Scheiben unterlegt. Wenn der Nagel in die Rille der Stegleitung eingeschlagen wird, benutzt man zur Vermeidung von Beschädigungen der Isolation den Schlagdöpper. In Leitungsbögen muß der Steg in Längsrichtung aufgeschnitten werden und die innere Ader (oder Adern) im spiegelsymmetrischen Bogen zum äußeren verlegt werden (vgl. hierzu Abb. 16.5).

Für die Dosen müssen Dübel (Upat- oder Fischer-Dübel) gesetzt werden. Die Löcher hierfür werden normalerweise mit einer Schlagbohrmaschine bei Verwendung von Steinbohrern (Widia-Bohrer) hergestellt. Im Einzelfall wird das Loch von Hand geschlagen. Die Leitungsenden in Dosen läßt man möglichst lang, damit eine Reserve zum Nachsetzen besteht, so daß mehrfach angeschlossen werden kann. Zur Vermeidung von Spannungsverschleppungen müssen die Dosen aus Isolierstoff bestehen. Unter Spannungsverschleppung versteht man den unerwünschten Spannungsübertritt von einem Anlagenteil zu anderen Teilen, mit der Wirkung, daß diese selbst die Spannung annehmen und sie somit „verschleppen“.

16.4.3. Verlegen von Mantelleitungen

Soweit Mantelleitungen (vgl. hierzu Abb. 16.6) nachträglich im Putz verlegt werden, gilt hinsichtlich der Leitungsführung der vorhergehende Abschnitt.



Abb. 16.6 — Mantelleitung (NYM)

Abb. 16.7 — Leitungsverlegung
auf Putz mit Schellen

Zunächst wird mittels Schnurschlag der Leitungszug angezeichnet. Hierzu wird eine zwischen zwei Stiften gespannte eingefärbte Schnur benutzt, die man an die Wand anschlagen läßt. Vorhandene Tapete wird mit einem scharfen Messer eingeschnitten und vorsichtig abgehoben. Der Schlitz im Putz wird sauber und gerade, wenn man zum Anlegen ein Brett mit gerader Kante oder einfach einen Besenstiel benutzt. Zum Beiputzen wird für trockene Räume Gips angemacht. In eine Gummimulde wird Wasser gefüllt, Gips hinzugegeben und vom Gefäßrand nur die benötigte Gipsmenge entnommen, während die übrige Gipsmenge nicht umgerührt wird. Mit dem Spachtel drückt man den Gips in den zuvor angefeuchteten Schlitz, in den die Leitung gebettet ist, und glättet nach.

Mantelleitungen auf Putz werden mit einlappigen Schellen befestigt. Bei waagerechter Führung werden die Schellen so angeordnet, daß die Leitung getragen wird, d. h., die Schellenlappen liegen unter der Leitung (vgl. hierzu Abb. 16.7).

16.5. Installationen zum Anschluß ortsveränderlicher Geräte

Leitungen und Steckverbindungsmittel zum Anschluß ortsveränderlicher Geräte unterliegen im allgemeinen ungleich stärkeren mechanischen Belastungen als feste Installationen. Arbeiten an beweglichen Verbrauchern werden zudem auch häufig von fachlichen Laien ausgeführt. Um einem großen Teil der Gefahren durch unsachgemäße Installation ortsveränderlicher Geräte zu entgehen, sollen die wichtigsten Grundsätze hierfür zusammengefaßt werden.

Leitungstyp und Leiterquerschnitt der Adern werden entsprechend dem Verwendungszweck Tabellen entnommen (vgl. hierzu Tabelle 16.3 und 16.5). Dabei ist zu beachten, ob die anzuschließenden Geräte der Schutzklasse I (Schutzerdung → mit Schutzleiter) oder II (Schutzisolation → ohne Schutzleiter) angehören. Dieser Hinweis ist in Symbolform auf den Geräten angegeben, meistens auf dem Typenschild.

Die Richtung des Energieflusses im Leitungszug muß so eingehalten werden, daß **keine freiliegenden Stifte unter Spannung** geraten und berührt werden können.

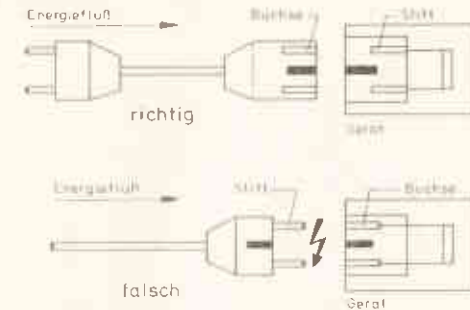


Abb. 16.8 — Stecker und Steckdosen im Leitungszug

Im Handel sind leider häufig noch **unzulässige Steckverbindungsmittel** erhältlich. Unter die unzulässigen Steck- und Schraubverbindungsmittel fallen alle Steckvorrichtungen in Verbindung mit Lampensockeln oder Fassungen und Abzweigstecker mit und ohne Schutzkontakten. Die Zweifach- und Dreifach-Abzweigstecker mit Schutzkontakt dürfen deshalb nicht mehr verwendet werden, weil durch das Gewicht des Steckers mit mehreren Schlauchleitungen der Abzweigstecker nach unten gezogen wird. Dabei werden die Schutzkontakte der Steckdose im Laufe der Zeit zu sehr gespreizt. Wenn dann andere Stecker in die Steckdose geführt werden, reicht unter Umständen der Kontaktdruck am Schutzkontakt nicht mehr zu einer elektrisch gut leitenden Verbindung des Schutzleiters aus. Im Körperschlußfalle bleibt die Berührungsspannung am Gerät stehen. Die unzulässigen Steck- und Schraubverbindungsmittel dürfen deshalb **nicht** mehr benutzt werden. Aus dem gleichen Grund darf an einen Stecker auch nur **eine** ortsveränderliche Leitung angeschlossen werden.

Beim Anschluß ortsveränderlicher Geräte ist auf **Zugentlastung** der Anschlußstellen zu achten. Die Leitung muß so geführt sein, daß sie sich nicht **verdrehen** oder der Mantel **abgestreift** werden kann. Im Steckergehäuse werden Zugentlastung und Verhinderung gegen Verdrehung durch die Abspannklemme bewirkt.

An den Einführungsstellen in Geräten bzw. Steckvorrichtungen werden zum **Knickschutz** Tüllen aus nichtleitendem plastischem Material verwendet. Drahtwendeln sind nicht zulässig. In den Steckern und Steckdosen werden die **Schutzleiter 1 cm länger abgesetzt**, damit sich im Falle einer übermäßigen Zugbeanspruchung **zuerst Außenleiter und Mp lösen und zuletzt der Schutzleiter** abreißt. Somit wird das Auftreten einer möglichen Berührungsspannung an einem sonst betriebsfähigen Gerät verhindert.

Mehrdrähtige Leiter werden gegen Abreißen einzelner Drähte gesichert, indem man sie in besondere Klemmen quetscht, Kabelschuhe anlötet, Ringösen herstellt oder die abisolierten Leiterspitzen ver-

lötet (vgl. Abb. 16.9). Verbindungsschnüre neigen oftmals nach jahrelangem oder intensivem Gebrauch zu Aderbruch. Ein bestimmter **Aderbruch**, nämlich der des **Schutzleiters**, ist besonders gefährlich. Man bemerkt ihn nicht, weil das Gerät auch ohne Schutzleiter benutzt werden kann.

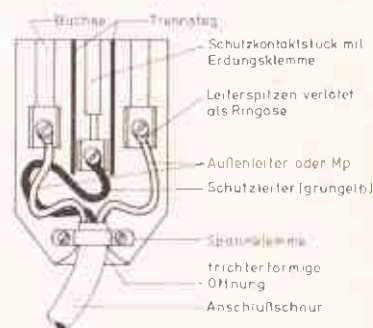


Abb. 16.9 — Beispiel für Zugentlastung, Verdrehung und trichterförmige Einführung

Bei Aderbruch des Außenleiters oder des Mp in einer betriebsbedingt bewegten Leitung kommt es zu zeitweilig auftretenden oder gänzlichen **Stromunterbrechungen**. An der Aderbruchstelle schmort die Leitung häufig durch, und als Folge sind ein Zimmer- oder Hausbrand nicht auszuschließen.

Um sich vor Schadenhaftung zu bewahren, muß man wissen, daß die in Anspruch genommenen Versicherungen die Haftung immer dann ablehnen, wenn durch **unsachgemäße Installation** Schäden entstanden sind. Wird **Leichtsinn** nachgewiesen, erkennen die Gerichte regelmäßig auf **Mithaftung** des Betreibers. Die VDE-Vorschriften werden allgemein wie geltendes Recht behandelt, d. h., jeder, der entgegen den VDE-Vorschriften Arbeiten ausführt, ist für den Schaden haftbar, der sich aus der Nichtbeachtung der Vorschriften ergibt.

Von Zeit zu Zeit sollten auch im privaten Bereich die Anschlußschnüre kontrolliert werden. Fehler durch Aderbruch an typischen Stellen, wie z. B. bei Geräteeinführungen, behebt man durch entsprechendes Verkürzen der Geräteanschlußschrur, in allen anderen Fällen empfiehlt sich das Auswechseln der Leitung.

16.6. Schutzarten elektrischer Verbraucher

Elektrische Verbraucher müssen je nach ihrem Verwendungsort in einer bestimmten **Schutzausführung** gebaut sein; eine Wandleuchte aus dem Wohnzimmer eignet sich sicherlich nicht für die Verwendung als Leuchte im Freien. Daher schreibt die VDE 0100 für Verbraucher in feuchten Räumen beispielsweise **tropfwassergeschützte** Ausführungen.

Tabelle 16.6: Geräteschutzarten

Kurzzeichen	Schutzart-symbol	Schutzumfang	Verwendung
JP 00	ohne	ungeschützt	in trockenen Räumen
JP 11		tropfwassergeschützt gegen senkrecht auf-fallende Tropfen	feuchte und feucht-warme Räume, über-dachte Orte im Freien
JP 23		regengeschützt Schutz gegen Wassertropfen von oben bis zu 30° über der Waage-rechten	Anlagen im Freien
JP 34		spritzwassergeschützt Schutz gegen Wassertropfen aus allen Rich-tungen	Orte im Freien Duschecken
JP 55		strahlwassergeschützt Schutz gegen Wasserstrahl aus allen Rich-tungen	nasse, durchtränkte Räume
JP 56		wasserdicht Schutz gegen Eindrin-gen von Wasser ohne Druck	nasse und durchtränkte Räume unter Wasser ohne Druck
JP 67		druckwasserdicht Schutz gegen Eindrin-gen von Wasser bei einem Druck von 10 atü	stark durchtränkte Räume unter Wasser mit Druck
JP 54		staubgeschützt Schutz gegen Eindrin-gen von Staub ohne Druck	Räume mit nicht brennbaren Stäuben
JP 65		staubgeschützt Schutz gegen Eindrin-gen von Staub unter Druck	Räume mit brennbaren Stäuben
		hitzebeständig	Einbaustellen mit Temperaturen über 60 °C
		schlagwettergeschützt	Bergbau unter Tage
		explosionsgeschützt	für alle explosions-gefährdeten Orte

rung, für Leuchten im Freien **regengeschützte**, in Duschecken **spritzwassergeschützte** und in durchtränkten Räumen **strahlwassergeschützte** Ausführung vor. Diese Schutzarten werden auf den Betriebsmitteln in Symbolform angegeben (vgl. Tabelle 16.6 „Geräteschutzarten“).

Nach DIN 40050 sind die Schutzarten klassifiziert. Man gibt sie durch **zwei stets gleichbleibende Buchstaben IP** (bisher P) und **zwei Ziffern** für den **Schutzgrad** an. Die erste Ziffer gibt den Schutzgrad gegen Berühren und gegen Eindringen von Fremdkörpern, die zweite gegen Eindringen von Wasser an.

Es können auch mehrere Schutzgrade in einem Gerät kombiniert werden; dann gibt der Hersteller die Schutzgradbezeichnungen auf dem Gerät mit an. Betriebsmittel höherer Schutzgrade als notwendig dürfen ohne weiteres verwendet werden; der umgekehrte Fall ist nicht zulässig.

17. Messung elektrotechnischer Grundgrößen

Im Rahmen dieses Handbuchs soll im wesentlichen auf die praktische Ausführung von elektrischen Messungen sowie Stromweg- und Leitungsprüfungen eingegangen werden. Die physikalischen Grundlagen der Meßtechnik, z. B. Aufbau und Wirkungsweise der verschiedenen Meßwerke und grundsätzliche Möglichkeiten zur Messung elektrotechnischer Grundgrößen, werden im Band 3, Teil 2, des „Handbuchs der Fernmeldetechnik-Grundreihe“, behandelt. Die bei der Messung der drei Grundgrößen Spannung, Strom und Widerstand zu beachtenden Regeln sollen nachfolgend kurz zusammengefaßt werden.

17.1. Spannungsmessung

Messung von Gleichspannungen:

- a) Ein Spannungsmesser ist **parallel zum Meßobjekt** zu schalten.
- b) Die Anzeige des Meßwerts soll im **letzten Skalendrittel** liegen. Also den Meßbereich entsprechend wählen!

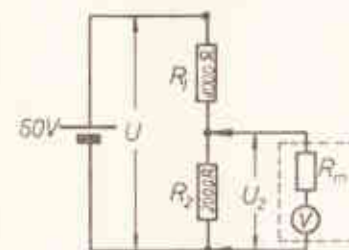


Abb. 17.1 — Anschaltung eines Spannungsmessers

- c) Bei Gleichspannungsmessungen mit Drehspulmeßwerken muß die Polarität beachtet werden.
- d) Zur Vermeidung von groben Meßfehlern ist auf Güteklasse, ausreichend großen Innenwiderstand des Spannungsmessers und genaue Ablesung des Meßwerts zu achten.

Messung von Wechselspannungen:

- a) Für die Messung von Wechselspannungen kommen nur Instrumente in Frage, die durch Skalenaufdruck ausdrücklich dafür geeicht sind.
- b) Die Skalen sind — wenn nichts anderes angegeben ist — in Effektivwerten sinusförmiger Wechselspannungen geeicht. Abweichungen von der Sinusform führen zu Meßfehlern.
- c) Der Frequenzbereich für Wechselspannungsmessungen ist je nach Art des Meßwerks begrenzt.

17.2. Strommessungen

Direkte Gleichstrommessung:

- Ein Strommesser ist mit dem **Meßobjekt in Reihe** zu schalten.
- Der Meßbereich soll so gewählt werden, daß die Anzeige im **letzten Skalendrittel** liegt.

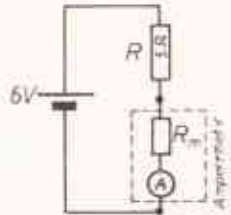


Abb. 17.2 — **Einschaltung eines Strommessers**

- Bei Gleichstrommessungen mit Drehspulmeßwerk ist die Polarität zu beachten: Der Strom fließt von der $\oplus$ -Klemme zur $\ominus$ -Klemme.
- Zur Vermeidung von groben Meßfehlern ist auf die Güteklasse, einen ausreichend kleinen Innenwiderstand des Strommessers und eine genaue Ablesung des Meßwerts zu achten.

Direkte Wechselstrommessung:

- Beim Strommeßinstrument muß durch Skalenaufdruck gekennzeichnet sein, daß es für Wechselstrommessungen geeicht ist.
- Die Skalen sind in Effektivwerten sinusförmiger Wechselströme geeicht.
- Die Meßgenauigkeit nach Güteklasse wird nur innerhalb eines begrenzten Frequenzbereichs erzielt.

Indirekte Strommessung:

- Die indirekte Strommessung ist eine Spannungsmessung an einem bekannten Widerstand. Sie wird angewandt, wenn der Stromkreis zur Strommessung nicht aufgetrennt werden soll.
- Die Stromstärke muß dabei grundsätzlich mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes berechnet werden.
- Der Fehler im Ergebnis ist um so geringer, je genauer der Widerstandswert bekannt ist.

17.3. Widerstandsmessung

Messung mit dem Ohmmeter:

- Der zu messende Widerstand muß **völlig spannungsfrei** sein!

- Ein Widerstand kann nicht in einer betriebsmäßig aufgebauten Schaltung gemessen werden, sondern muß zur Messung ausgebaut werden.
- Ohmmeter müssen vor jeder Messung geeicht werden.
- Die Messung ist so kurz wie möglich durchzuführen.
- Bei Ohmmetern ist die größte Anzeigegenauigkeit in der Skalenmitte zu erwarten.

Messung mit Spannungs- und Strommesser:

- Es ist zwischen spannungsrichtiger (für niederohmige Widerstände) und stromrichtiger Schaltung (für hochohmige Widerstände) zu unterscheiden.
- Die gleichzeitige Spannungs- und Strommessung wird wegen des Aufwands an Instrumenten, der Meßfehler und erforderlichen Berechnung wenig angewandt.

