
Handbuch

der

Fernmeldetechnik

Grundreihe



Band 11

Elektro-Installation

Handbuch der Fernmeldetechnik

— Grundreihe —

14

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

Band 1

— Allgemeine Berufskunde

Berufsbildungsgesetz — Berufsausbildungsvertrag — Verordnung über die Berufsausbildung zum Fernmeldehandwerker — Jugendarbeitsschutzgesetz — Beschäftigungsverhältnisse bei der DBP — Die Tätigkeitsbereiche und die beruflichen Entwicklungsmöglichkeiten des Fernmeldehandwerkers — Tarifvertrag für Auszubildende der DBP — Aufbau und Aufgaben der DBP — Organisation der Fernmeldeämter — Sozial Einrichtungen — Personalvertretung — Fernmelderecht — Besondere berufskundliche Themen — Staatsaufbau — Grundrechte und -pflichten des Staatsbürgers — Brandschutzanweisung

● Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band 1

Band 2

— Grundkenntnisse der Mathematik und der Physik (mit Beiheft)

Mengen und ihre Darstellung — Grundrechnungsarten — Bruchrechnung — Dreisatzrechnung — Prozentrechnung — Arithmetischer Mittelwert — Gleichungslehre — Proportionen — Funktionen — Berechnung von rechtwinkligen Dreiecken — Dualzahlensystem — Natur und Technik — Physikalische Größen — Mechanik — Akustik — Wärmelehre — Optik — Beiheft mit Aufgaben und Lösungen

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 zur Lernerfolgskontrolle für den Band 3

Band 4

— Aufgabensammlung zu Band 3 (mit Lösungsheft)

— Weitere Lehrbücher siehe 3. und 4. Umschlagseite —

Handbuch der Fernmeldetechnik

Grundreihe

Band 11

Elektro-Installation

2., verbesserte Auflage

Deutsche Postgewerkschaft - Hauptvorstand - Verlag - Rhonestraße 2 - 6000 Frankfurt 71

Vertriebsstelle
Postämter 3
Bachstr. 61
0000 Ansbach

Vorwort

Die Vermittlung von Fertigkeiten und Kenntnissen in Starkstrom-Installation ist integrierter Bestandteil der Berufsausbildung zum Fernmeldehandwerker. Im vorliegenden Band werden die wichtigsten Zusammenhänge über Aufbau und Bedienung elektrischer Anlagen sowie die einschlägigen Bestimmungen dargestellt und kurz erläutert. Die Gliederung ist auf die in der Fernmeldehandwerker-Ausbildung vorgesehenen Ausbildungsinhalte abgestimmt. Als wesentliches Ziel wird dabei gesehen, den Fernmeldehandwerker für die Gefahren beim Umgang mit Anlagen der elektrischen Energietechnik zu sensibilisieren.

Die Ausbildungsinhalte sind dem Berufsausbildungsplan im Elektroinstallateur-Handwerk angepaßt. Sie sind im Hinblick auf die angestrebte größere Mobilität des Fernmeldehandwerkers gegenüber dem bisherigen Standard erweitert worden. Wir möchten an dieser Stelle darauf hinweisen, daß bei der Durchführung von Elektro-Installationsarbeiten immer die jeweils neuesten VDE-Bestimmungen, DIN-Blätter und die besonderen Bestimmungen der örtlich zuständigen Energieversorgungsunternehmen zu beachten sind. Im Buch kann nur der bis zum Redaktionsschluß der jeweiligen Auflage gültige Stand wiedergegeben werden.

Die Verfasser

Inhaltsverzeichnis

Seite

1	Energieversorgung	
1.1	Drehstrom	10
1.1.1	Erzeugung	11
1.1.2	Kenngößen	15
1.1.3	Drehstromsystem	16
1.2	Aufspannung	17
1.2.1	Hochspannungsanlagen	18
1.2.2	Fortleitung	18
1.3	Abspannung	20
1.3.1	Mittelspannungsanlagen	20
1.3.2	Mittelspannungsnetze	20
1.4	Niederspannung	21
1.4.1	Niederspannungssystem	21
1.4.2	Ortsnetze	22
2	Starkstrom-Installationstechnik	
2.1	Schaltunterlagen	25
2.1.1	Schaltzeichen nach DIN	25
2.1.2	Stromlaufplan (zusammenhängende Darstellung)	31
2.1.3	Stromlaufplan (aufgelöste Darstellung)	33
2.1.4	Installationsplan	35
2.1.5	Übersichtsschaltplan	37
2.2	Leitungen, Kabel und Verbindungsmaterial	38
2.2.1	Leitungen und Kabel	38
2.2.2	Verbindungsmaterial	54
2.2.3	Verlegung von Kabeln und Leitungen	66
2.2.4	Besondere Bestimmungen zur Steg- und Feuchtraumleitungsverlegung	77
2.2.5	Besondere Bestimmungen zur Leitungsverlegung in Baderäumen und Duschecken	84
2.2.6	Dimensionierung	88
2.2.7	Schaltungen mit Installationsschaltern	92
2.3	Überstromschutzorgane	107
2.3.1	Dimensionierung	107
2.3.2	Arten der Überstromschutzorgane	118

	Seite
2.4 Einbaugeräte	130
2.4.1 Motor-Schutzschalter	130
2.4.2 Schütze	133
2.4.3 Überstrom- und Zeitrelais, Schaltuhren	135
2.4.4 Schalter	135
2.5 Verteilungen	139
2.5.1 Stahlblechverteilungen	139
2.5.2 Isolierstoff-Verteilungen	141
2.5.3 Kunststoff-Kleinverteilungen	141
2.5.4 Gußverteilungen	142
2.6 Hausanschluß und Zähler	143
2.6.1 Hausanschlußraum	143
2.6.2 Hausanschluß	144
2.6.3 Hauptleitung und Hauptleitungsabzweig	149
2.6.4 Meßeinrichtungen (Zähler) und Steuergeräte	151
2.6.5 Stromkreisverteiler und Steuerleitungen	158
3 Installationssysteme	
3.1 Kabelrinnen, Kabeltröten und Leitungs- und Kabelträger	160
3.2 Installationskanäle	162
3.3 Unterflur-Installationskanäle	164
3.4 Rohre	164
3.5 Installationsgeräte	166
3.5.1 Unter-Putz-Installationsgeräte	167
3.5.2 Auf-Putz-Installationsgeräte	168
3.5.3 Steckvorrichtungen	169
4 VDE-Bestimmungen	
4.1 Bedeutung und Rechtsstellung der VDE-Bestimmungen	171
4.2 Gesetze, Verordnungen und Verfügungen, die auf die VDE-Bestimmungen verweisen	172
4.2.1 Verordnungen der Länder	172
4.2.2 Verfügungen des BPM	173
4.3 VDE-Bestimmungen 0100	173
4.3.1 Definition wichtiger Begriffe	173

	Seite
4.3.2 Schutzmaßnahmen	183
4.3.3 Steckvorrichtungen	206
4.3.4 Überstromschutzorgane	209
4.3.5 Zusatzbestimmungen für Betriebsstätten und Räume sowie Anlagen besonderer Art	209
4.4 VDE-Bestimmungen 0100g	
Prüfung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren	211
4.4.1 Besichtigung	212
4.4.2 Erprobung	215
4.4.3 Messung	215
4.5 VDE-Bestimmungen 0190	
Einbeziehen von Rohrleitungen in Schutzmaßnahmen von Starkstromanlagen mit Nennspannung bis 1000 V	226
4.5.1 Gültigkeit	226
4.5.2 Erdungen	226
4.5.3 Potentialausgleich	227
4.5.4 Ausführung von Erdungs- und Potentialausgleichsleitungen	229
4.5.5 Prüfung und Überwachung	232
4.6 VDE-Bestimmungen 0701	
Bestimmungen für die Instandsetzung, Änderung und Prüfung gebrauchter elektrischer Verbrauchsmittel (Geräte)	233
4.6.1 Gültigkeit und Geltungsbereich	233
4.6.2 Anforderungen	233
4.6.3 Prüfungen	234
4.7 VDE-Bestimmungen 0800	
Bestimmungen für Errichtung und Betrieb von Fernmeldeanlagen einschließlich Informationsverarbeitungsanlagen	236
4.7.1 Teil 1: Allgemeine Bestimmungen	236
4.7.2 Teil 2: Besondere Bestimmungen für Erdungsanlagen	242
4.8 VDE-Bestimmungen 0105	
Betrieb von Starkstromanlagen	245
4.8.1 Betrieb von Starkstromanlagen	245
4.8.2 Erhalten des ordnungsgemäßen Zustandes	247
4.8.3 Persönliche Schutzausrüstung	250
5 Planungsbeispiele	
5.1 Planungsgrundsätze	252
5.1.1 Grundsätze zur Planung von Starkstromanlagen	252

	Seite
5.1.2 Grundsätze zur Planung von Antennenanlagen	253
5.1.3 Planung der Fernsprechanlagen	255
5.1.4 Klingel- Türöffner- und Haussprechanlagen	256
5.1.5 Blitzschutzanlagen	257
5.1.6 Vorgehensweise bei der Elektroplanung	257
5.2 Planung eines Musterbeispiels	257
5.2.1 Erdgeschoß	258
5.2.2 Obergeschoß	265
5.2.3 Untergeschoß	265
5.2.4 Versorgung	266
 6 Beleuchtungsanlagen	
6.1 Innenbeleuchtung	268
6.1.1 Grundbegriffe der Lichttechnik	268
6.1.2 Lampen	272
6.1.3 Schaltungen von Leuchtstofflampen	273
6.1.4 Leuchten	279
6.1.5 Hinweise für die Montage und das Anschließen von Leuchten	281
6.1.6 Ersatz-, Gefahren- und Sicherheitsbeleuchtungen	283
6.1.7 Unterhaltung von Beleuchtungsanlagen	285
6.2 Beleuchtungstechnische Anlagen	287
 7 Klingel- und Türöffneranlagen	
7.1 Allgemeines	290
7.2 Klingel- und Türöffneranlagen	293
7.3 Türsprechanlagen	294
7.3.1 Wechselsprech-Türöffneranlagen	295
7.3.2 Gegensprech-Türöffneranlagen	297
Sachregister	299

1 Energieversorgung

Der Bedarf an elektrischer Energie hängt von der wirtschaftlichen Entwicklung und dem materiellen Wohlstand der Bevölkerung eines Landes ab.