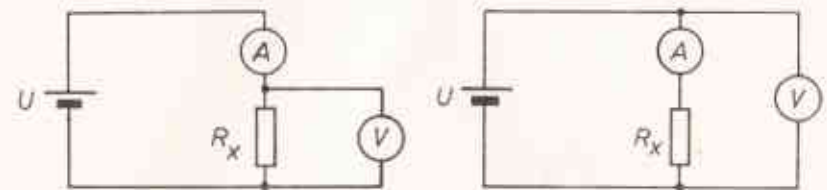


Abb. 17.3 — **Spannungs- und stromrichtige Meßschaltung**

Messung mit Meßbrücken:

- Der zu messende Widerstand muß völlig spannungsfrei sein.
- Die Messung soll so kurz wie möglich durchgeführt werden.
- Der Meßbereich ist so zu wählen, daß der Brückenabgleich möglichst in der Skalenmitte liegt.
- Meßbrücken mit einem Tonfrequenzgenerator als Energiequelle und Fernhörer als „Anzeigeinstrument“ sind besonders empfindlich.

17.4. Prüfen von Stromwegen und Leitungen auf Durchgang mit Durchgangs- und Leitungsprüfern

17.4.1. Allgemeines

Fabrikationsmängel, Fehler bei der Kabelmontage und Beschädigungen vorhandener Kabelanlagen verursachen Störungen des Fernsprechkverkehrs. **Die häufigsten Kabelfehler sind:**

- a) Unterbrechung,
- b) Berührung,
- c) Vertauschung und
- d) Erdschluß von Kabeladern.

Derartige Fehler werden mit Durchgangs- und Leitungsprüfern festgestellt. Beispielhaft für alle Geräte dieser Art werden nachfolgend der „Prüfsummer mit Schauzeichen“ der Firma T u. N und das „Kabeladerprüfgerät 64“ der Firma Quante kurz beschrieben.

17.4.2. Prüfsummer mit Schauzeichen

Der „Prüfsummer mit Schauzeichen“ der Firma T u. N wird hauptsächlich zur Feststellung von Adernvertauschungen bei Innenkabeln und Verdrahtungen benutzt.

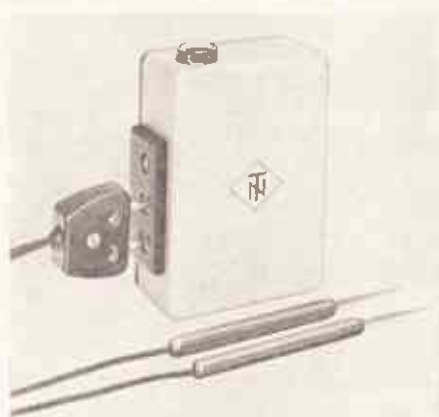


Abb. 17.4 — Prüfsummer mit Schauzeichen
(Werkfoto der Firma T u. N)

Mit den Prüfspitzen werden nacheinander an beiden Enden des Kabels jeweils die gleichen Adern verbunden. Bei richtiger Schaltung der Kabeladern erzeugt der Summer nach dem Selbstunterbrecherprinzip einen Prüftönen. Sollten die Adern vertauscht sein, spricht der Summer nicht an. Die dritte Buchse am Gerät kann zur Umschaltung auf ein Schauzeichen verwendet werden (vgl. hierzu Abb. 17.4).

17.4.3. Das Kabeladerprüfgerät 64 (KAPG)

Mit dem „Kabeladerprüfgerät 64“ der Firma Quante können unbeschaltete und beschaltete DA geprüft werden. Außerdem besteht Sprechmöglichkeit während der Prüfung.

Die Adern für die Anschaltung der Sprechgarnitur sollten jedoch grundsätzlich unbeschaltet sein, weil bei Verwendung beschalteter DA Wählergeräusche und Teilnehmersprache die Prüfung stören könnten.

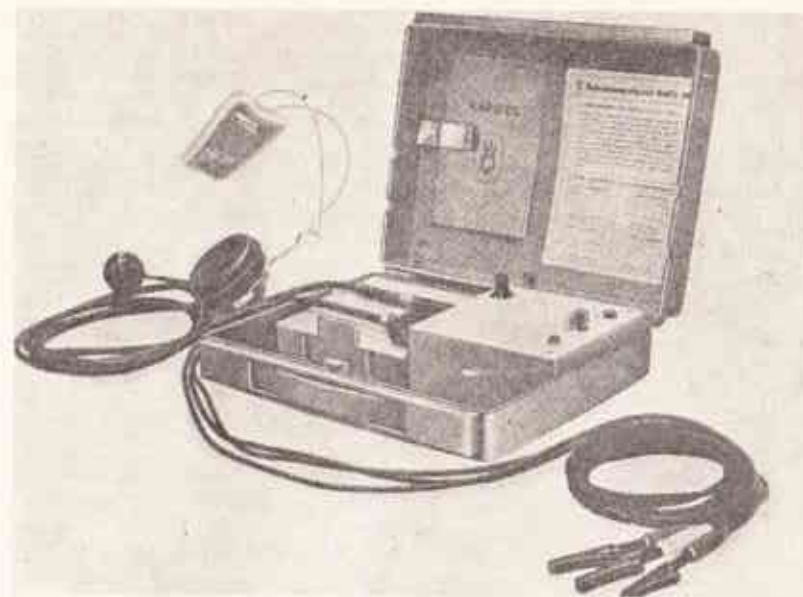


Abb. 17.5 — KAPG 64
(Werkfoto der Firma Quante)

Das **Kabeladerprüfgerät 64a** ist eine Weiterentwicklung des Kabeladerprüfgeräts 64. Es zeichnet sich durch wesentliche Verbesserungen im Geräteaufbau aus.

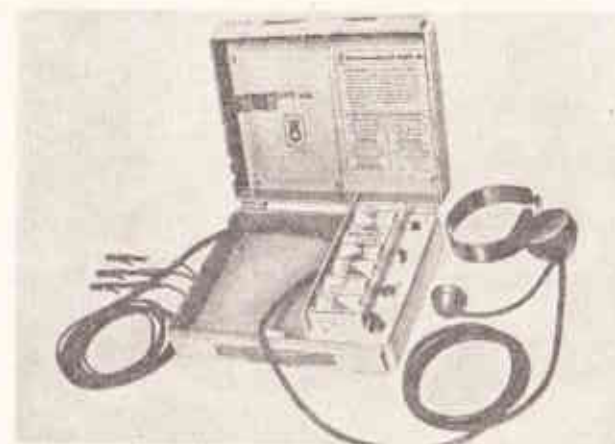


Abb. 17.6 — KAPG 64a
(Werkfoto der Firma Quante)

Prüfbeispiele mit dem KAPG:

An beiden Enden des zu untersuchenden Kabelabschnitts werden die **roten Prüfadern** in einer verabredeten Zählweise nacheinander an die Adern angelegt. Die Summer ertönen, wenn die Ader ordnungsgemäß durchverbunden ist. Erst jetzt darf die nächste Ader geprüft werden. Bei fehlerhaften Adern ergeben sich folgende Abweichungen.

a) Prüfen der Ader auf Unterbrechung



Die Summer sprechen nicht an.

Abb. 17.7 — Schaltschema

b) Prüfen der Adern auf Berührung



Der Summer spricht nicht nur beim Berühren derselben, sondern auch beim Berühren verschiedener Adern an.

Abb. 17.8 — Schaltschema

c) Prüfen der Adern auf Vertauschung



Bei Vertauschung spricht der Summer erst dann an, wenn die durchgehende Ader gefunden ist.

Abb. 17.9 — Schaltschema

d) Prüfen der Adern auf Erdschluß



Erdschluß liegt vor, wenn beim Berühren mit nur einer Prüfspitze — die Prüfadern der Gegenstelle ist geerdet — der Summer anspricht.

Abb. 17.10 — Schaltschema

18. Aufbau einfacher Meßschaltungen und Durchführen der Messungen

In diesem Abschnitt soll anhand einiger ausgewählter Beispiele der Umgang mit Meßinstrumenten und die praktische Ausführung von Messungen geübt werden. Die Meßschaltungen und -übungen sind nicht vollständig; sie sollen nur eine Anregung für weitere Meßaufgaben geben. Da die Bedingungen, unter denen die Meßübungen praktisch durchgeführt werden, von Fall zu Fall unterschiedlich sind, wird in diesem Band auf die Angabe genauer Werte verzichtet. Es wird vielmehr aufgezeigt, was bei der Durchführung und Auswertung der Übungen zu beachten ist. Die vereinzelt angegebenen Werte sind nur als Richtwerte, also größenordnungsmäßig, zu verstehen. Um Fehler zu vermeiden, ist die Belastbarkeit der Bauteile — insbesondere der Widerstände — zu berücksichtigen (ggf. mit kleinerer Spannung arbeiten). Die zu den Versuchsprotokollen abgedruckten Tabellen sind als Muster gedacht und sollten nicht etwa zur Eintragung von Meßergebnissen dienen. Wichtige Erkenntnisse aus den Meßübungen werden erfahrungsgemäß am besten vertieft, wenn dazu eigene Meßprotokolle ausgearbeitet werden.

18.1. Allgemeine Hinweise

Da die Meßübungen von Lernenden ausgeführt werden, ist unbedingt darauf zu achten, daß an den Meßschaltungen keine unzulässig hohen Berührungsspannungen auftreten können. **Wir empfehlen daher dringend, als Spannungsquellen nur Kleinspannungsgeräte gemäß VDE 0100 zu verwenden,**

bei Gleichspannung: $U_{\text{max}} = 60 \text{ V}$,

bei Wechselspannung: $U_{\text{eff}} = 42 \text{ V}$.

Wegen der technischen Ausführung der Stromversorgungsgeräte verweisen wir auf die VDE-Vorschrift 0100. Empfehlenswert ist auch die Absicherung des Meßstromkreises mit einer Sicherungs-Nennstromstärke, die der Meßschaltung angepaßt ist. Dadurch wird die z. B. bei Kurzschluß mögliche Zerstörung eines Strommeßinstruments weitgehend vermieden.

18.2. Hinweise zur Vermeidung von Meßfehlern

Beim Umgang mit Meßgeräten sollte folgendes beachtet werden:

- Vor der Benutzung eines Meßgeräts ist anhand der Bezeichnungen auf der Meßwerkskala zu prüfen, ob das Gerät für

die auszuführende Messung geeignet ist. Dabei sind folgende Punkte besonders wichtig:

	Angaben auf der Meßwerk-skala	Erklärung
Welche Stromarten können mit dem Meßgerät gemessen werden?	  	Wechselstrom Gleichstrom Wechsel- und Gleichstrom
Ist die Güteklasse ausreichend?	0,1 0,2 0,5 1 1,5 2,5 5	Feinmeßgeräte Betriebsmeßgeräte Die Güteklasse gibt den zulässigen Anzeigefehler in v. H. des Meßbereichs- end werts an.
In welcher Lage darf das Meßgerät betrieben werden?		senkrechte Gebrauchslage waagerechte Gebrauchslage schräge Gebrauchslage Wichtig: Wird das Meßgerät in falscher Gebrauchslage betrieben, so zeigt es unrichtige Meßwerte an!

Auf der Meßgeräteskala werden im allgemeinen neben diesen Angaben noch die Art des Meßgeräts (durch ein entsprechendes Symbol) und die Prüfspannung (durch einen Stern, der häufig als Zahlenangabe die Prüfspannung in kV enthält) vermerkt.

- b) Bei der Ablesung des Meßwerts auf der Skala den eingeschalteten Meßbereich beachten. Skalenwert kurz ablesen, dann erst anhand der abgelesenen Teilstriche umrechnen.
- c) Beim Ablesen des Meßwerts unbedingt **senkrecht auf die Skala blicken**. Wenn man schräg auf die Skala blickt, entstehen wegen des mehr oder weniger großen Abstands zwischen Zeiger und Skala leicht Ablesefehler.

Eine Hilfe zur Vermeidung von Ablesefehlern sind die mit Spiegelskalen ausgerüsteten Meßinstrumente. Sobald auf der Spiegelskala

der Schatten des Zeigers als Strich sichtbar wird, sieht der Ablesende nicht genau senkrecht auf die Skala. Der abgelesene Wert ist erst dann richtig, wenn der Zeigerschatten vom Zeiger überdeckt wird.

- d) Zur Vermeidung von Meßfehlern auf den **günstigsten Meßbereich** achten.
- e) Manchmal kann es zweckmäßig sein, bei der Aufnahme von Meßwertreihen (Diagrammen) eine Umschaltung auf andere Meßbereiche zu vermeiden. Mit der Bereichsumschaltung ändert sich auch der Innenwiderstand des Instruments. Falls durch Bereichsumschaltung grobe Fehler auftreten, stellt man den Meßbereich nach dem größten Meßwert ein und mißt im gleichen Bereich auch kleinere Werte.
- f) Vorsicht ist bei Vielfachinstrumenten mit Widerstandsmeßbereichen geboten. Bei der Umschaltung kann leicht versehentlich auf einen Widerstandsmeßbereich geschaltet werden. Das Instrument wird dabei in Meßschaltungen mit Stromquelle meistens zerstört.

18.3. Eichen von Meßgeräten

18.3.1. Eichen von Strom- und Spannungsmessern

Das Meßergebnis kann nur dann richtig sein, wenn der Zeiger des Meßgeräts am Beginn der Messung genau über der Nullmarkierung



Abb. 18.1 — Vielfachinstrument

(Werkbild der Fa. Hartmann & Braun AG)

steht. Deshalb muß jedes Meßgerät vor der Messung geeicht werden. Anhand eines Vielfachinstruments mit Drehspulmeßwerk wollen wir den Eichvorgang beschreiben:

Die bei fast allen Meßgeräten über oder unter der Skala angeordnete Stellschraube wird mit einem Schraubendreher (oder z. B. einem Geldstück, wenn der Schraubenschlitz breit genug ist) so lange gedreht, bis der Zeiger über der Nullmarkierung steht. Dabei werden die mit der Meßwerkachse verbundenen Rückstellfedern entsprechend der Zeigerstellung gespannt oder entspannt.

Hinweis:

Die Eichung auf den Nullpunkt ist ein untaugliches Mittel, wenn versucht wird, damit eine falsche Gebrauchslage auszugleichen.

18.3.2. Eichen von Widerstandsmessern

Widerstandsmesser werden abhängig von ihrem Meßbereich in verschiedener Weise geeicht:

a) Eichung von Ohmmetern für die Messung kleiner Widerstände

Diese Widerstandsmesser werden — ebenso wie Strom- und Spannungsmesser — auf den Nullpunkt geeicht. Dazu werden die Anschlußklemmen mit den Anschlußschnüren des Meßgeräts kurzgeschlossen. Zur Eichung enthalten diese Ohmmeter einen veränderbaren Widerstand oder einen im Meßwerk eingebauten magnetischen Nebenschluß. Der Eichknopf

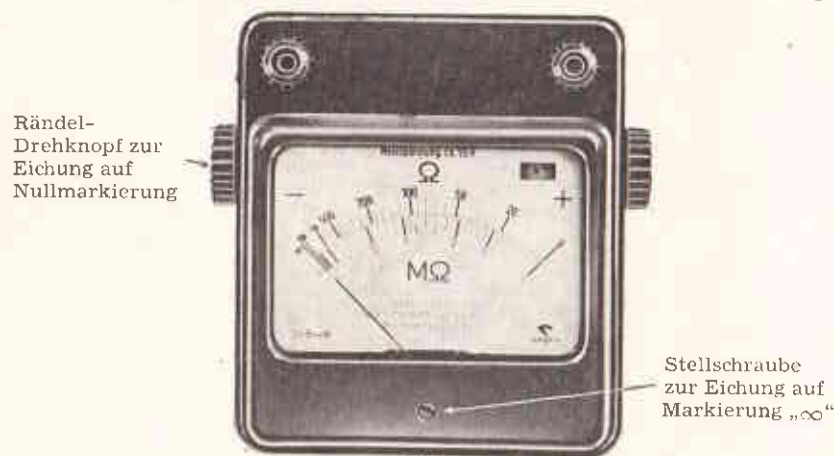


Abb. 18.2 — Widerstandsmesser
(Werkbild der Fa. Gossen)

wird so lange gedreht, bis der Zeiger über der Nullmarkierung steht.

Kann bei der Eichung kein Vollausschlag (= Nullstellung) erzielt werden, so ist die eingebaute Batterie gegen eine neue auszuwechseln.

b) Eichung von Ohmmetern für die Messung großer Widerstände

Diese Widerstandsmesser werden auf die Markierung „unendlich“ (∞) geeicht. Sie haben im allgemeinen keinen Drehknopf für die elektrische Eichung. Die Zeigerstellung wird wie bei den Strom- und Spannungsmessern mit Hilfe einer Stellschraube korrigiert, die über oder unter der Skala angeordnet ist.

Das Meßgerät in Abb. 18.2 ist für die Messung kleiner und großer Widerstände geeignet. Die verschiedenen Meßbereiche sind mit dem Rändel-Drehknopf auf der rechten Seite einstellbar. Werden kleine Widerstände gemessen (obere Skala), so ist das Verfahren unter a) zur Eichung anzuwenden. Dabei wird der Zeiger mit Hilfe des Rändel-Drehknopfs auf der linken Seite über die Nullpunktmarkierung gestellt. Sollen große Widerstände gemessen werden (untere Skala), so wird nach Verfahren b) geeicht.

18.4. Gleichstrommessungen

18.4.1. Das Ohmsche Gesetz

Versuchsziel: An einem geschlossenen Stromkreis soll untersucht werden, wie sich Stromstärke, Widerstand und Spannung zueinander verhalten, wenn man jeweils die Spannung oder den Widerstand verändert.

Geräte: Stromquelle (ca. 24 V / 0,5 A) mit veränderbarer Spannung (ggf. Potentiometer zur Spannungsänderung), Widerstände (100, 200, 300, 400 und 500 Ω , Belastbarkeit 4 W), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V), Milliampere-meter (Meßbereich bis 250 mA).

Meßschaltung a)

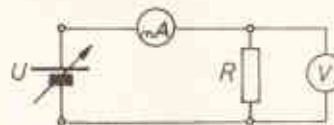


Abb. 18.3

Versuchsausführung:
($R = \text{konstant}$; U wird verändert)

Ein Widerstand von 100 Ω wird eingeschaltet und die Spannung in Stufen von 4 V von 0 bis 20 V erhöht. Bei jeder Spannungsstufe werden Spannung und Strom gemessen.

Tabelle der Meßwerte:

R	100	100	100	100	100	100	Ω
U	0	4	8	12	16	20	V
I							A
$\frac{U}{I}$							

V Versuchsergebnis: In einem geschlossenen Stromkreis steigt die Stromstärke bei gleichbleibendem Widerstand im gleichen Verhältnis (proportional) wie die Spannung. **Das Verhältnis Spannung zu Strom ergibt einen festen, gleichbleibenden Wert, nämlich den Wert des Widerstands:**

$$R = \frac{U}{I}$$

Meßschaltung b)

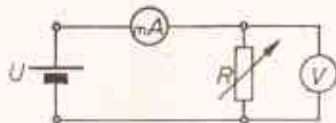


Abb. 18.4

Versuchsausführung:

($U = \text{konstant}$; R wird verändert)

Die Spannung wird fest auf 20 V eingestellt. In den Stromkreis werden nacheinander die Widerstände 100, 200, 300, 400 und 500 Ω eingeschaltet und zu jedem Widerstand Spannung und Strom gemessen.

Tabelle der Meßwerte:

U	20	20	20	20	20	V
R	100	200	300	400	500	Ω
I						A
$\frac{U}{R}$						

V Versuchsergebnis: In einem geschlossenen Stromkreis ist bei gleichbleibender Spannung die Stromstärke um so geringer, je größer der Widerstand ist. Stromstärke und Widerstand sind umgekehrt verhältnismäßig (umgekehrt proportional). Teilt man den Wert der anliegenden Spannung durch den Widerstandswert, so erhält man die Stromstärke:

$$I = \frac{U}{R}$$

Diese Gesetzmäßigkeit wird als **Ohmsches Gesetz** bezeichnet.

18.4.2. Kennlinie eines Widerstands (lineare Kennlinie)

Versuchsziel: Die Abhängigkeit der Stromstärke von der Spannung in einem geschlossenen Stromkreis mit konstantem Widerstand soll durch ein Diagramm veranschaulicht werden.

Geräte: Gleiche Geräte wie beim Versuch im Abschn. 18.4.1 „Das Ohmsche Gesetz“.

Meßschaltung:

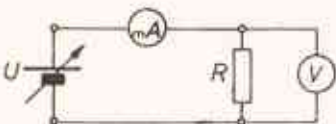


Abb. 18.5

Versuchsausführung:

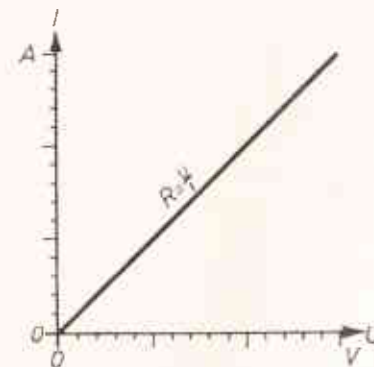
($R = \text{konstant}$; U wird verändert)

Ein Widerstand von 100 Ω wird eingeschaltet und die Spannung in Stufen von 2 V zwischen 0 und 20 V verändert. Bei jeder Stufe werden Spannung und Strom gemessen.

Tabelle der Meßwerte:

U	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	V
I												A

V Versuchsergebnis: Tragen wir die Meßwerte in ein Diagramm — waagerechte Achse = Spannungsachse, senkrechte Achse = Stromachse — und verbinden die Punkte untereinander, so ergibt sich folgendes Bild:



Alle Meßpunkte liegen auf einer Geraden. Man spricht daher auch von einer linearen Kennlinie oder in diesem speziellen Fall von der linearen Kennlinie eines Widerstands.

Abb. 18.6 — Kennlinie eines ohmschen Widerstands

Anmerkung: Eine Kennlinie stellt die Abhängigkeit einer Größe von einer anderen veränderbaren Größe dar. Dabei ist die veränderbare Größe (Spannung) als Ursache, die davon abhängige Größe (der Strom I) als Wirkung anzusehen. Die Kennlinie selbst läßt den Widerstand erkennen:

kleine Ursache — große Wirkung = kleiner Widerstand
(steiler Kennlinienverlauf),
große Ursache — kleine Wirkung = großer Widerstand
(flacher Kennlinienverlauf).

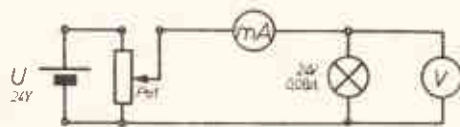
Empfohlene weitere Versuche:

1. Kennlinienaufnahme für Widerstände 200 Ω und 400 Ω . Tragen Sie die Kennlinien der drei Widerstände 100, 200 und 400 Ω in ein Diagramm ein! Was erkennen Sie?
2. Nehmen Sie die Kennlinien auch für negative Werte von U auf (Umpolung der Spannungsquelle) und zeichnen Sie die Kennlinie(n)!

18.4.3. Kennlinie einer Glühlampe (nichtlineare Kennlinie)

Versuchsziel: Am Beispiel einer Glühlampe soll untersucht werden, wie sich ein Widerstand bei veränderter Belastung und damit bei veränderter Temperatur verhält.

Geräte: Stromquelle (ca. 24 V / 0,5 A) mit veränderbarer Spannung, ggf. Potentiometer (ca. 200 Ω / 0,3 A), Signallampe (24 V / 0,08 A), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V), Milliampereometer (Meßbereich bis 100 mA).

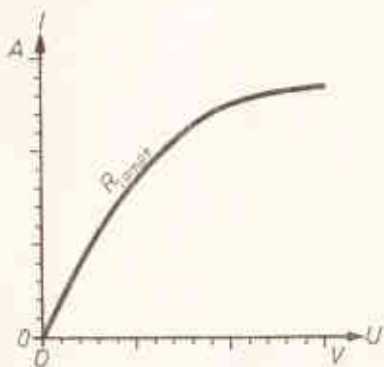
Meßschaltung:**Abb. 18.7****Versuchsausführung:** (gleicher Verbraucher; U wird verändert)

Bei geschlossenem Stromkreis wird die Spannung an der Signallampe in Stufen von 3 V zwischen 0 und 24 V erhöht. Bei jeder Spannungsstufe werden Strom und Spannung gemessen.

Tabelle der Meßwerte:

U	0	3	6	9	12	15	18	21	24	V
I										A
R	—		—	—		—	—	—		Ω

Anhand der Meßergebnisse wird der Lampenwiderstand für die Spannungsstufen 3, 12 und 24 V errechnet.

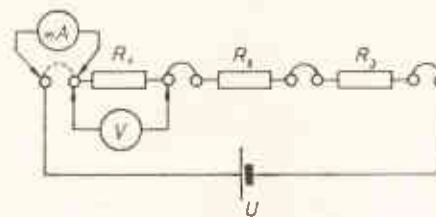
**Abb. 18.8 — Nichtlineare Kennlinie einer Glühlampe**

Versuchsergebnis: Das nach den Meßwerten gezeichnete Diagramm, die Widerstandskennlinie einer Glühlampe, zeigt keinen geraden (linearen) Verlauf mehr. Man bezeichnet eine solche Kennlinie als **nichtlineare Kennlinie**. Sowohl anhand der errechneten Widerstände bei 3 V, 12 V und 24 V als auch am Verlauf der Kennlinie erkennt man, daß mit steigender Spannung an der Lampe ihr Widerstand größer wird (vgl.: steiler Verlauf = kleiner Widerstand, flacher Verlauf = großer Widerstand). Ursache für die Widerstandsänderung ist der Temperatureinfluß auf den Widerstand eines metallischen Leiters (Glühfaden): **Je höher die Temperatur, desto größer der Widerstand**. Im Gegensatz zu einem normalen Widerstand tritt beim Glühfaden einer Lampe eine Erwärmung bis etwa 2500 °C auf.

18.4.4. Reihenschaltung von Widerständen

Versuchsziel: An einem geschlossenen Stromkreis sollen durch Messung der Spannungen und Ströme an einer Reihenschaltung von Widerständen die Gesetzmäßigkeit der Reihenschaltung veranschaulicht werden.

Geräte: Stromquelle (ca. 24 V / 0,5 A), Widerstände 100, 200, 300, 400 Ω (Belastbarkeit 2 W), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V), Milliampereometer (Meßbereich bis 250 mA).

Meßschaltung:**Abb. 18.9**

Versuchsausführung a): (U = konstant; R_1 bis R_3 = konstant)

Die Widerstände 100, 200 und 300 Ω werden so in Reihe geschaltet, daß sich zwischen den Widerständen auftrennbare Verbindungen zum Einschalten des Strommeßinstruments ergeben. Es wird eine Spannung von 18 V fest eingestellt.

Wir messen nun der Reihe nach durch Anlegen des Voltmeters und Einschalten (Brücke entfernen!) des Milliampereometers an den drei Widerständen Spannung und Strom.

Meßwerte: $U =$; $I =$;

an R_1 : $\frac{U_1}{I_1} =$; an R_2 : $\frac{U_2}{I_2} =$; an R_3 : $\frac{U_3}{I_3} =$

Versuchsergebnis: Bilden wir das Verhältnis der drei Widerstände $R_1 : R_2 : R_3$ und das Verhältnis der drei Teilspannungen $U_1 : U_2 : U_3$, so stellen wir fest, daß **Widerstände und die zugehörigen Teilspannungen im gleichen Verhältnis stehen:**

$$R_1 : R_2 : R_3 = U_1 : U_2 : U_3.$$

Die Summe der Teilspannungen ergibt die Speisespannung:

$$U_1 + U_2 + U_3 = U.$$

Die Stromstärke ist in der Reihenschaltung überall gleich:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I.$$

Versuchsausführung b): (U = konstant; R_1 bis R_3 = konstant)

In der Meßschaltung wird der Widerstand R_1 (100 Ω) durch einen Widerstand 400 Ω ersetzt und die Messungen wie bei 18.4.1 unter b) wiederholt; Spannung = 18 V.

Meßwerte: $U =$; $I =$;

an R_1 : $\frac{U_1}{I_1} =$; an R_2 : $\frac{U_2}{I_2} =$; an R_3 : $\frac{U_3}{I_3} =$

Versuchsergebnis: Wie im vorhergehenden Versuch stehen Widerstandswerte und zugehörige Teilspannungen im gleichen Verhältnis:

$$R_1 : R_2 : R_3 = U_1 : U_2 : U_3$$

Auch der Strom ist an allen Stellen der Reihenschaltung gleich stark. An den gegenüber dem ersten Versuch unveränderten Widerständen R_2 und R_3 treten jedoch andere Teilspannungen auf. Ebenso hat sich die Stromstärke gegenüber dem ersten Versuch geändert.

Folgerung: Wird in einer Reihenschaltung von Widerständen nur ein Widerstandswert verändert, so ändern sich die Stromstärke und die Teilspannungen an **allen** Widerständen.

18.4.5. Parallelschaltung von Widerständen

Versuchsziel: An einer Parallelschaltung von Widerständen sollen die Gesetzmäßigkeiten mit Hilfe von Spannungs- und Strommessungen gefunden werden.

Geräte: Stromquelle (ca. 24 V / 0,5 A), Widerstände 100 Ω (4 W), 200 Ω (2 W), 300 Ω (2 W) und 400 Ω (1 W), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V), Milliampereometer (Meßbereich bis 250 mA).

Meßschaltung:

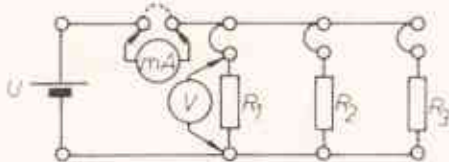


Abb. 18.10

Versuchsausführung: (U = konstant, R_1 bis R_3 = konstant)

Die Spannung wird auf 18 V fest eingestellt. Die Widerstände 100, 200 und 300 Ω werden so parallelgeschaltet, daß sich in jedem Parallelzweig auftrennbare Verbindungen (Brücken) zum Einschalten des Strommeßinstruments ergeben.

Auch in der Zuleitung Stromquelle — Parallelschaltung wird eine solche Brücke vorgesehen. Wir messen nacheinander die Spannungen an den drei Widerständen und die Teilströme in jedem Zweig (Brücke entfernen!).

Meßwerte: $U =$; $I =$;

an R_1 : $\frac{U_1}{I_1} =$; an R_2 : $\frac{U_2}{I_2} =$; an R_3 : $\frac{U_3}{I_3} =$

Versuchsergebnis: Die Spannungen sind an allen drei parallelgeschalteten Widerständen gleich groß bzw. ebenso groß wie die Speisespannung:

$$U_1 = U_2 = U_3 = U.$$

Bilden wir das Verhältnis der drei Ströme und vergleichen mit dem Verhältnis der drei Widerstände, so stellen wir fest, daß sie sich umgekehrt verhalten:

$$I_1 : I_2 : I_3 = R_3 : R_2 : R_1.$$

Die Summe der drei Teilströme ergibt den Gesamtstrom I :

$$I_1 + I_2 + I_3 = I.$$

Empfohlene weitere Auswertungen:

1. Für die Reihenschaltung: Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand des Stromkreises nach dem Ohmschen Gesetz und vergleichen Sie mit der Summe der Einzelwiderstände!

Welche Gesetzmäßigkeit ergibt sich?

2. Für die Parallelschaltung: Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand des Stromkreises nach dem Ohmschen Gesetz und vergleichen Sie mit den Einzelwiderständen!

Ergebnis: R_g ist kleiner als der kleinste Teilwiderstand.

Da $I = I_1 + I_2 + I_3$ ist, gilt

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3}.$$

Die Spannung ist überall gleich ($U_1 = U_2 = U_3 = U$), so daß die Gleichung durch U dividiert werden kann.

$$\text{Ergebnis: } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

3. Für die Parallelschaltung: Ersetzen Sie R_1 durch einen Widerstand 400 Ω und wiederholen die Messungen an allen Widerständen bzw.

Zweigen! Ändern sich hier auch — wie bei der Reihenschaltung — alle Werte? (Begründung)

18.4.6. Gruppenschaltung von Widerständen

Da sich Gruppenschaltungen aus Reihen- und Parallelschaltungen zusammensetzen, gelten für die entsprechenden Teilgruppen auch die entsprechenden Gesetzmäßigkeiten der Reihen- und Parallelschaltung. Sie können ebenso wie in den Meßübungen zur Reihen- und Parallelschaltung ermittelt werden. Der folgende Versuch zeigt, welchen Einfluß die Veränderung eines Widerstands in einer Gruppenschaltung hat.

Versuchsziel: An einer Gruppenschaltung soll untersucht werden, wie sich durch Zuschalten von Widerständen Teilspannungen und Teilströme verhalten.

Geräte: Stromquelle (ca. 24 V / 0,5 A), 2 Signallampen (24 V / 0,08 A), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V), Milliampereometer (Meßbereich bis 100 mA), Widerstände 500 Ω (0,5 W), 2mal je 200 Ω (1 W), 100 Ω (1 W).

Meßschaltung:

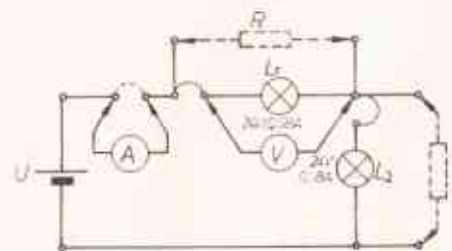


Abb. 18.11

Versuchsausführung: Die Spannung wird auf 24 V fest eingestellt. Zunächst werden nun die beiden Signallampen in Reihe geschaltet und Teilspannungen und Strom gemessen.

Meßwerte: $U_{l1} =$; $I_{l1} =$;
 $U_{l2} =$; $I_{l2} =$;
 $U =$; $I =$;

Danach wird ein Widerstand von ca. 500 Ω zur Lampe 2 parallelgeschaltet und die Messungen wiederholt.