In der Bundesrepublik Deutschland erhöhte sich der Elektrizitätsverbrauch von 1950 bis 1975 um mehr als das Fünffache. Die Nachfrage an elektrischer Energie schwankt innerhalb eines Tages beträchtlich. In den Wintermonaten ist der Elektrizitätsbedarf deutlich höher als im Sommer.

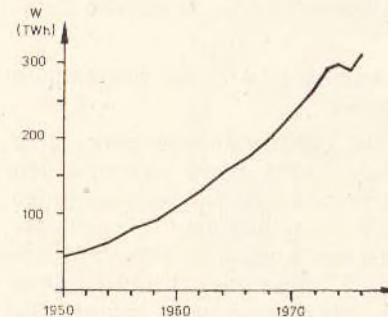


Abb. 1.1 – Elektrizitätsverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland

Die Elektrizitätsverbrauchskurve eines Tages wird als Tagesbelastungskurve bezeichnet. Die perspektivische Anordnung verschiedener Tagesbelastungskurven eines Jahres ergibt das sogenannte „Belastungsgebirge“.

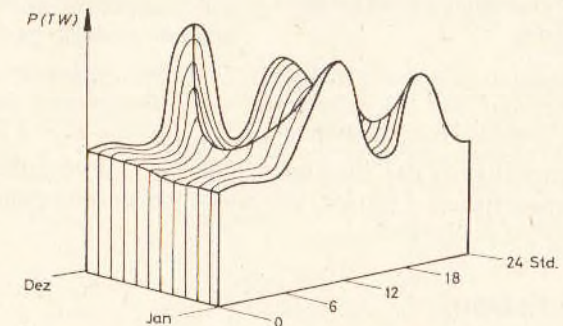


Abb. 1.2 – Belastungsgebirge eines Jahres

Die beiden größten Energieverbrauchergruppen sind die Industrie mit 47% und die privaten Haushalte mit 29% des gesamten Energiebedarfs.

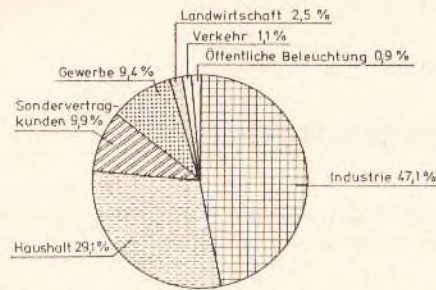


Abb. 1.3 – Anteil der Kundengruppen am Elektrizitätsverbrauch des Jahres 1976

1966 betrug der Anteil der privaten Haushalte 22,3 %; er ist also deutlich gestiegen.

Der Bedarf der Industrie lag im selben Jahr bei 53,4 %; der prozentuale Anteil dieser Abnehmergruppe ist gesunken.



Abb. 1.4 – Primärenergieanteil an der Stromerzeugung

Die Energieversorgungsunternehmen (EVU) sind gesetzlich verpflichtet, den Strombedarf der Wirtschaft und der Bevölkerung sicher, zuverlässig und preiswert zu decken.

Der Drehstrom ist in der Erzeugung und im Elektrizitätsversorgungsnetz ein wesentliches Element, um diesen vorgeschriebenen Anforderungen gerecht zu werden.

1.1 Drehstrom

Die erste Drehstromübertragung wurde anlässlich der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt im Jahre 1891 betrieben. Der Elektroingenieur Oskar von Miller errichtete eine 175 km lange Drehstromverbindung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt.

Auf dieser Verbindung wurde 150 kVA bei 15 kV, versuchsweise auch bei 30 kV, übertragen.

Die Elektrizitätserzeugung stieg seit 1920, von kurzfristigen Schwankungen abgesehen, jedes Jahr um ungefähr 7 %. Dieser Zuwachs bedeutet eine Verdoppelung des Elektrizitätsbedarfes innerhalb von zehn Jahren. Die Verbrauchswerte der Abb. 1.1 bestätigen dies.

Der künftige Zuwachs des Elektrizitätsbedarfs soll weitgehend aus Kernenergie gedeckt werden.

1.1.1 Erzeugung

Im Band 3 dieser Handbuchreihe werden die Grundlagen der Wechsel- und Drehstromerzeugung behandelt.

Dreiphasenwechselspannungen werden in Drehstromgeneratoren erzeugt. Am Stator der Drehstromgeneratoren sind drei um 120° versetzte Wicklungen (Stränge) aufgebracht. Der Rotor ist mit einem Magneten bestückt. Das Magnetfeld kann mit einem Dauermagneten erzeugt werden; in der Praxis wird eine Gleichstromerregewicklung eingesetzt.

Die folgende vereinfachte Darstellung zeigt das Prinzip eines Drehstromgenerators.