Meßwerte: $U_{l1} =$; $I_{l1} =$;
 $U_{l2} =$; $I_{l2} =$;
 $U =$; $I =$;

In der jetzt vorhandenen Schaltung wird ein Widerstand von 100 Ω parallel zu Lampe 2 und Widerstand 500 Ω geschaltet (Beobachtung der Lampenhelligkeit!).

Meßwerte: $U_{l1} =$; $I_{l1} =$;
 $U_{l2} =$; $I_{l2} =$;
 $U =$; $I =$;

Interessant wird das Ergebnis, wenn wir zu jeder der beiden Lampen nur je einen Widerstand von 200 Ω parallel schalten (alle vorher eingeschalteten Widerstände entfernen).

Meßwerte: $U_{l1} =$; $I_{l1} =$;
 $U_{l2} =$; $I_{l2} =$;
 $U =$; $I =$;

V Versuchsergebnis: Bei der Hintereinanderschaltung zweier gleicher Widerstände (Signallampen) fällt an jedem eine gleich große Teilspannung ab. Die Lampen leuchten mit gleicher Helligkeit. Wird zur Lampe 2 ein Widerstand parallelgeschaltet, so kommt es zur Stromverzweigung mit dem Ergebnis, daß Lampe 2 schwächer, Lampe 1 dagegen heller leuchtet. Das Ergebnis wird deutlicher, wenn der Parallelwiderstand zur Lampe 2 noch kleiner gemacht wird.

Folgerung: In einer Gruppenschaltung ändern sich **alle** Teilströme und Teilspannungen, wenn nur **ein** Widerstand der Gruppenschaltung geändert wird.

Wird zu jeder der beiden Lampen ein gleich großer Widerstand parallelgeschaltet, so ergeben sich für die Lampen die gleichen Verhältnisse wie bei der ursprünglichen Reihenschaltung. Beide Lampen leuchten gleich hell.

Empfohlene Auswertungen:

1. Begründen Sie durch Berechnung der Teilwiderstände anhand der Meßwerte die Stromaufteilung und Spannungsverteilung!
2. Beweisen Sie durch Berechnung, daß im letzten Fall beide Lampen gleiche Spannung und gleichen Strom erhalten!

18.4.7. Kennlinie eines unbelasteten Spannungsteilers

Versuchsziel: An einem regelbaren Spannungsteiler (Potentiometer) soll die Abhängigkeit der Ausgangsspannung von der Einstellung des Abgriffs bei konstanter Eingangsspannung untersucht werden.

Geräte: Stromquelle (ca. 24 V/0,5 A), Schiebewiderstand (R_g ca. 1000 Ω), 2 Voltmeter (Meßbereich bis 25 V).

Meßschaltung:

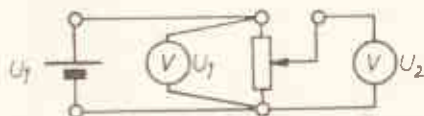


Abb. 18.12

eingestellt. Dann wird der Schieber in 10 Stufen vom unteren zum oberen Widerstandsende verschoben und bei jeder Stellung die Ausgangsspannung gemessen. Die Eingangsspannung ist dabei zu kontrollieren.

Tabelle der Meßwerte:

U_1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	V
Schieberstellung	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
U_2												V

V Versuchsergebnis: Zeichnet man ein Diagramm für die Abhängigkeit der Ausgangsspannung von der Stellung des Schiebers, so ergibt sich ein linearer Zusammenhang, also eine lineare Kennlinie. Daraus folgt:

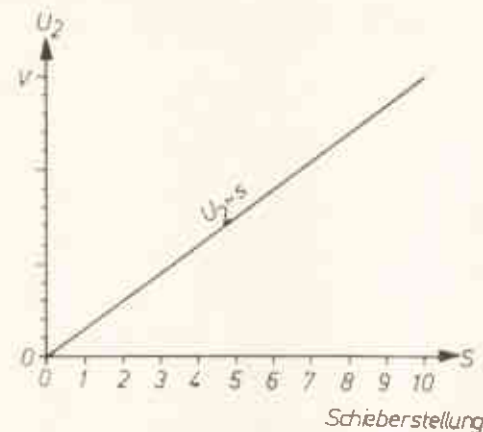


Abb. 18.13 — Kennlinie eines unbelasteten Spannungsteilers (Potentiometers)

Beim unbelasteten Spannungsteiler ist die Ausgangsspannung dem Abgriff (Schieberstellung) verhältnismäßig, vorausgesetzt die Eingangsspannung bleibt konstant. Damit wird bewiesen, daß sich in einer Reihenschaltung die Teilspannungen wie die zugehörigen Widerstände verhalten:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

18.4.8. Kennlinie eines belasteten Spannungsteilers

Versuchsziel: Wir wollen durch eine Meßreihe feststellen, ob sich für einen belasteten Spannungsteiler eine ähnliche oder gar die gleiche Kennlinie wie für einen unbelasteten Spannungsteiler ergibt.

Geräte: Stromquelle (ca. 24 V/0,5 A), Schiebewiderstand (R_g ca. 1000 Ω), 2 Voltmeter (Meßbereich bis 25 V), Widerstände 100 Ω (4 W) und 500 Ω (1 W).

Meßschaltung:

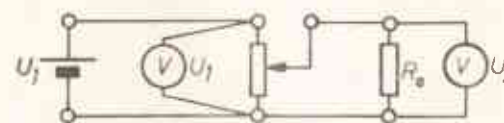


Abb. 18.14

nung am Belastungswiderstand R_a gemessen. Es wird je eine Meßreihe für $R_a = 100 \Omega$ und $R_a = 500 \Omega$ aufgenommen.

Tabellen der Meßwerte:

$U_1 = 20 \text{ V}$ $R_a = 100 \Omega$	Schieberstellung	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	U_2												V

$U_1 = 20 \text{ V}$ $R_a = 500 \Omega$	Schieberstellung	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	U_2												V

In das Diagramm soll auch die Kennlinie aus dem vorhergehenden Versuch eingetragen werden.

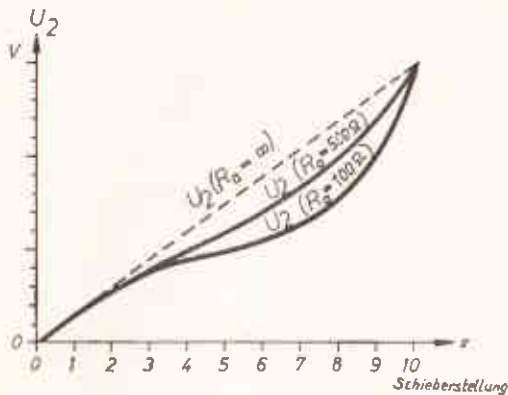


Abb. 18.15 — Kennlinien eines belasteten Spannungsteilers (Potentiometers)

Versuchsergebnis: Mit zunehmender Belastung ist die Kennlinie eines Spannungsteilers stärker gekrümmt. Der belastete Spannungsteiler stellt keine Reihenschaltung, sondern eine Gruppenschaltung von Widerständen dar. Infolge der veränderten Schieberstellung ändert sich nicht nur das Verhältnis der Teilströme (Stromverzweigung), sondern auch die Teilspannungen. Das Ergebnis ist eine nichtlineare Kennlinie.

18.4.9. Klemmenspannung

Versuchsziel: Die Abhängigkeit der Klemmenspannung von der Belastung einer Spannungsquelle mit nicht vernachlässigbarem Innenwiderstand soll untersucht werden.

Geräte: Stromquelle (ca. 24 V/0,5 A), Widerstände 100 Ω (0,25 W), 250 Ω (0,25 W), 500 Ω (1 W), 500 Ω (0,25 W), 750 Ω (0,25 W), 1000 Ω (0,25 W), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V), Milliampereometer (Meßbereich bis 50 mA).

Meßschaltung:

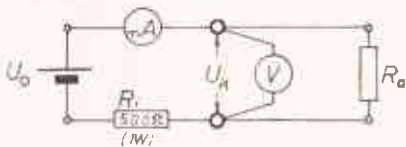


Abb. 18.16

Versuchsausführung: ($U = \text{konstant}$; $R_i = \text{konstant}$; R_a wird verändert) Die Spannung wird im unbelasteten Zustand ($R_i = \infty$) auf 20 V fest eingestellt. Als Innenwiderstand wird ein Widerstand 500 Ω (1 W) geschaltet. In einer Meßreihe werden dann Spannung und Strom zunächst im

unbelasteten Zustand und dann — mit dem größten Widerstand beginnend — an den nacheinander eingeschalteten Belastungswiderständen gemessen. Die letzte Messung wird (kurzzeitig!) bei kurzgeschlossenen Klemmen vorgenommen.

Tabelle der Meßwerte:

R_a	∞	1000	750	500	250	100	0	Ω
U_k								V
I								mA

Anhand der Meßwerte soll ein Diagramm für die Abhängigkeit von Klemmenspannung und Strom von der Größe des Belastungswiderstands gezeichnet werden.

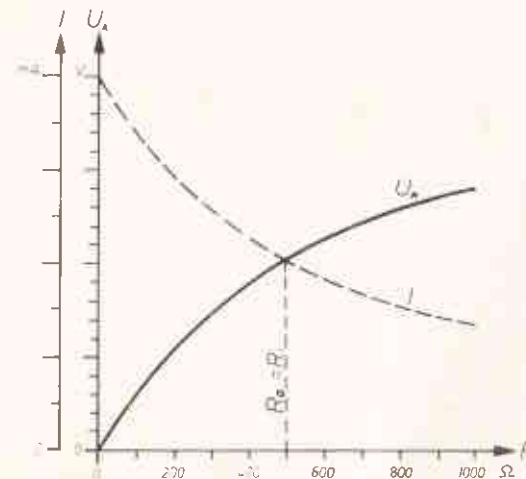


Abb. 18.17 — Klemmenspannung und Strom einer veränderlich belasteten Stromquelle

einer Stromquelle sich tatsächlich aus dem Produkt Strom mal Innenwiderstand ergibt:

$$U_{vi} = I \cdot R_i$$

Die Klemmenspannung ist um den inneren Spannungsverlust kleiner:

$$U_k = U_o - U_{vi}$$

$$U_k = U_o - I \cdot R_i$$

Im Kurzschlußfall fließt der größtmögliche Strom. Er wird nur durch den Innenwiderstand begrenzt. Die Klemmenspannung beträgt daher 0 V.

Empfohlene Auswertungen:

1. Berechnen Sie für die einzelnen Belastungsfälle den inneren Spannungsverlust und die Klemmenspannung! Vergleichen Sie mit den Meßwerten!
2. Bestimmen Sie aus Leerlaufspannung sowie Klemmenspannung und Strom eines bestimmten Belastungsfalls den inneren Widerstand der Stromquelle!

$$U_{vi} = U_o - U_k$$

$$R_i = \frac{U_{vi}}{I}$$
3. Wiederholen Sie die Meßreihe mit verändertem R_i (z. B. 100 Ω)! Was kann daraus gefolgert werden?

18.4.10. Leistungsabgabe an R_a (Anpassung)

Versuchsziel: Die von einer Stromquelle mit bestimmter Leerlaufspannung und bestimmtem inneren Widerstand an einen Verbraucher abgegebene Leistung soll

in Abhängigkeit vom Widerstand des Verbrauchers untersucht werden. Die Auswertung kann anhand des Versuchs im Abschn. 18.4.9 „Klemmenspannung“ vorgenommen werden.

Geräte und Meßschaltung wie im vorhergehenden Versuch „Klemmenspannung“.

Versuchsausführung: An die Stromquelle, deren Leerlaufspannung auf 20 V fest eingestellt worden ist, werden nacheinander die Belastungswiderstände 0 bis 1000 Ω geschaltet. Zu jedem Widerstand werden Spannung und Strom gemessen. Dabei kann auf die Meßwertreihe des vorhergehenden Versuchs zurückgegriffen werden.

Für jeden Belastungswiderstand ist die von ihm aufgenommene Leistung ($P = I \cdot U_k$) zu bestimmen.

Tabelle:

R_a	∞	1000	750	500	250	100	0	Ω
U_k								V
I								mA
P_{ab}								mW

Anhand der Tabellenwerte soll in einem Diagramm die Abhängigkeit der abgegebenen Leistung von der Größe des Belastungswiderstands veranschaulicht werden.

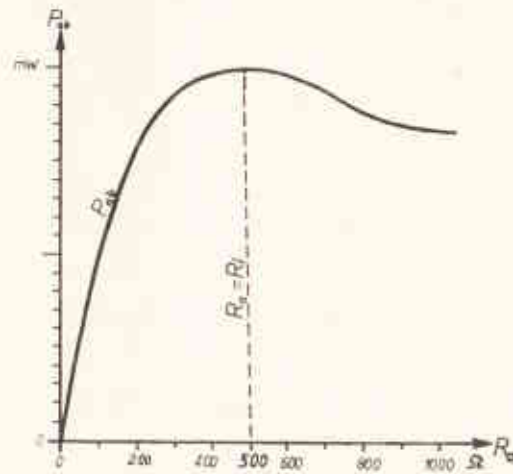


Abb. 18.18 — Anpassungsdiagramm

Das Diagramm läßt erkennen, daß ein zu großer Anpassungswiderstand R_a weniger zur Fehlanpassung führt als ein zu kleiner.

V Versuchsergebnis: Das dargestellte Diagramm läßt deutlich ein Leistungsmaximum erkennen. Dieses Maximum ergibt sich für den Fall, bei dem der Belastungswiderstand gleich dem Innenwiderstand der Stromquelle ist.

Daraus folgt:

Die von einer elektrischen Stromquelle an einen Verbraucher abgegebene Leistung ist dann am größten, wenn der Belastungswiderstand R_a gleich dem Innenwiderstand R_i der Stromquelle ist. Diesen Belastungs-Sonderfall bezeichnet man als Widerstands-anpassung: $R_a = R_i$.

18.4.11. Belastbarkeit von Widerständen

Für die Verwendung von Widerständen als Bauteil ist die Beachtung der Belastbarkeit von großer Bedeutung. Nicht nur der Widerstandswert, sondern auch die

vom Widerstand in Wärme umgesetzte elektrische Leistung sind für die richtige Funktion einer Schaltung maßgebend.

Versuchsziel: An einer Reihenschaltung von Widerständen soll erkannt werden, wie sich die falsche Wahl von Widerständen in bezug auf ihre Belastbarkeit auswirkt.

Geräte: Stromquelle (ca. 24 V/0,5 A), Widerstände (Kohleschicht) 50 Ω (0,25 W), 50 Ω (2 W), Voltmeter (Meßbereich bis 15 V), Milliampereometer (Meßbereich bis 250 mA).

Meßschaltung: Wie Abb. 18.9 zum Versuch „Reihenschaltung von Widerständen“, jedoch nur mit zwei Widerständen.

Versuchsausführung: An einer Spannung von 20 V werden ein 50- Ω -Widerstand (0,25 W belastbar) und ein 50- Ω -Widerstand (2 W belastbar) in Reihe geschaltet. Gleich nach dem Einschalten werden Strom und die Teilspannungen an den beiden Widerständen gemessen. Nach etwa 1 bis 2 Minuten werden die Messungen wiederholt.

Meßwerte: a) beim Einschalten

$$I =$$

$$U_1 =$$

$$U_2 =$$

b) nach 1 bis 2 Minuten

$$I =$$

$$U_1 =$$

$$U_2 =$$

V Versuchsergebnis: Unmittelbar nach dem Einschalten sind die Teilspannungen an den Widerständen R_1 und R_2 gleich groß. Nach einer Betriebszeit von 1 bis 2 Minuten ist die Teilspannung am Widerstand mit 0,25 W Belastbarkeit kleiner geworden, wenn es sich um einen Kohleschichtwiderstand handelt. Der Widerstand hat sich dabei stark erwärmt. Die Erwärmung kann so stark sein, daß der Widerstand zerstört wird.

Folgerung:

Wird in einer Schaltung ein Widerstand mit zu geringer Belastbarkeit verwendet, so ändert sich nicht nur der Widerstandswert, der Widerstand erwärmt sich zu stark und wird u. U. zerstört.

Für die Versuchsschaltung ergeben sich folgende Werte:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{20 \text{ V}}{100 \Omega} = 0,2 \text{ A}$$

$$U_1 = I \cdot R_1 = 0,2 \text{ A} \cdot 50 \Omega = 10 \text{ V}; \quad P_1 = I^2 \cdot R_1 = 0,04 \cdot 50 = 2 \text{ W};$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 0,2 \text{ A} \cdot 50 \Omega = 10 \text{ V}; \quad P_2 = I^2 \cdot R_2 = 0,04 \cdot 50 = 2 \text{ W}.$$

Der Widerstand mit 0,25 W Belastbarkeit ist also 8fach belastet worden. Widerstände müssen in bezug auf die Belastbarkeit so konstruiert sein, daß sie die bei Nennbelastung erzeugte Wärme ausreichend schnell an die umgebende ruhende Luft abgeben können (große Belastbarkeit $\triangleq$ große Oberfläche).