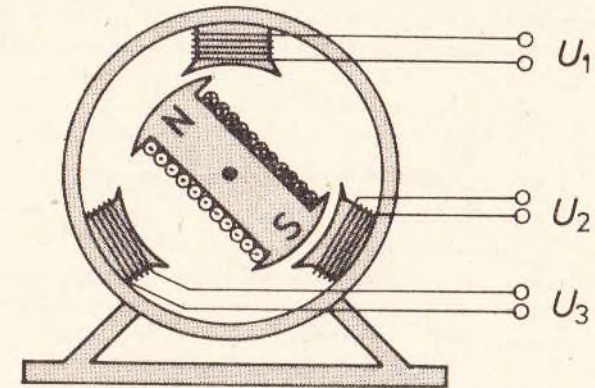


Abb. 1.5 – Aufbau des Drehstromgenerators

In jedem der drei Stränge wird eine sinusförmige Spannung erzeugt.

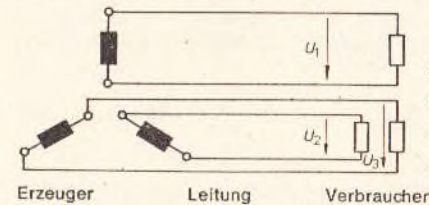


Abb. 1.6 – Drehstromerzeugung

Die drei Spannungen sind, entsprechend der räumlichen Anordnung, um 120° phasenverschoben.

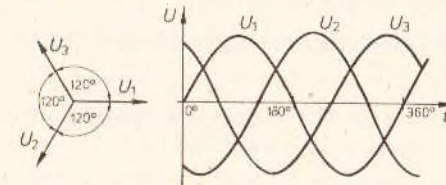


Abb. 1.7 – Zeiger- und Liniendiagramm der Dreiphasenwechselspannung

Aus dem Liniendiagramm der Dreiphasenwechselspannung ist ersichtlich, daß die Summe der drei Spannungen (bzw. der Ströme) unter Berücksichtigung der Vorzeichen zu jedem Zeitpunkt Null ergibt.

In der Schaltung nach Abb. 1.6 sind zwischen Erzeuger und Verbraucher sechs Leitungen nötig. Dieser Leitungsaufwand kann verringert werden, wenn die Stränge zur Stern- bzw. Dreieckschaltung zusammengeschaltet werden.

1.1.1.1 Sternschaltung

Bei der Sternschaltung werden die Strangenden zu einem Sternpunkt verbunden. Dieser Verbindungspunkt ist gleichzeitig der Mittelpunkt N.

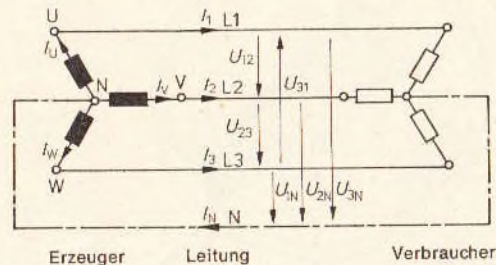


Abb. 1.8 – Sternschaltung

An den Außenpunkten U, V und W werden die **Außenleiter** L1, L2 und L3 angeschlossen.

Der an den Mittelpunkt angeschlossene Leiter hat ebenfalls das Kurzzeichen N für **Mittelleiter**.

Früher wurden die Außenleiter mit R, S, T und der Mittelleiter mit Mp bezeichnet.

Die Außenleiterspannung wird zwischen zwei Außenleitern gemessen, die Indizes bezeichnen diese beiden Leiter, z. B.: U_{23} .

Die **Außenleiter-Mittelleiterspannungen** werden mit U_{1N} , U_{2N} und U_{3N} bezeichnet.

Die **Strangströme** sind gleich den zugehörigen **Außenleiterströmen**:
 $I_U = I_1$, $I_V = I_2$ und $I_W = I_3$

Bei gleichmäßiger (symmetrischer) Belastung sind alle Ströme gleich groß, der Mittelleiter ist stromlos.

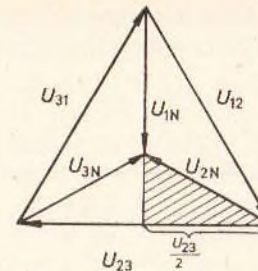


Abb. 1.9 – Spannungen bei der Sternschaltung

Bei unsymmetrischer Belastung fließt im Mittelleiter ein Ausgleichsstrom.

Die Abbildung zeigt die drei Sternspannungen. Die geometrische Summe zweier Sternspannungen ergibt die Außenleiterspannung; beispielsweise setzt sich die Spannung U_{12} aus U_{1N} und U_{2N} zusammen.

Im schraffierten Dreieck gilt:

$$\cos 30^\circ = \frac{U_{23}}{2 \cdot U_{2N}} = \frac{U_{23}}{2 \cdot U_{2N}}$$

$$U_{23} = 2 \cdot \cos 30^\circ \cdot U_{2N}$$

$$U_{23} = 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot U_{2N}$$

$$U_{23} = \sqrt{3} \cdot U_{2N}$$

$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Die Außenleiterspannung ist $\sqrt{3}$ mal größer als die Außenleiter-Mittelleiterspannung:

$$U_{23} = \sqrt{3} \cdot U_{2N}$$

Das gilt für die vergleichbaren Spannungen entsprechend.

Niederspannungsnetze werden grundsätzlich als Vierleiternetze betrieben. Die Ortsnetze sind meist unsymmetrisch belastet. In dem mitgeführten Mittelleiter der Sternschaltung kann der daraus resultierende Ausgleichsstrom fließen.

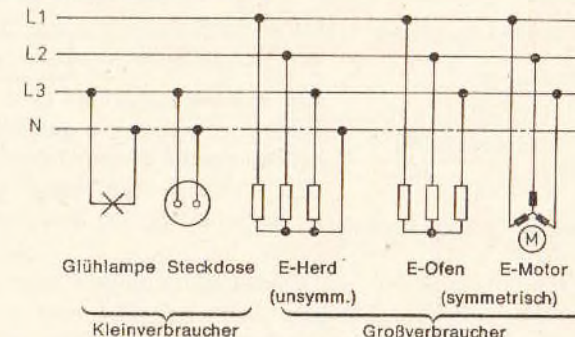


Abb. 1.10 – Vierleiternetz

Kleinverbraucher werden an die Außenleiter-Mittelleiterspannung (220 V), Großverbraucher an die um den Faktor $\sqrt{3}$ größere Außenleiterspannung (380 V) angeschlossen.

1.1.1.2 Dreieckschaltung

Bei der Dreieckschaltung werden die drei Stränge in Reihe geschaltet. Die Verbindungspunkte erhalten die Bezeichnungen U, V und W. An diesen Außenpunkten werden die Außenleiter L1, L2 und L3 angeschlossen.

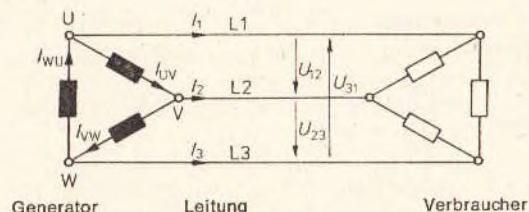


Abb. 1.11 – Dreieckschaltung

Die Außenleiterspannungen sind gleich den Strangspannungen, z. B.: $U_{12} = U_{UV}$.

Bei symmetrischer Belastung sind die Ströme in allen Außenleitern gleich groß.

Jeder Außenleiterstrom setzt sich aus zwei um 120° gegeneinander phasenverschobenen Strangströmen zusammen – beispielsweise der Strom I_2 aus den Strömen I_{UV} und I_{VW} (1. Kirchhoffsche Regel).

Aus dem schraffierten Dreieck geht, entsprechend den Überlegungen zur Abb. 1.12, hervor: $I_2 = \sqrt{3} \cdot I_{VW}$

Die Außenleiterströme sind bei der Dreieckschaltung um den Faktor $\sqrt{3}$ größer als die Strangströme.

Das Dreileiternetz wird bei der Hochspannungsübertragung eingesetzt.

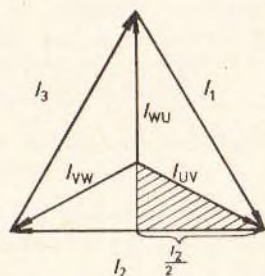


Abb. 1.12 - Ströme der Dreieckschaltung

Die Schaltungsvarianten Stern- und Dreieckschaltungen können auch kombiniert werden, d. h., der Erzeuger kann beispielsweise in Sternschaltung aufgebaut sein und der Verbraucher in Dreieck geschaltet werden.

Ein anschauliches Beispiel dafür ist die Stern-Dreieck-Schaltung für Drehstrommotoren.

Dabei wird der Motor zunächst in Sternschaltung an das Netz angeschlossen. Bei Sternschaltung ist die Strangspannung und damit die Stromaufnahme geringer. Nachdem der Motor hochgelaufen ist, wird auf Dreieckschaltung mit voller Außenleiterspannung umgeschaltet.

In dieser Stellung wird die maximale Leistung des Motors erreicht.

1.1.2 Kenngrößen

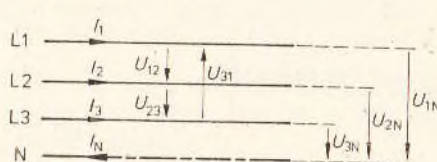


Abb. 1.13 – Vierleiter-Drehstromsystem

Das Drehstromsystem kann als Drei- oder Vierleitersystem ausgeführt werden.

Die Ortsnetze, die unterste Verteilenebene der Elektrizitätsversorgung, werden als Vierleiter-Drehstromnetz betrieben.

Die Frequenz des Drehstromsystems in der Bundesrepublik Deutschland beträgt 50 Hz.

In der obigen Abbildung sind die Kennzeichnungen der Leiter, Ströme und Spannungen eingetragen:

L1, L2, L3 Außenleiter

N Mittelleiter

U_{12}, U_{23}, U_{31} Außenleiterspannungen

U_{1N}, U_{2N}, U_{3N} Außenleiter-Mittelleiterspannung; der Index N kann entfallen, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind.