Empfohlene weitere Versuche:

1. Ermitteln Sie die Zeit, nach der eine Rücklötlösung (träge Sicherung) bei a) 25%, b) 50% Überlastung den Stromkreis unterbricht!
2. Bestimmen Sie anhand des Sicherungswiderstands (Messung!) die Belastung der Sicherung in W a) bei Nennstrom, b) bei 25%, c) bei 50% Überlastung!

18.5. Wechselstrommessungen

18.5.1. Die Abhängigkeit des kapazitiven Blindwiderstands von der Frequenz

Versuchsziel: Anhand von Spannungs- und Strommessungen an einem Kondensator an Gleichspannung bzw. an Wechselspannungen verschiedener Frequenz soll die Abhängigkeit des kapazitiven Blindwiderstands von der Frequenz ermittelt werden. Da einfache Vielfachinstrumente meistens nur Wechselspannungsmeßbereiche enthalten, soll die indirekte Strommessung angewendet werden. Sollte ein Milliampereometer für Wechselstrom (10 mA) vorhanden sein, so ist dieses in der Meßschaltung anstelle der Parallelschaltung 1000-Ω-Widerstand-Voltmeter einzusetzen.

Geräte: Gleichstromquelle (ca. 24 V), Netzgerät 50 Hz (ca. 24 V/0,5 A), RSM 25 Hz (ca. 24 V/0,25 A), Widerstand 1000 Ω (0,25 W), Kondensator (ca. 1 bis 1,5 μF), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V ~), Voltmeter (Meßbereich bis 10 V ~), Voltmeter (Meßbereich bis 30 V ~).

Steht ein Vielfachinstrument mit entsprechenden Meßbereichen zur Verfügung, so können sämtliche Messungen nacheinander mit einem Instrument vorgenommen werden.

Meßschaltung:

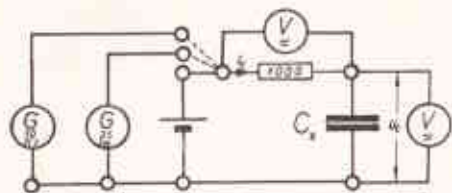


Abb. 18.19

Versuchsausführung: Nacheinander werden durch Umschalten der Stromversorgung Kondensatorstrom (indirekt) und Kondensatorspannung gemessen.

Meßwerte:

1. Gleichstrom: an R_{1000} : $U = 0 \text{ V}$; das entspricht $I_c = \frac{0 \text{ V}}{1000 \Omega} = 0 \text{ A}$;
an C_x : $U = U_c = \text{V}$;
2. Wechselstrom 25 Hz: an R_{1000} : $U_{\sim 25} = \text{V}$; das entspricht $I_{c25} = \frac{\text{V}}{1000 \Omega} = \text{A}$;
an C_x : $U_{\sim 25} = \text{V}$; das entspricht U_{c25} ;
3. Wechselstrom 50 Hz: an R_{1000} : $U_{\sim 50} = \text{V}$; das entspricht $I_{c50} = \frac{\text{V}}{1000 \Omega} = \text{A}$;
an C_x : $U_{\sim 50} = \text{V}$; das entspricht U_{c50} .

V Versuchsergebnis: An Gleichspannung läßt der Kondensator keinen Strom fließen. Sein Widerstand ist unendlich groß. An Wechselspannung ist jedoch die Stromstärke um so größer, je höher die Frequenz des Wechselstroms ist.

Die Berechnung des Widerstands aus den Meßwerten ergibt bei

- a) Gleichstrom: $X_c = \frac{U_c}{I_c} = \frac{\text{V}}{0 \text{ A}} = \infty \Omega$;
- b) Wechselstrom 25 Hz: $X_c = \frac{U_{c25}}{I_{c25}} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega$;
- c) Wechselstrom 50 Hz: $X_c = \frac{U_{c50}}{I_{c50}} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega$.

Daraus folgt:

Ein Kondensator besitzt für Gleichstrom einen praktisch unendlich großen Widerstand; er sperrt den Gleichstrom. **Im Wechselstromkreis ist der Blindwiderstand des Kondensators um so kleiner, je höher die Frequenz des Wechselstroms ist.** Der kapazitive Blindwiderstand ist der Frequenz umgekehrt verhältnisgleich:

$$X_c \sim \frac{1}{f}$$

Empfohlener weiterer Versuch:

Stellen Sie anhand von Spannungs- und Strommessungen bei verschiedenen Kapazitätswerten an 50-Hz-Wechselspannung die Abhängigkeit des kapazitiven Blindwiderstands von der Kapazität fest!

18.5.2. Kapazität

Versuchsziel: Durch indirekte Messung soll die Kapazität eines Kondensators bestimmt werden.

Geräte: Netzgerät 50 Hz (ca. 24 V / 0,5 A), Kondensator (ca. 1 ... 1,5 μF), Widerstand 1000 Ω (0,25 W), Voltmeter (Meßbereich bis 10 V ~), Voltmeter (Meßbereich bis 30 V ~).

Die Messungen können auch nacheinander mit einem Vielfachinstrument durchgeführt werden.

Meßschaltung:

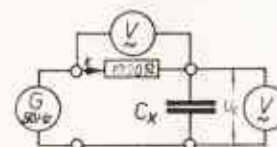


Abb. 18.20

Versuchsausführung: Der Kondensator unbekannter Kapazität wird über den 1000-Ω-Widerstand an Wechselspannung gelegt. Seine Stromaufnahme wird indirekt aus dem gemessenen Spannungsabfall am Vorwiderstand bestimmt. Die Spannung am Kondensator wird direkt gemessen.

Meßwerte: an R_{1000} : $U_{1000} = \text{V}$; das entspricht $I_c = \frac{\text{V}}{1000 \Omega} = \text{A}$;
an C_x : $U_c = \text{V}$.

V Versuchsergebnis: Der Blindwiderstand des Kondensators ergibt sich zu

$$X_c = \frac{U_c}{I_c} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega.$$

Aus der Formel $X_c = \frac{1}{\omega C}$ erhält man durch Umstellung

$$C = \frac{1}{\omega X_c}. \text{ Da mit Netzfrequenz } 50 \text{ Hz gearbeitet wurde, beträgt}$$

$$\omega = 314. \text{ Somit ergibt sich für den Kondensator eine Kapazität von}$$

$$C = \frac{1}{314 \cdot \Omega} = \text{F.}$$

18.5.3. Reihenschaltung von Kapazitäten

Versuchsziel: Durch indirekte Messung der Gesamtkapazität einer Reihenschaltung von Kondensatoren soll die Gesetzmäßigkeit für die Reihenschaltung von Kapazitäten veranschaulicht werden.

Geräte: Netzgerät 50 Hz (ca. 42 V / 0,5 A), 4 Kondensatoren (je ca. 2 μF), Widerstand 1000 Ω (1 W), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V $\sim$), Voltmeter (Meßbereich bis 50 V $\sim$).

Die Messungen können auch nacheinander mit einem Vielfachinstrument durchgeführt werden.

Meßschaltung:

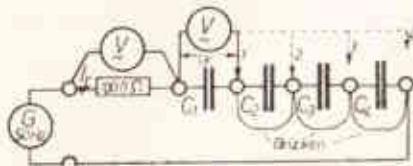


Abb. 18.21

Versuchsausführung: Wie im vorhergehenden Versuch wird die Kapazität anhand von Strom- und Spannungsmessungen bestimmt. Die Reihenschaltung wird durch Entfernen der Drahtbrücken von einem auf zwei, drei und vier Kondensatoren nacheinander erweitert. Bei jeder Stufe werden Strom (indirekt) und Spannung der Kapazitätsschaltung gemessen.

Meßwerte:

1 Kondensator $I_c = \frac{U_{1000}}{1000 \Omega} = \text{A};$ $U_c = \text{V.}$	2 Kondensatoren in Reihe $I_{2c} = \frac{U_{1000}}{1000 \Omega} = \text{A};$ $U_{2c} = \text{V.}$
3 Kondensatoren in Reihe $I_{3c} = \frac{U_{1000}}{1000 \Omega} = \text{A};$ $U_{3c} = \text{V.}$	4 Kondensatoren in Reihe $I_{4c} = \frac{U_{1000}}{1000 \Omega} = \text{A};$ $U_{4c} = \text{V.}$

V Versuchsergebnis: Die Berechnung der Gesamtkapazität ergibt für

1 Kondensator:

$$X_c = \frac{U_c}{I_c} = \frac{V}{A} = ; C = \frac{1}{\omega X_c} = \frac{1}{314} = \text{F.}$$

2 Kondensatoren:

$$X_{2c} = \frac{U_{2c}}{I_{2c}} = \frac{V}{A} = ; C_2 = \frac{1}{\omega X_{2c}} = \frac{1}{314} = \text{F.}$$

3 Kondensatoren:

$$X_{3c} = \frac{U_{3c}}{I_{3c}} = \frac{V}{A} = ; C_3 = \frac{1}{\omega X_{3c}} = \frac{1}{314} = \text{F.}$$

4 Kondensatoren:

$$X_{4c} = \frac{U_{4c}}{I_{4c}} = \frac{V}{A} = ; C_4 = \frac{1}{\omega X_{4c}} = \frac{1}{314} = \text{F.}$$

Daraus folgt:

In einer Reihenschaltung von Kondensatoren (Kapazitäten) ist die Gesamtkapazität kleiner als die kleinste Einzelkapazität:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \dots$$

Werden Kondensatoren genau gleicher Kapazität verwendet, so beträgt die

Gesamtkapazität bei Reihenschaltung von 2 Kondensatoren $C = \frac{C_1}{2}$,

von 3 Kondensatoren $C = \frac{C_1}{3}$,

von 4 Kondensatoren $C = \frac{C_1}{4}$.

Empfohlener weiterer Versuch:

Ermitteln Sie die Gesetzmäßigkeit für die Parallelschaltung von Kapazitäten. Messen Sie Strom und Spannung an einem, zwei, drei und vier Kondensatoren in Parallelschaltung und bestimmen Sie jeweils die Gesamtkapazität. (Für die indirekte Strommessung muß bei Verwendung der Geräte aus dem vorhergehenden Versuch der 1000- Ω -Widerstand eine Belastbarkeit von 1,5 bis 2 W haben.)

18.5.4. Bestimmung der Spuleninduktivität

Meßübungen mit Spulen, z. B. Reihen- und Parallelschaltungen, erfordern einen verhältnismäßig hohen Rechenaufwand, da bei Spulen der Wirkwiderstand nicht vernachlässigt werden kann. Aus diesem Grunde soll in diesem Rahmen nur die Bestimmung der Spuleninduktivität mit Hilfe von Gleich- und Wechselstrommessungen aufgezeigt werden.

Versuchsziel: Durch Bestimmung des Gleichstromwiderstands und des Wechselstromscheinwiderstands einer Spule anhand von Spannungs- und Strommessungen soll die Induktivität einer Spule ermittelt werden.

Geräte: Gleichstromquelle (ca. 24 V / 0,5 A), Wechselstromquelle 25 Hz (ca. 42 V / 0,25 A), Wechselstromwecker W 50, Widerstand 1000 Ω (0,25 W), Voltmeter (Meßbereich 15 V $\sim$), Voltmeter (Meßbereich 15 V $\sim$), Voltmeter (Meßbereich 50 V $\sim$).

Meßschaltung:

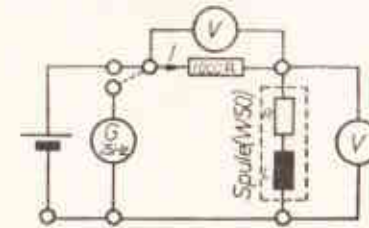


Abb. 18.22

Versuchsausführung: Zunächst werden Stromaufnahme und Spannung an der Spule des Weckers bei Gleichstromspeisung gemessen. Anschließend werden nach Umschalten der Stromversorgung auf 25-Hz-Wechselstrom (RSM) entsprechend Wechselstrom und -spannung an der Spule gemessen.

Meßwerte:

1. Gleichstrom:

$$\text{an } R_{1000}: U = \quad \text{V; das entspricht } I = \frac{V}{1000 \Omega} = \quad \text{A;}$$

$$\text{an der Spule: } U = \quad \text{V;}$$

2. Wechselstrom:

$$\text{an } R_{1000}: U = \quad \text{V; das entspricht } I = \frac{V}{1000 \Omega} = \quad \text{A;}$$

$$\text{an der Spule: } U = \quad \text{V.}$$

Versuchsergebnis: Die Gleichstrommessung ergibt den Wirkwiderstand der Spule:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{V}{A} = \quad \Omega.$$

Aus Wechselstrom und Wechselspannung läßt sich der Scheinwiderstand der Spule berechnen:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{V}{A} = \quad \Omega.$$

Den Blindwiderstand können wir aus der Beziehung

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \text{ bestimmen.}$$

Durch Umstellung der Formel erhalten wir

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$X_L = \sqrt{\quad} = \sqrt{\quad} = \quad \Omega$$

Da $X_L = \omega \cdot L$ ist und ω für 25 Hz den Wert 157 ergibt, können wir jetzt L berechnen:

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{\quad}{157} = \quad \text{H.}$$

Die Induktivität des Wechselstromweckers 50 ergibt sich zu etwa 16 bis 17 H.

18.5.5. Reihenresonanz

Versuchsziel: Die Reihenschaltung einer Spule (Wechselstromwecker 50) mit einem Kondensator soll bei Wechselstromspeisung mit konstanter Frequenz (25 Hz) durch Verändern der Kapazität auf Resonanz abgestimmt werden.

Geräte: Wechselstromquelle (RSM 25 Hz / ca. 24 V), Wechselstromwecker W 50, Kondensatoren 0,2, 0,5, 1, 2, 4, 8 μF , Milliampereometer (Meßbereich bis 20 mA), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V).

Meßschaltung:

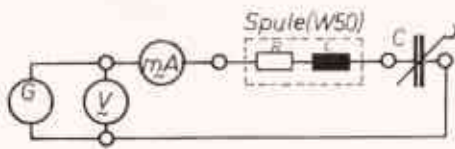


Abb. 18.23

Versuchsausführung: Die Reihenschaltung Spule — Kondensator wird an konstanter Spannung bei konstanter Frequenz betrieben. Der Kapazitätswert wird stufenweise von 0,2 μF auf 0,5 μF , 1 μF , 2 μF , 2,2 μF , 2,5 μF , 3 μF , 4 μF und 8 μF erhöht. In jeder Stufe

wird der fließende Wechselstrom gemessen. Sollte kein Milliampereometer für Wechselstrommessungen zur Verfügung stehen, so kann auch — wie in den vorhergehenden Versuchen — indirekt mit einem Voltmeter an 1000 Ω gemessen werden.

Meßwerte:

C	0,2	0,5	1	2	2,2	2,5	3	4	8	μF
I										mA

Versuchsergebnis: Der höchste Strom fließt in der Reihenschaltung mit einer Kapazität von μF . In diesem Fall ist der Kreis nahezu auf Resonanz abgestimmt. Da wir die Induktivität des Weckers bereits bestimmt haben (Meßversuch 18.5.4), können wir den genauen Kapazitätswert für den Resonanzfall auch berechnen.

Für Resonanz gilt:

$$X_L = X_C$$

$$\omega \cdot L = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega^2 \cdot L} = \frac{1}{157^2 \cdot \quad} = \quad \text{F.}$$

Empfohlener weiterer Versuch:

Bestimmen Sie durch eine entsprechende Meßreihe bei 50-Hz-Wechselstrom den Kapazitätswert zur Abstimmung auf Reihenresonanz! Prüfen Sie das Ergebnis durch Berechnung des Kapazitätswerts! Warum wird im Fernsprechapparat dem Wecker ein Kondensator mit dem Kapazitätswert 1 μF vorgeschaltet, obgleich er die Resonanzbedingung nicht erfüllt?

18.5.6. Übersetzungsverhältnis eines Fernleitungsübertragers

Versuchsziel: Das Übersetzungsverhältnis eines Fernleitungsübertragers bezieht sich auf das Verhältnis von Primär- zu Sekundärwellenwiderstand (Scheinwiderstand). Durch Messung des Spannungs-Übersetzungsverhältnisses soll für einen Übertrager der Zusammenhang zwischen Widerstands- und Spannungs-Übersetzungsverhältnis ermittelt werden.

Geräte: Wechselstromquelle 50 Hz (ca. 24 V / 0,25 A), Regelwiderstand (Potentiometer) 1000 Ω , Fernleitungsübertrager 1:2, Voltmeter (Meßbereich bis 25 V), Voltmeter (Meßbereich bis 50 V).

Meßschaltung:

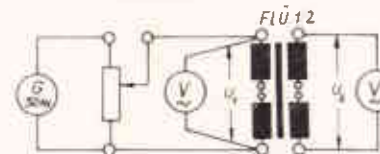


Abb. 18.24

Versuchsausführung: Die Wechselspannung wird über ein Potentiometer der Primärwicklung des Übertragers zugeführt. Es genügen zwei Spannungseinstellungen für die Primärspannung (z. B. 10 V und 20 V). Bei beiden Einstellungen werden Primärspannung und Sekundärspannung gemessen.