Im Band 3 dieser Handbuchreihe ist die Drehstromwirkleistung errechnet.

Danach gilt:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$\cos \varphi$: Leistungsfaktor

1.1.3 Drehstromsystem

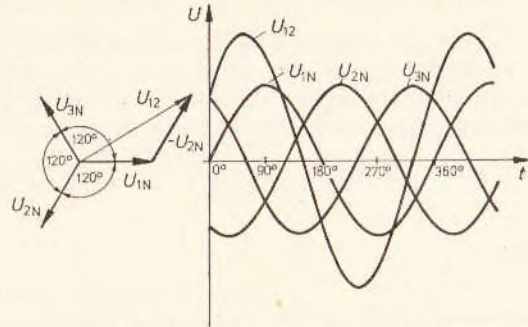


Abb. 1.14 – Liniendiagramm des Drehstroms

Merkmale des Drehstromsystems:

- Die Summe der drei Außenleiter-Mittelleiterspannungen und der Außenleiterströme ergibt bei symmetrischer Belastung zu jedem Zeitpunkt Null (Vorzeichen berücksichtigen).
- Der Effektivwert der Außenleiter-Mittelleiterspannung beträgt $U_{\text{eff}} = 220 \text{ V}$; das entspricht einer Spitzenspannung von $\hat{u} = 311 \text{ V}$ ($= \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}$).
- Der Spannungsunterschied zwischen zwei Außenleitern, z. B. $U_{12} = U_{1N} - U_{2N}$, ergibt einen Effektivwert von 380 V , das entspricht 537 V Spitzenspannung.
Die zeichnerische Subtraktion der beiden Außenleiter-Mittelleiterspannungen U_{1N} und U_{2N} in der Abb. 1.14 bestätigt dies.
- Die drei Außenleiterspannungen U_{12} , U_{23} und U_{31} sind wiederum um 120° gegeneinander phasenverschoben. Die Addition aller drei Spannungen ergibt ebenfalls Null. Die Liniendiagramme der beiden Außenleiterspannungen U_{23} und U_{31} sind in der obigen Abbildung nicht eingezeichnet.
- Der Drehstrom erzeugt, in drei um 120° räumlich versetzt angeordneten Spulen ein umlaufendes Magnetfeld – das sogenannte Drehfeld.

Die Umlaufgeschwindigkeit hängt von der Frequenz des Drehstroms und der Polpaarzahl der Maschine ab.

Darin bedeuten:

$$n_s = \frac{f}{p}$$

n_s Drehzahl des Drehfeldes
 f Frequenz des Drehstromes
 p Polpaarzahl

Das Drehfeld eines vierpoligen Motors (Polpaarzahl = 2) hat bei Netzfrequenz ($f = 50 \text{ Hz}$) eine Drehzahl von

$$n_s = \frac{f}{p} = \frac{50 \text{ Hz}}{2} = 25 \frac{1}{s};$$

das ergibt in der Minute

$$n_s = 25 \frac{1}{s} \cdot 60 = 1500 \frac{U}{\text{min}}.$$

Die Drehrichtung des Drehfeldes ändert sich, wenn zwei Außenleiter vertauscht werden.

Aus diesen Eigenschaften der Dreiphasenwechselspannung ergeben sich die **Vorteile des Drehstromsystems** gegenüber dem Wechselstrom.

- Durch die Zusammenschaltung der drei Stränge zur Dreieck- bzw. Sternschaltung wird der Leitungsaufwand von sechs auf drei bzw. vier reduziert.
- Zwei Spannungswerte stehen zur Verfügung:
 220 V : Außenleiter-Mittelleiterspannung
 380 V : Außenleiterspannung
 Kleinverbraucher werden an die 220 V Wechselspannung angeschlossen.
- Für große Verbraucher ergeben sich bei hoher Leistungsaufnahme an der 380-V -Außenleiterspannung relativ geringe Ströme.
- Die Tatsache, daß mit dem Drehstromsystem sehr einfach ein Drehfeld erzeugt werden kann, ist ein entscheidender Vorzug. Damit wird der Aufbau verhältnismäßig einfacher Drehstrom-Asynchronmotoren ermöglicht.

Die Bezeichnung Drehstrom wurde übrigens von dem Begriff Drehfeld abgeleitet. Der deutsche Ingenieur Michael von Dolivo-Dobrowolsky, der 1891 den ersten Asynchronmotor herstellte, prägte diesen Begriff.

1.2 Aufspannung

Die Drehstromgeneratoren erzeugen Spannungen von $10\,500 \text{ V}$, einige Anlagen die doppelte Spannung: $21\,000 \text{ V}$.

Diese Mittelspannungen werden auf 110 kV , 220 kV bzw. 380 kV hochtransformiert.

Diese hohen Spannungen sind Voraussetzung für das weit gespannte Energieversorgungsnetz.