Meßwerte:

$$U_{11} = 10 \text{ V; } U_{21} = \quad \text{V;}$$

$$U_{12} = 20 \text{ V; } U_{22} = \quad \text{V.}$$

Versuchsergebnis: Die Meßwerte ergeben für den Fernleitungsübertrager folgendes Übersetzungsverhältnis der Spannungen

$$\ddot{u} = \frac{U_{11}}{U_{21}} = \frac{V}{V} = 1; \ddot{u} = \frac{U_{12}}{U_{22}} = \frac{V}{V} = 1.$$

Vergleichen wir die Ergebnisse (die gleich sein müßten!) mit dem auf dem Übertrager angegebenen Übersetzungsverhältnis, so stellen wir fest:

Spannungsübersetzungsverhältnis = 1 : 1 ,

Widerstandsübersetzungsverhältnis = 1 : 2 .

Daraus folgt:

Das Widerstandsübersetzungsverhältnis ($\ddot{u}_Z = Z_1 : Z_2$) ist gleich dem Quadrat des Spannungsübersetzungsverhältnisses:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{U_1^2}{U_2^2} \text{ oder } \ddot{u}_Z = \ddot{u}_U^2$$

18.5.7. Der Einfluß der Gleichstromvormagnetisierung des Eisenkerns auf die Wirkungsweise eines Übertragers

Versuchsziel: Die Wirkungsweise eines Fernleitungsübertragers bei steigender Gleichstromvormagnetisierung des Eisenkerns soll untersucht werden.

Geräte: Als Fernleitungsübertrager empfiehlt sich die Verwendung des Typs Fha 32. Der Wirkwiderstand einer Wicklungshälfte beträgt beim Übersetzungsverhältnis 1:1 ca. 40 Ω . Auf diesen Übertrager sind die Geräte abgestimmt.

Wechselstromquelle (ca. 24 V / 0,25 A), Gleichstromquelle (ca. 40 V / 1 A), Regelwiderstand 330 Ω (mind. 0,5 A), Amperemeter (Meßbereich bis 0,5 A), Voltmeter (Meßbereich bis 25 V $\sim$), Voltmeter (Meßbereich bis 50 V $\sim$).

Meßschaltung:

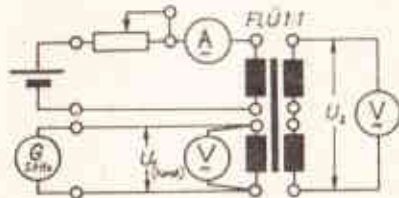


Abb. 18.25

Versuchsausführung: An eine Hälfte der Primärwicklung wird eine Wechselspannung von etwa 20 bis 24 V gelegt. Die Primärspannung und die Sekundärspannung werden durch Voltmeter angezeigt. Über die zweite Hälfte der Primärwicklung läßt man einen Gleichstrom fließen, der in Stufen von 0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 und 0,5 A mit dem Regelwiderstand eingestellt und durch das

Amperemeter gemessen wird. In jeder Stufe wird die Sekundärspannung gemessen.

Meßwerte:

$I = 0 \text{ A}; U_{2\sim} =$	V;
$I = 0,1 \text{ A}; U_{2\sim} =$	V;
$I = 0,2 \text{ A}; U_{2\sim} =$	V;
$I = 0,3 \text{ A}; U_{2\sim} =$	V;
$I = 0,4 \text{ A}; U_{2\sim} =$	V;
$I = 0,5 \text{ A}; U_{2\sim} =$	V.

Versuchsergebnis: Mit steigender Gleichstrommagnetisierung des Eisenkerns wird die Sekundärspannung geringer, obgleich sich weder das Windungszahlenverhältnis, noch die Primärspannung geändert haben. Infolge der steigenden

Vormagnetisierung wächst der Sättigungsgrad des Eisenkerns. Damit wird die mögliche Änderung des magnetischen Flusses durch Wechselstrom geringer. Würde man die Vormagnetisierung weiter steigern (was wegen der begrenzten Belastbarkeit der Wicklungen nicht möglich ist), so würde die Sekundärspannung nahezu auf den Wert Null sinken.

Daraus folgt:

Die Wirkungsweise eines Übertragers wird durch den Grad der Vormagnetisierung seines Eisenkerns stark beeinflußt.

Deshalb erhalten z. B. die Eisenkerne der Induktionsspulen einen Luftspalt. Der Gleichstrom kann auch durch Reihenschaltung eines Kondensators zur Wicklung vom Übertrager ferngehalten werden.

19. Meßübungen an Fernsprechapparaten und NStAnl

19.1. Allgemeines über das Entstören von Fernsprechteilnehmereinrichtungen

Die wichtigsten Voraussetzungen für das erfolgreiche Entstören eines Fernsprechapparats oder einer Fernmeldeanlage sind:

- a) **gute Kenntnisse über die Grundlagen der Elektrotechnik und der Fernmeldetechnik,**
- b) **gute Kenntnisse über Aufbau und Wirkungsweise der verwendeten Bauteile,**
- c) **Sicherheit im Schaltungslesen, hierzu zählen**
Stromlaufzeichnungen (Sz),
Übersichtspläne (Üp),
Bauschaltpläne (Bp),
Relaisdiagramme (Di),
Schaltzeichen nach DIN 40700,
Tabellen (Ta),
- d) **Kenntnisse über die Zählweise der Kontakte und Wicklungsanschlüsse bei Relais** (vgl. hierzu Band 8 des „Handbuchs der Fernmeldetechnik — Grundreihe“),
- e) **Erfahrungen im Umgang mit Prüf- und Meßgeräten und**
- f) **gute Kenntnisse über die Bedienung der Fernsprechapparate und Nebenstellenanlagen.**

Zum Punkt f) gehören z. B. Kenntnisse über die wesentlichen Aufgaben der Relais und sonstigen Bauteile einer NStAnl.

Zu den wichtigsten Prüfgeräten, Meßgeräten und Hilfsmitteln gehören:

- a) **Der Prüfhörer** (Prüfgerät Nr. 1): Dieses vom Entstörer vorwiegend benutzte Prüfgerät eignet sich gut zum Eingrenzen von Unterbrechungsfehlern. Es ist leicht, anzeigeempfindlich und handlich in der Bedienung. Bei neueren Prüfhörern (Prüfgerät Nr. 1a) ist der Innenwiderstand umschaltbar von 600 Ω auf 10 k Ω . Bei den älteren (Prüfgerät Nr. 1) läßt sich ein Kondensator vorschalten. Das Prüfergebnis — **lautes oder weniger lautes Knacken** — sagt aber nichts aus über die genaue Höhe des Stroms bzw. der Widerstände und über evtl. vorhandene Nebenschlüsse. Außerdem kann der in Reihe geschaltete Widerstand des Fernhörers Fehlstrom für die Relais bedeuten,

- b) **Das Vielfachmeßinstrument** für die Fernsprechentstörung (VmFeE). Es ist für die Fernsprechentstörung speziell entwickelt worden und eignet sich zum Messen von Widerständen und Spannungen.
- c) **Hilfsmittel:** Hierunter versteht man Prüfschnüre mit Prüfspitzen oder -klammern zum schnellen Festlegen der Prüfspitzen an die Lötösen oder Kontaktfedern, Isolierstreifen zum Isolieren von Kontakten, Quetschkammern (Krokodilklemmen) zum Festlegen von Relaisankern u. ä.
- d) **Das Prüfgerät 41** ist ein Gerät zum Messen der 16-kHz-Impulse und der Leitungsdämpfung.
- e) **Das Prüfgerät 57** ist geeignet zum Prüfen der Leitungen und Inneneinrichtungen.
- f) **Der Automatische Prüfplatz** dient zum Überprüfen der Leitungen, des Weckers, des Sprechkreises und des NrS einer Tln-Einrichtung.
- g) **Das Kabeladerprüfgerät:** Mit Hilfe dieses Geräts lassen sich Vertauschungen und Berührungen in Kabeln leicht prüfen.

In diesem Band sollen an einigen Beispielen praktische Entstörungsversuche an Fernsprechapparaten und NStAnl aufgezeigt werden. Grundsätzlich gilt hierzu folgendes:

Die Untersuchung eines von der **HASl abgetrennten FeAp** wird zweckmäßig mit dem **VmFeE** (Ohmmeter) vorgenommen, dagegen wird bei einer NStAnl zum schnellen Durchprüfen auch der Prüfhörer von großem Nutzen sein. Nur in Ausnahmefällen, wenn es wirklich nicht anders möglich ist, darf die HASl als Spannungsquelle zum Prüfen mit dem Prüfhörer verwendet werden, da bei jedem Schleifenschluß die Amtseinrichtung belegt wird. Bei NStAnl wird in jedem Falle mit den Spannungen des Gleichrichtergeräts geprüft.

Der Entstörer muß beim Eingrenzen eines Fehlers immer davon ausgehen, daß es zwei wichtige Arten von Fehlern gibt:

1. die **Unterbrechungsstörung** und
2. die **Nebenschlußstörung**.

Während es sich bei der Unterbrechung tatsächlich um eine Stromkreisunterbrechung handelt, liegt bei der Nebenschlußstörung ein Parallelweg vor, der ein wichtiges Bauteil, z. B. Relais, durch seinen mehr oder weniger großen Widerstand überbrückt. Beide Fehler müssen nach verschiedenen Methoden gesucht werden. Bei einer Unterbrechung wird ein einfaches „Durchknacken“ mit dem Prüfhörer zum Ziele führen. Bei der Nebenschlußstörung werden sich jedoch eine Widerstandsmessung und evtl. ein Drahtauslöten nicht vermeiden lassen.

Ein Unterbrechungsfehler wird mit dem Prüfhörer eingegrenzt, indem man den Stromkreis mit einer Prüfspitze an leicht zugänglichen Stellen absucht und die andere Prüfspitze mit dem Gegenpotential des Teilprüfstromkreises versieht. Es muß also im Prüfstromkreis immer Plus- und Minus-Potential vorhanden sein.

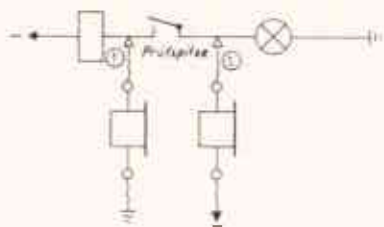


Abb. 19.1 — Arbeitsbeispiele mit dem Prüfhörer

usw.) abgesucht werden, bis das Knacken aufhört. Zwischen diesem Punkt und dem letzten Knackpunkt liegt der Fehler.

Zu beachten ist jedoch dabei, daß der Stromkreis nachgebildet werden muß, d. h., offene Relaiskontakte müssen zuvor geschlossen werden, z. B. durch Festlegen der Relaisanker mit Krokodilklemmen. Außerdem müssen gleichstromsperrende Bauelemente, wie Kondensatoren und Dioden, im Stromkreis entsprechend berücksichtigt werden.

Ein Unterbrechungsfehler kann aber auch mit dem VmFeE eingegrenzt werden. Hierbei ist die Anlage unbedingt **spannungsfrei** zu machen, also der Netzstecker zu ziehen und evtl. die HASI aufzutrennen. Auch ist auf Parallelkreise und galvanische Verbindungen mit dem Gleichrichtergerät zu achten. Diese sind am besten aufzutrennen. Grundsätzlich sollte vor jeder Entstörung zuerst die Betriebsspannung einer NStAnl mit dem VmFeE gemessen werden, denn häufig ist eine nicht mehr ausreichende Spannung, hervorgerufen durch das Altern der Gleichrichter, die Ursache eigenartig erscheinender Störungen.

Der Vorteil der Widerstandsmessung gegenüber der „Knackmethode“ ist die genauere Anzeige des Ohmmeters über die Größe der einzelnen Widerstände. Es lassen sich daher beim Abtasten des Stromkreises Kontrollen darüber anstellen, ob der in der Stromlaufzeichnung angegebene Widerstandswert mit den tatsächlichen Gegebenheiten übereinstimmt.

Liegen zu untersuchende Stromkreise parallel oder liegt ein Nebenschlußfehler vor, so müssen die Nebenschlußwege durch Auslöten der Drahtverbindungen aufgetrennt werden. Dies ist jedoch nur dann nötig, wenn die Parallelwege durch Kontakte nicht aufzutrennen sind, z. B. durch Einlegen eines Isolierstreifens zwischen 2 Kontaktfedern.

19.2. Prüfen und Entstören eines FeAp 61

Der FeAp wird zweckmäßig mit dem VmFeE in Widerstandsmeßschaltung geprüft. Vor Beginn der Prüfung muß er von der HASI abgetrennt werden. Für die normalen Prüfungen brauchen wir den FeAp nicht zu öffnen.

Im Fall 1 sucht die Prüfspitze das Minus-Potential am Relais, im Fall 2 das Plus-Potential an der Lampe.

Es ist sinnvoll, einen langen Stromkreis mit einem Unterbrechungsfehler nicht von einem Ende aus abzusuchen, der Fehler könnte ja genau am anderen Ende liegen. Man bestimmt, von der Mitte ausgehend, erst einmal die Stromkreishälfte, die den Fehler enthält. Ist der gestörte Teil des Stromkreises gefunden, so muß Punkt für Punkt (Kontakt, Lötöse, Klemme, Steckverbindung

19.2.1. Prüfung des Anrufstromkreises

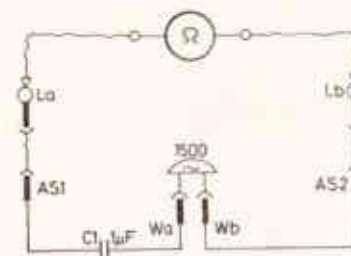


Abb. 19.2 — Prüfung des Anrufstromkreises

des FeAp über das Anzeigeelement aufgeladen und entladen. Dabei erreicht der Zeiger etwa den Wert „15“ der oberen Skala. Das entspricht der Kapazität von etwa 1 µF. Auf der VmFeE-Skala sind nur die Kapazitätswerte 2, 4 und 6 µF grob markiert.

Auszuführende Arbeiten:

Der Handapparat liegt auf. Das VmFeE ist auf den kOhm-Bereich einzustellen und über die Anschaltklemmen **-a** und **b+** mit dem FeAp (La, Lb) zu verbinden. In Abständen von etwa einer Sekunde ist die Taste a/b, b/a des VmFeE zu betätigen.

Ergebnisse:

Der Zeiger des Meßwerks muß bis zu einem Punkt ausschlagen und dann langsam in seine Ruhelage zurückkehren. Beim Betätigen der Taste wird der Kondensator des FeAp über das Anzeigeelement aufgeladen und entladen. Dabei erreicht der Zeiger etwa den Wert „15“ der oberen Skala. Das entspricht der Kapazität von etwa 1 µF. Auf der VmFeE-Skala sind nur die Kapazitätswerte 2, 4 und 6 µF grob markiert.

19.2.2. Prüfen der Induktionsspule mit komplexer Nachbildung, der Weckerspule und des Funkenlöschwiderstands

Auszuführende Arbeiten:

Der Handapparat ist abzuheben und die Sprechkapsel herauszunehmen. Das VmFeE wird mit dem mittleren Widerstandsmeßbereich ($\Omega \times 10$) an die Klemmen La und Lb gelegt.

Ergebnisse:

Das VmFeE muß bei einem Weckerwiderstand von 1500 Ohm einen Gesamtwiderstand etwa 700 Ohm anzeigen. Der Weckerwiderstand liegt mit dem 100-Ohm-Funkenlöschwiderstand in Reihe, ebenso die 250 Ohm vom Übertrager mit dem 1-kOhm-Nachbildwiderstand. Beide Reihenschaltungen sind parallelgeschaltet.

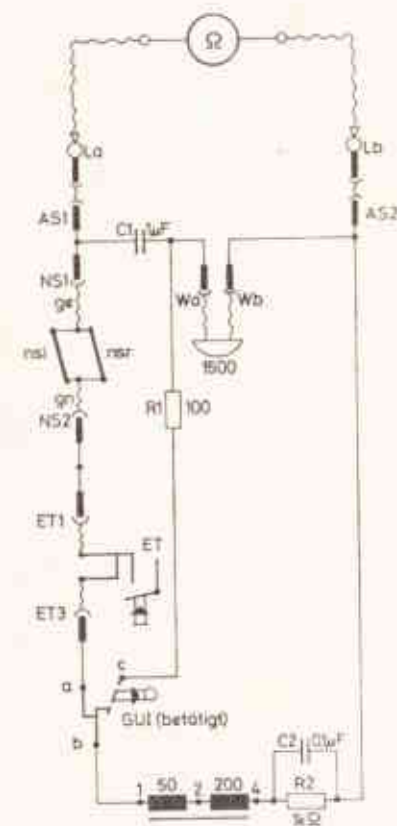
$$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_g = \frac{1600 \Omega \cdot 1250 \Omega}{1600 \Omega + 1250 \Omega}$$

$$R_g = \frac{2000000 \Omega^2}{2850 \Omega}$$

$$R_g = 705 \text{ Ohm}$$

Abb. 19.3 — Prüfen der Induktionsspule, der Weckerspule und des Funkenlöschwiderstands



19.2.3. Prüfen des nsa-Kontakts

Auszuführende Arbeiten:

Der Handapparat wird zur Messung abgenommen. Das VmFeE ist auf den kleinsten Bereich (Ohm) einzustellen und mit den Anschaltetelektren $\boxed{-a}$ und $\boxed{b+}$ an die Apparatetelektren La und Lb anzuschließen. Der NrS ist aufzuziehen!