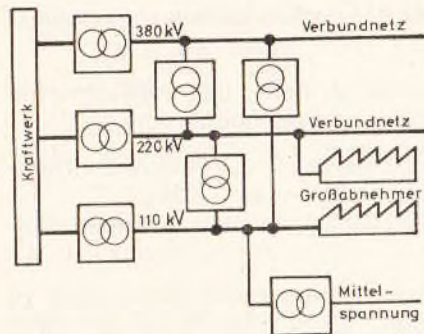
Tabelle: Gebräuchliche Nennspannungen

Nennspannung	Spannungsbereich	Anwendung
220 V, 380 V	Niederspannung	Ortsnetze, Kleinabnehmer
10 kV, 20 kV, 30 kV	Mittelspannung	Großabnehmer, städtisches Erdkabelnetz, Überlandnetze
110 kV	Hochspannung	Speisung der städtischen Netze und der Überlandnetze
220 kV, 380 kV	Höchstspannung	nationale und internationale Verbundnetze

In Ländern außerhalb Europas, in denen die Kraftwerke weit von den Verbraucherzentren entfernt sind, z. B. in Kanada, werden zur Energieübertragung Höchstspannungen über 380 kV verwendet.

1.2.1 Hochspannungsanlagen

Die in der Tabelle dargestellte Unterscheidung zwischen Hochspannung (bis 110 kV) und Höchstspannung (über 110 kV) wird in der Praxis häufig nicht konsequent eingehalten.

**Abb. 1.15 — Hochspannungsanlagen**

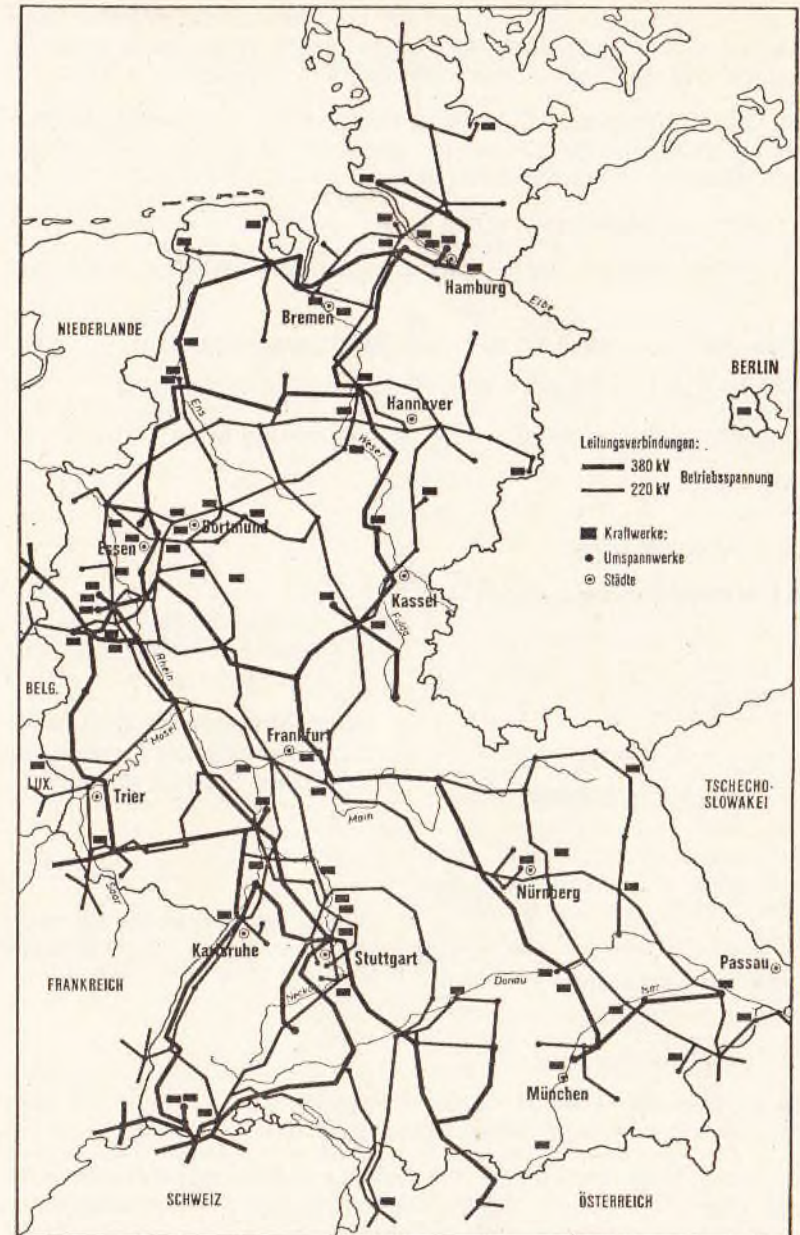
Über das 110-kV-Hochspannungsnetz werden Großstädte, ländliche Versorgungsschwerpunkte und Großabnehmer (z. B.: Bahnanlagen, Industrieunternehmen und Forschungszentren) gespeist.

1.2.2 Fortleitung

Die öffentlichen Energieversorgungsunternehmen (EVU) gründeten 1948 die Deutsche Verbundgesellschaft (DVG).

Die DVG in Heidelberg unterhält ein leistungsfähiges Hochspannungsverbundnetz, das die Großkraftwerke des ganzen Landes miteinander verbindet.