Ergebnisse:

Das Instrument muß nahezu 0 Ohm anzeigen, denn der nsa-Kontakt schließt alle Bauteile kurz. Bei merklicher Widerstandsangabe ist der Kurzschlußstromkreis nicht in Ordnung. Übergangswiderstände können am nsi/nsr-Kontakt, an der Erdtaste, am GU- und am nsa-Kontakt entstehen.

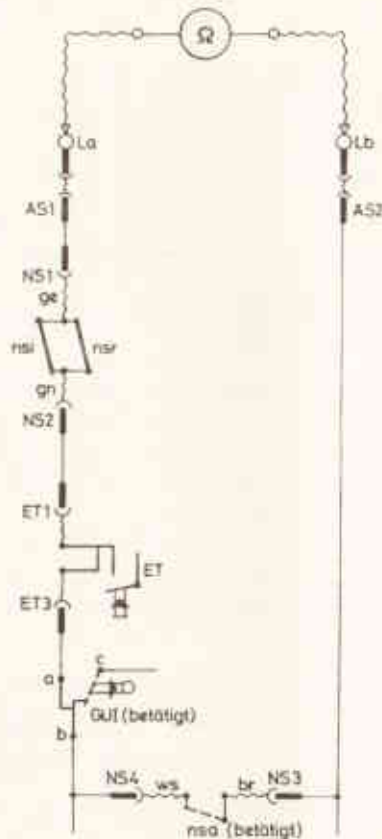


Abb. 19.4 — Prüfen des nsa-Kontakts

19.2.4. Prüfung des nsi/nsr-Kontakts

Auszuführende Arbeiten:

Der FeAp wird wie unter Prüfung 19.2.3 an das VmFeE angeschaltet. Man wählt zunächst die Ziffer „Null“, anschließend eine „Eins“.

Ergebnisse:

Beim Ablauf des NrS muß der Zeiger des VmFeE pulsieren. Bei der Wahl der Ziffer „Eins“ darf der Zeiger deutlich nur einen Impuls anzeigen.

19.2.5. Prüfung der Handapparatschnur auf Berührung

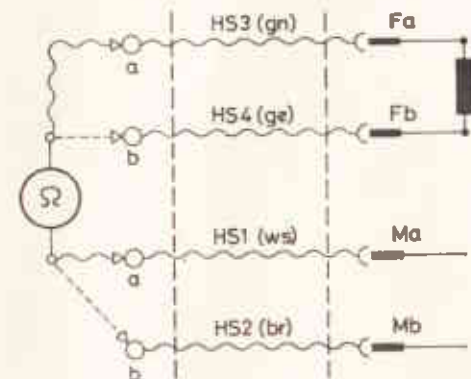


Abb. 19.5 — Prüfen der Handapparatschnur

Auszuführende Arbeiten:

Die Hör- und Sprechkapseln sind aus dem Handapparat herauszunehmen. Das VmFeE ist mit den Anschaltetelektren $\boxed{-a}$ und $\boxed{b+}$ an je eine Feder des Hör- und Sprechkapseleneinsatzes zu legen. Man wählt den größten Meßbereich (κOhm). Während der Messung wird die Handapparatschnur bewegt.

Ergebnisse:

Der Widerstand muß größer als 1 MOhm, nahezu $\infty \Omega$ groß sein. Sollte der Zeiger beim Bewegen der Handapparatschnur ausschlagen, dann muß die Schnur ausgewechselt werden. Es besteht Berührung zwischen den Adern.

19.2.6. Messung des Mikrofonstromkreises

Auszuführende Arbeiten:

Bei eingesetzter Sprechkapsel ist das VmFeE im mittleren Widerstandsmeßbereich ($\Omega \times 10$) mit den Klemmen **-a** und **b+** an die Apparateklammen La und Lb anzuschließen. Während der Messung ist der Handapparat zu bewegen.

Ergebnisse:

Der Meßwert schwankt zwischen 300 und 700 Ohm.

Folgende Gleichstromwiderstände liegen im Apparat: Nachbildwiderstand 1 kOhm in Reihe mit 200 Ohm vom Übertrager, dazu parallel das Mikrofon. Der sich daraus ergebende Ersatzwiderstand liegt in Reihe mit 50 Ohm vom Übertrager, parallel dazu liegen die 1800 Ohm des Wecker-Funkenlöschwiderstands.

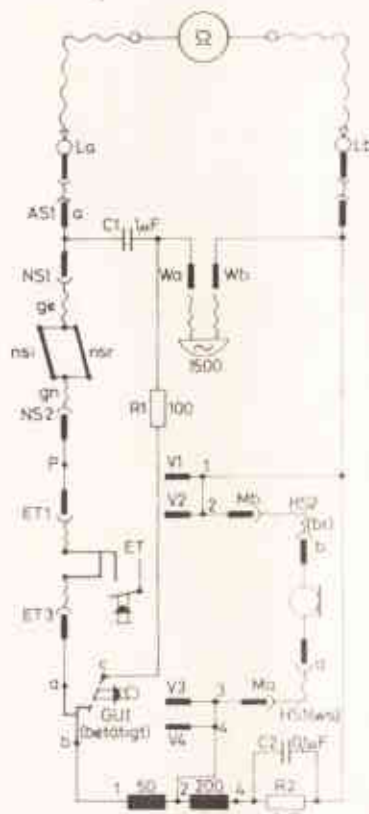


Abb. 19.6 — Messung des Mikrofonstromkreises

19.2.7. Prüfung der Induktionsspule und des Gehörschutzgleichrichters

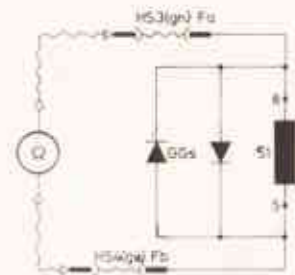


Abb. 19.7 — Prüfung der Induktionsspule und des Gehörschutzgleichrichters

Auszuführende Arbeiten:

Das VmFeE wird im kleinsten Widerstandsmeßbereich (Ω) an die beiden Federn im Hörkapseleneinsatzraum angeschlossen. Beim Bewegen der Handapparatschnur darf der Zeiger nicht pendeln. Sonst muß die Schnur ausgetauscht werden.

Ergebnisse:

Der Meßwert liegt bei etwa 30 Ohm. Dieser Wert erklärt sich daraus, daß das VmFeE im niedrigsten Meßbereich mit der Meßspannung 1,5 V arbeitet. Aufgrund der Spannungsverteilung an den Widerständen im Gerät beträgt die Spannung am Gleichrichter weniger als 0,4 V, der Gleichrichter befindet sich somit noch im Schwellwertbereich.

19.2.8. Prüfung der W-Ltg

Auszuführende Arbeiten:

Das VmFeE wird im kleinsten Widerstandsmeßbereich (Ω) an die Apparateklammen La und W angeschaltet.

Ergebnisse:

Der Meßwert muß 0 Ohm betragen, da die W-Ltg die verlängerte a-Ltg ist und in diesem Stromkreis keine Widerstandsbauteile vorhanden sind.

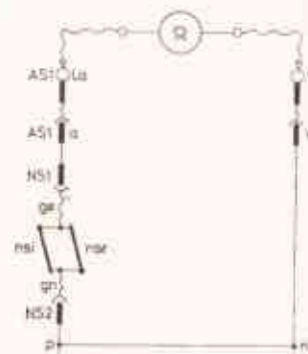


Abb. 19.8 — Prüfung der W-Ltg

19.2.9. Prüfung der Erdtaste

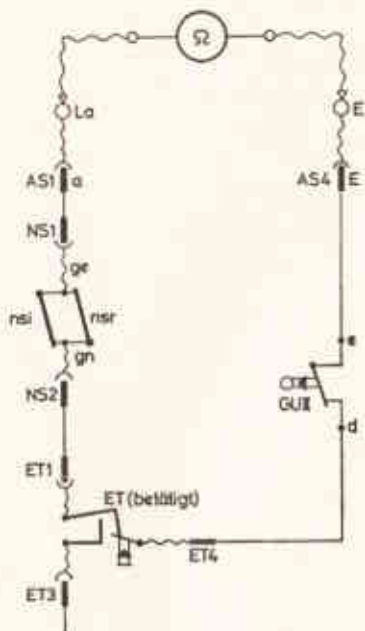


Abb. 19.9 — Prüfung der Erdtaste

Auszuführende Arbeiten:

Das VmFeE ist im kleinsten Widerstandsmeßbereich (Ω) an die Apparateklemmen La und E zu legen. Die Erdtaste ist zu drücken.

Ergebnisse:

Bei abgenommenem Handapparat und gedrückter Erdtaste muß der Widerstandswert nahezu 0 Ohm betragen.

Bei Abweichungen vom angegebenen Wert wird der Apparat geöffnet und der entsprechende Stromkreis mit dem VmFeE von Punkt zu Punkt gemessen. Zu beachten ist, daß durch verschmutzte Kontakte Übergangswiderstände entstehen können.

19.3. Prüfen und Entstören eines W 48

Der FeAp 48 wird zweckmäßig mit dem VmFeE geprüft, ohne ihn zu öffnen. Der Apparat wird dazu von der HASI abgetrennt.

19.3.1. Prüfen des Anrufstromkreises

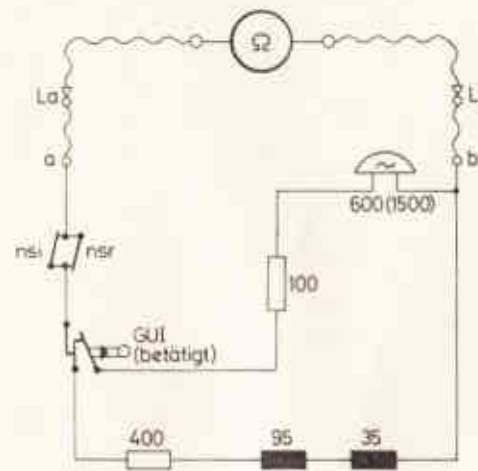


Abb. 19.10 — Prüfen des Kondensators
im Anrufstromkreis

Auszuführende Arbeiten:

Der Handapparat liegt auf und das VmFeE ist mit seinen Anschaltklemmen $-a$ und $b+$ an die Klemmen La und Lb in der Klemmdose angeschlossen. Im größten Widerstandsmeßbereich ($k\Omega$) betätigt man die Vertauschtaste a/b.

Ergebnisse:

Der Zeiger des Instruments schlägt bis zu einem bestimmten Punkt aus und kehrt dann in die Ruhelage zurück. Die Kapazität kann dabei grob bestimmt werden (vgl. hierzu Abschn. 19.2.1).

19.3.2. Prüfen der Induktionsspule und des Wecker-Funkenlöschwiderstands-Nebenschlußkreises

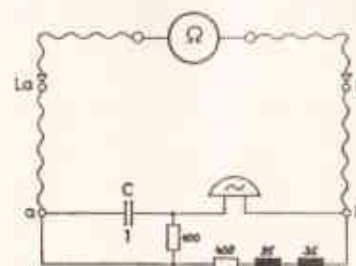


Abb. 19.11 — Prüfen der
Induktionsspule

Auszuführende Arbeiten:

Der Handapparat ist abzuheben, die Sprechkapsel herauszunehmen und das VmFeE im mittelsten Widerstandsmeßbereich ($\Omega \times 10$) an die Klemmen La und Lb anzulegen.

$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_0 = \frac{1600 \Omega \cdot 520 \Omega}{1600 \Omega + 520 \Omega}$$

$$R_0 = \frac{832000 \Omega^2}{2120 \Omega}$$

$$R_0 = 400 \text{ Ohm}$$

Ergebnisse:

Das Meßgerät muß bei einem Weckerwiderstand von $2 \times 300 \text{ Ohm}$ (1500) einen Gesamtwiderstand von 300 (400) Ohm anzeigen.

Die Weckerspule liegt mit dem 100-Ohm-Widerstand in Reihe, ebenso der Nachbildwiderstand mit der Induktionsspule. Beide Reihenkreise liegen parallel.

19.3.3. Prüfen des nsa-Kontakts

Auszuführende Arbeiten:

Der Handapparat ist abzuheben und das VmFeE im niedrigsten Widerstandsbereich (Ω) an die Appareteklemmen La und Lb anzuschalten. Anschließend wird der NrS aufgezo-

Ergebnisse:

Das Instrument muß 0 Ohm anzeigen, andernfalls ist der Kurzschlußstromkreis nicht in Ordnung (vgl. hierzu Abschn. 19.2.3).



Abb. 19.12 — Prüfen des nsa-Kontakts

19.3.4. Prüfen der Handapparatschnur

Auszuführende Arbeiten:

Die Sprechkapsel ist aus dem Handapparat herauszunehmen und das VmFeE an je eine Feder des Hör- und Sprechkapselraums anzuschalten. Es wird der größte Widerstandsmeßbereich ($k\Omega$) gewählt.

Ergebnisse:

Der gemessene Wert muß nahezu $\infty \Omega$ groß sein. Das bedeutet, beim Anschalten des Instruments darf sich der Zeiger kaum aus seiner Ruhelage verändern. Entsteht beim Bewegen der Schnur eine Widerstandsminderung, so ist die Schnur auszuwechseln.

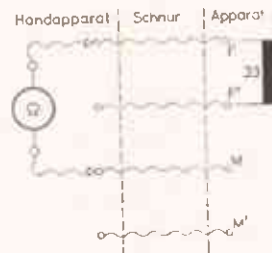


Abb. 19.13 — Prüfen der Handapparatschnur

19.3.5. Prüfen der Induktionsspule und des Gehörschutzgleichrichters

Auszuführende Arbeiten:

Das VmFeE ist im niedrigsten Widerstandsbereich an je eine Feder im Hörkapsel-einsatzraum anzulegen.

Ergebnisse:

Der Meßwert liegt bei 30 Ohm (vgl. hierzu die Erklärung unter 19.2.7).

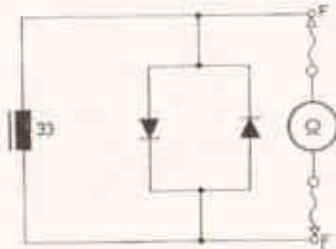


Abb. 19.14 — Prüfen der Induktionsspule und des Gleichrichters

19.3.6. Prüfen des Mikrofonstromkreises

Auszuführende Arbeiten:

Das VmFeE wird im mittleren Widerstandsmeßbereich ($\Omega \times 10$) an die Appareteklemmen La und Lb gelegt. Anschließend ist der Handapparat zu bewegen.

Ergebnisse:

Aufgrund der schwankenden Widerstandswerte des Mikrofons ergibt sich ein Meßergebnis von etwa 200 bis 300 Ohm.

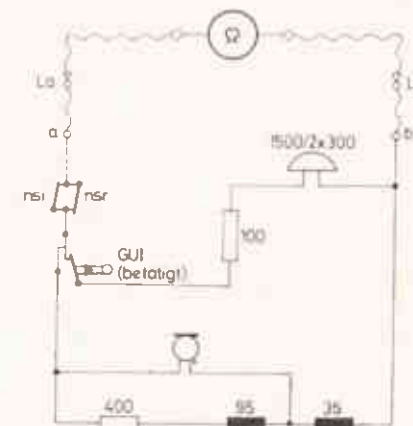


Abb. 19.15 — Prüfen des Mikrofonstromkreises

19.3.7. Prüfen der W2-Ltg

Auszuführende Arbeiten:

Das VmFeE wird im niedrigsten Widerstandsmeßbereich (Ω) an die Klemmen W2 und La angelegt.

Ergebnisse:

Der Meßwert muß 0 Ohm betragen, da die W2-Ltg über die Verbindung 2-W2 die verlängerte a-Ltg darstellt und keine Widerstände enthält.

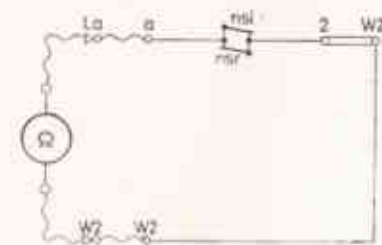


Abb. 19.16 — Prüfen der W2-Ltg

19.3.8. Prüfen der Erdtastenfunktion

Auszuführende Arbeiten:

Das VmFeE wird im niedrigsten Widerstandsmeßbereich (Ω) an die Klemmen La und E angelegt.

Ergebnisse:

Bei betätigter Erdtaste soll der Meßwert 0 Ohm betragen.

Bei Abweichungen von den angegebenen Werten muß der Apparat geöffnet und der entsprechende Stromkreis mit dem VmFeE schrittweise abgetastet werden.

Handelt es sich um einen Nebenschlußfehler, dann wird der Stromkreis so weit aufgetrennt, bis der Nebenschlußstromkreis gefunden ist.

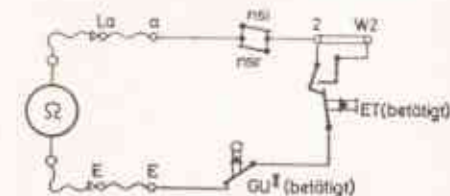


Abb. 19.17 — Prüfen der Erdtastenfunktion

19.4. Prüfen und Entstören einer WNStAnl W 1/1 (161)

19.4.1. Eingrenzen und Beseitigen einer Unterbrechungsstörung

Als Beispiel für eine Unterbrechungsstörung soll angenommen werden, daß es sich um einen Fehler im Innen Verbindungsweg handelt. Bei der Überprüfung der Anlage wurde festgestellt, daß die HSt die NSt nicht rufen kann. Um einen Fehler in der Stromversorgung auszuschließen, ist es sinnvoll, vor jeder weiteren Eingrenzung die Speise- und Rufspannung im Gleichrichtergerät zu messen. Die Speisespannung beträgt im Leerlauf 30 V, die Rufspannung 60 V.

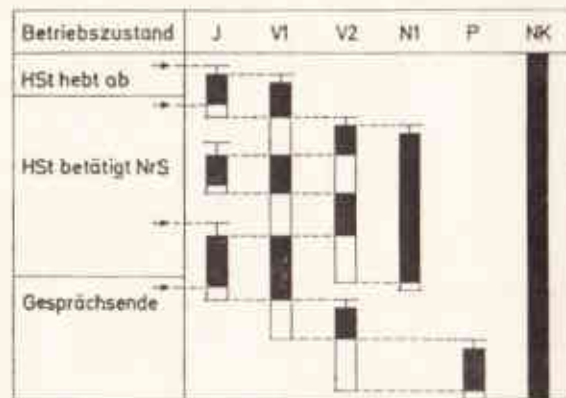


Abb. 19.18 — Relaisdiagramm

Anhand des Relaisdiagramms kann zuerst festgestellt werden, ob die erforderlichen Relais angesprochen haben. Im angenommenen Falle zeigt sich, daß das V2-Relais bei der internen Wahl nicht anspricht. Es wird daraufhin ein Unterbrechungsfehler vermutet.

Zum Prüfen des Stromkreises muß der Anzugsstromkreis für das V2-Relais nachgebildet werden. Hierzu legt man mit einer Krokodilklemme den V1-Relaisanker fest.

Nun kann mit dem Prüfgerät Nr. 1 der gestörte Stromkreis abgesucht werden. Zweckmäßigerweise wird dazu der eine Pol fest am Pluspotential angeschlossen. Mit der anderen Prüfspitze sucht man daraufhin die folgenden Prüfpunkte ab:

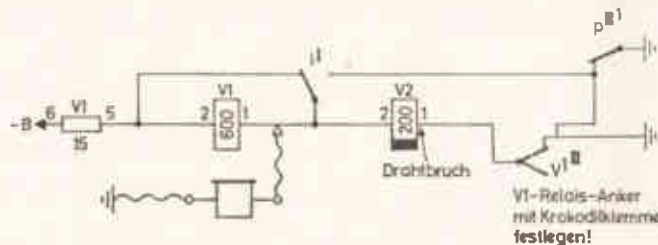


Abb. 19.19 — Schaltungsauszug WNStAnl W 1/1 (161)

1. Prüfpunkt: Minuspotential; starkes Knackgeräusch, Prüfung des Prüfgeräts, evtl. Kondensator ausschalten.
2. Prüfpunkt: V1-Relais, Lötstift 5; Knackgeräusch, Fehler liegt in Richtung „Plus“.
3. Prüfpunkt: V1-Relais, Lötstift 2, Knackgeräusch, Fehler liegt in Richtung „Plus“.
4. Prüfpunkt: V1-Relais, Lötstift 1; Knackgeräusch wie unter 3., V1-Relais ist kurzgeschlossen.
5. Prüfpunkt: V2-Relais, Lötstift 2; Knackgeräusch, Fehler liegt in Richtung „Plus“.
6. Prüfpunkt: V2-Relais, Lötstift 1; Knackgeräusch, Relais zieht an.
Laut Schaltung liegt am V2-Relais, Lötstift 1, Pluspotential an. Wäre die Plusleitung bis hierher in Ordnung, dürfte es nicht knacken (Relais nicht anziehen). Zur Sicherheit jetzt Prüfspitze an Minuspotential legen, kein Knacken. Fehler liegt in Richtung „Plus“.
7. Prüfpunkt: Prüfgerät am Minuspotential lassen, mit der anderen Prüfspitze den vIII-Kontakt abtasten; Knackgeräusch, Fehler liegt in Richtung V2-Relais.
8. Prüfpunkt: V2-Relais, Lötstift 1, kein Knackgeräusch. Der Fehler liegt also zwischen dem vIII-Kontakt und dem Lötstift 1 des V2-Relais. Bei genauem Hinsehen bzw. Anfassen des Drahts mit einer Pinzette wird ein Drahtbruch am Lötstift 2 festgestellt.

Zur schnellen Eingrenzung des Fehlers empfiehlt es sich, die Prüfpunkte in Stichproben, z. B. 1, 6, 8, abzusuchen.

Nach dem Beseitigen des Fehlers durch Anlöten des Drahts muß die Anlage selbstverständlich gründlich durchgeprüft werden. Hierzu sind alle möglichen Verbindungen aufzubauen und erst, wenn sich kein weiterer Fehler zeigt, gilt die Anlage als betriebsbereit.

19.4.2. Eingrenzen und Beseitigen einer Nebenschlußstörung

Für dieses Beispiel soll angenommen werden, daß kein „Wählton“ vorliegt. Der gestörte Anlagenteil bezieht sich also auf den Amtsweg. Die Speisespannung ist vorhanden, und die angesprochenen Relais stimmen mit denen im Relaisdiagramm überein (vgl. hierzu Abb. 19.20). Auch eine Kontrolle mit dem Prüfgerät an den Klemmen Aa und Ab ergibt einen fehlerfreien Wählton. Wenn der Wählton trotzdem nicht in den Sprechstellen gehört werden kann, muß auf einen Nebenschlußfehler geschlossen werden.

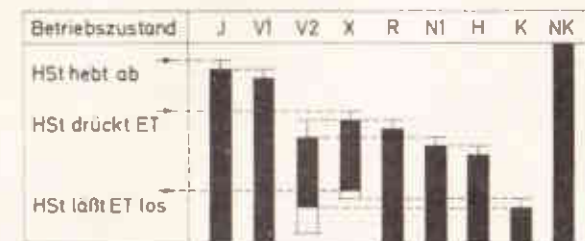


Abb. 19.20 — Relaisdiagramm

Die Eingrenzung dieses Fehlers wird mit dem VmFeE im mittleren Widerstandsmeßbereich durchgeführt. Amtsleitung und Netzspannung sind zuvor unbedingt abzutrennen. Zur Stromkreismachbildung müssen die H-, J- und K-Relais-Anker mit Krokodilklemmen festgelegt werden.

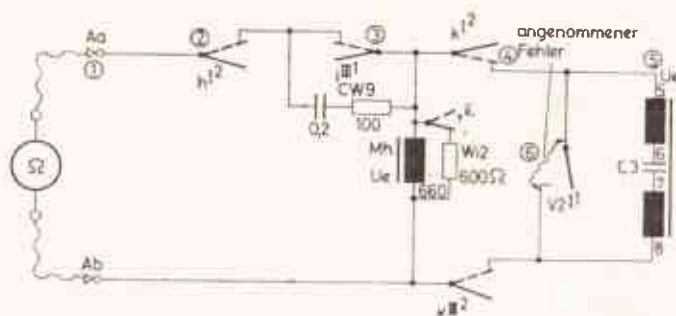


Abb. 19.21 — Schaltungsauszug

Nachdem das VmFeE an die Klemmen a und b der Anlage angeschlossen worden ist, werden folgende Prüfungen nacheinander durchgeführt:

1. Anschalten des VmFeE: **0 Ohm**; Kurzschluß besteht zwischen a und b.
2. Auftrennen am h12-Kontakt: **∞ Ohm**; Fehler liegt in Richtung Übertrager.
3. Auftrennen am i1111-Kontakt (h12 wieder geschlossen): **∞ Ohm**; Fehler liegt in Richtung Übertrager.
4. Auftrennen am k12-Kontakt (i1111 wieder geschlossen): **660 Ohm**; Kurzschlußfehler liegt also in Richtung Übertrager hinter dem k12-Kontakt.
5. Auftrennen am Übertrager, z. B. durch Drahtauslöten am Lötstift 5, k12 wieder geschlossen: **0 Ohm**; Fehler liegt zwischen Übertrager und k-Kontakten.
6. Draht am Übertrager Lötstift 5 wieder anlöten, Draht am v211-Kontakt ablösen: **660 Ohm**; Fehler liegt also am v2; v211-Kontakt.
7. Draht wieder anlöten, Kontakt justieren, bzw. Berührung zwischen den beiden Federn beseitigen.
8. Anlage durchprüfen.

19.5. Prüfen und Entstören von Reihenanlagen

Da die Reihenanlagen ohne bzw. mit nur sehr wenigen Relais arbeiten, sind die Stromkreise zwar einfacher, aber die ausgedehnte Kabelführung macht das Eingrenzen eines Fehlers unübersichtlicher.

Bevor man mit dem Prüfen beginnt, ist es zweckmäßig, sich über die Kabelführung zu unterrichten. Man kontrolliert die einzelnen Reihensysteme, angefangen von der Reihenstelle 1 über alle fortlaufenden Reihenstellen bis zur HSt einschließlich des Gleichrichtergeräts. Nach der Kontrolle der Reihensysteme beginnt der eigentliche Prüfvor-

gang. Begonnen wird bei der Reihenstelle 1, bei der man die beste Wähltonkontrolle hat. Wichtig ist, daß alle Anlagenteile bei der Prüfung erfaßt werden. Die Prüfung bezieht sich auf folgende Funktionen:

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Innen Verbindungsweg, | 4. Schanzeichen- bzw. Lampenstromkreis, |
| 2. Amtsweg, | 5. Mithörweg und |
| 3. Rückfrageweg, | 6. Anrufweg. |

Ist ein gestörter Anlagenteil (Stromweg) festgestellt worden, so wird anhand der Stromlaufzeichnung dieser Stromkreis überprüft.

Als Prüfgeräte sind auch hier das Prüfgerät Nr. 1 und das VmFeE gut geeignet. Der Einsatz dieser Geräte richtet sich wiederum nach der Fehlerart (Unterbrechungs- oder Nebenschlußfehler).

Nachdem der Fehler eingegrenzt, gefunden und beseitigt worden ist, muß die gesamte Anlage mit sämtlichen Funktionen durchgeprüft werden. Erst wenn sich kein weiterer Fehler zeigt, ist die Entstörung abgeschlossen.

Bei einer Reihenanlage 202 1/2 soll als Fehler ein nicht einwandfrei schließender Kontakt SII bei der HSt angenommen werden (vgl. hierzu Abb. 19.22). Dieser Fehler macht sich dadurch bemerkbar, daß beim Abfragen durch die HSt die Sz der Reihenapparate nicht ansprechen. Bei nichtgestörter Anlage müßten über die SII-Kontakte der HSt die Sz der NR1 und NR2 ansprechen. Von dem ordnungsgemäßen Arbeiten der betreffenden Sz1 und 2 kann man sich überzeugen, indem man die Amtstasten der Reihenapparate 1 bzw. 2 drückt. Sie sprechen dann über die eigenen SII-Kontakte an. Die angegebene Schaltung sieht das „optische Übergabezeichen“ für die HSt vor, d. h., die HSt erkennt durch Ansprechen des eigenen Sz, wann die NR das ihr zugeteilte Amtsgespräch übernommen hat.

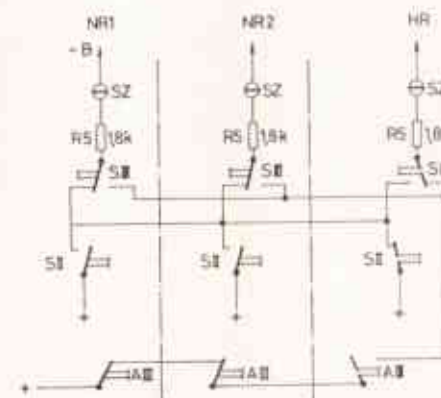


Abb. 19.22 — Sz-Stromkreis

Bei der so beschriebenen Störung muß angenommen werden, daß die HSt das Pluspotential für die Sz der NR nicht ordnungsgemäß anlegt. Es handelt sich somit um einen Unterbrechungsfehler am SII-Kontakt der HSt, der mit dem Prüfhörer eingegrenzt und danach beseitigt werden kann.

Band 5

– Werkstoffbearbeitung

Werk- und Hilfsstoffe – Werkstoffbearbeitung – Technisches Zeichnen
– Arbeitsschutz und Unfallverhütung – Umgang mit Tabellenbüchern

● Repetitor zum Band 5

Band 6

– Fernsprechapparate – Fernsprechanleitung – Nebenstellenanlagen (mit Beihelt)

Fernsprechapparate – Zusatzrichtungen – Fernsprechanleitung – Aufbau und Bedienen des HVL und des Beiheltes – Nebenstellenanlagen und Nebenstellenanlagen

● Repetitor zum Band 6

Band 7

– Linientechnik (2 Teile)

Zweck und Aufbau der Bauteile im Ortsanschlußnetz – Kabelkanalanlage – Formelskabel – Einleiten von Hohlkabeln – Anlegen von Erdkabeln – Kabelmontagearbeiten – Druckluftüberwachung von Ortskabeln – Schutz gegen Korrosion – Unterbauarbeiten für Ortsnetze – Auskantung – Bau oberirdischer Ortsanschlußlinien – Bau oberirdischer Kabelanlagen – Unterbauarbeiten an Holzmastlinien – Sprechstellenbau – Teilnehmeranlagen – Erdungsanlagen – Schutz gegen Überspannungen und Übersätze

● Repetitor zum Band 7

Band 8

– Grundlagen der Vermittlungstechnik (mit Beihelt)

Aufbau und Wirkungsweise der Beihelt- und Motorstrahlwähler – Orts- und Fernvermittlungstechnik – Beiheltkennzeichen – Beiheltvorschriften – Signalrichtungen, Prüf- und Meßrichtungen – Stromversorgung – Aufteilung großer Ortsnetze – Netzgestaltung im Selbstwählfondienst – Unterhalten und Bedienen von Orts- und Fernvermittlungsteilen – Abfertigung des Unterhaltungsdienstes

● Repetitor zum Band 8

Band 9

– Übertragungs- und Datentechnik

Elektroakustik – Leitungstechnik – Trägerfrequenztechnik – Grundlagen der Fernschreib- und Datenübertragungstechnik – Fernschreibapparate

● Repetitor zum Band 9

– Weitere Lehrbücher siehe 2. und 4. Umschlagsseite –

Band 10

— Grundlagen der Schaltungs- und Meßtechnik

Anschluß- und Verbindungstechniken — Bauelemente, Bauteile und Grundlagen der Schaltungstechnik — Niederspannungsnetz, Schutzmaßnahmen und Installationen, VDE-Bestimmungen — Messen und Prüfen

● **Repetitor zum Band 10**

Die Bände werden noch durch den **Sonderband „Grundlagen der Elektronik (mit Repetitor)“** ergänzt, der beim Institut zur Entwicklung moderner Unterrichtsmedien e.V., 28 Bremen 1, Bahnhofstraße 10, bestellt werden kann. Der Band ist wie folgt gegliedert:

Sonderband — Grundlagen der Elektronik

Meßtechnik — Halbleiter — Halbleiterdioden — Transistor — Vierschicht-halbleiter-Bauelemente — Elektronenröhren — RC-Glieder — Kippstufen — Verknüpfungsglieder

● **Repetitor zum Band Grundlagen der Elektronik**

Allgemeines Prüfungswissen (2 Teile)

(für die Kräfte des BF-, BfI- und BPI-Dienstes)

● **Repetitor zum Band Allgemeines Prüfungswissen**

fernmeldelehrling.de

Wichtig zur Vorbereitung auf Eignungsfeststellungen und Prüfungen

Deutschlehre (mit Beiheft)

Rechtschreibung — Wortlehre — Satzlehre — Zeichensetzung — Stil- und Aufsatzkunde — Übungsaufgaben — Übungsdiktate — Lösungen

Rechenlehre

Rechnen — Raumlehre — Sortenverwandlung — Übungsaufgaben — Angewandte Aufgaben — Lösungsheft

Sämtliche Lehrwerke können bestellt werden bei:

Deutsche Postgewerkschaft — Hauptvorstand — Verlag

6 Frankfurt 71 — Rhonestraße 2