Dieses Bild vermittelt einen ersten Eindruck über die vielfältigen Möglichkeiten des Energieversorgungsnetzes. Über die 380-kV-Höchstspannungsverbindungen sind die Kraftwerke an das Verbundnetz angeschlossen. Die 220-kV-Übertragungsebene ist ebenfalls ein Bestandteil des Verbundnetzes. Neben diesen überregionalen Verbindungen sind an dieses Netz auch wenige Großabnehmer angeschaltet.

**Abb. 1.16 — Deutsches Verbundnetz**

Dieses nationale Verbundsystem ist ein Bestandteil des westeuropäischen Verbundnetzes UCPT (Union für die Koordinierung der Erzeugung und des Transportes elektrischer Energie).

Das UCPT-Verbundnetz ist über Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) mit Großbritannien und den skandinavischen Ländern (Konti-Skan-Übertragung) verbunden.

Der umfassende Verbundbetrieb bringt wesentliche Vorteile mit sich:

- günstige Nutzung der billigen Energieträger (Wasser und Braunkohle)
- Austausch zwischen Spitzen- und Grundlastkraftwerken
- Auslastung der großen kostengünstigen Kraftwerksblöcke
- Aushilfe in Störungsfällen bzw. bei Überholung eines Kraftwerkes

1.3 Abspannung

1.3.1 Mittelspannungsanlagen

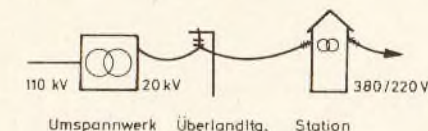


Abb. 1.17 – Überlandnetz

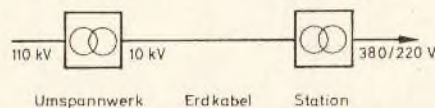


Abb. 1.18 – Städtisches Verteilnetz

Die Hochspannung 110 kV wird in Umspannwerken in 20 kV bzw. 10 kV transformiert.

Mit 20-kV-Überlandleitungen werden die weniger dicht besiedelten ländlichen Gebiete versorgt.

In Städten werden die Kompaktstationen über 10-kV-Erdkabel versorgt.

1.3.2 Mittelspannungsnetze

Die Mittelspannungsnetze stellen ein Bindeglied zwischen dem überregionalen Verbundnetz und den Ortsnetzen dar.

An dieses Netz sind neben den Umspannstationen zur Niederspannungsebene zahlreiche Sonderkunden (z. B. Produktionsbetriebe, Sendeanlagen, Fernsprechvermittlungsstellen usw.) mit eigenen Transformatorenstationen angeschlossen.

1.4 Niederspannung

Die Spannungen unter 1000 V sind als Niederspannungen genormt.

1.4.1 Niederspannungssystem

Das öffentliche Versorgungsnetz der Bundesrepublik Deutschland ist als $3 \times 380/220$ V Drehstromnetz ausgelegt.

Im Zuge der internationalen Angleichung soll dieses Niederspannungsnetz auf $3 \times 400/230$ V umgestellt werden.

Die Netzform richtet sich nach den Versorgungsanforderungen der Kunden und nach der Art der Bebauung. Die Stern-, Ring- und Maschenetze stellen die Grundtypen des Netzaufbaues dar. Die realen Netze enthalten häufig Variationen und Mischformen dieser Grundstrukturen.

Das Strahlennetz ist das einfachste Netz. Dieser Netzaufbau ist übersichtlich, der Schutz der Leitung einfach, und die Investitionskosten sind gering.

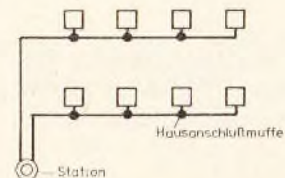


Abb. 1.19 – Strahlennetz

Der wesentliche Nachteil dieses Typs ist die geringe Versorgungszuverlässigkeit; im Falle eines Fehlers sind alle Verbraucher nach der Fehlerstelle stromlos. Außerdem sind die Spannungsverluste auf der Leitung relativ hoch.

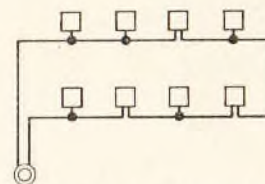


Abb. 1.20 – Ringnetz

Bei der Ringleitung werden die Verbraucher von zwei Leitungen gespeist. Die Spannungsverluste auf der Leitung sind deshalb geringer als bei der einseitig gespeisten Leitung. Die Versorgungszuverlässigkeit ist durch die zweiseitige Versorgung wesentlich höher als beim Sternnetz. Das Ringnetz ist aufwendig und damit teuer.

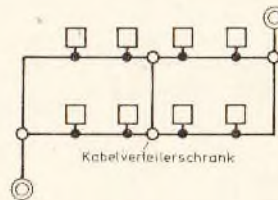


Abb. 1.21 – Maschenetz

Das Maschenetz bietet durch seine Vielzahl von Verbindungen die größte Versorgungssicherheit. Die Spannungsverluste der Leitungen sind gering. Diese Vorteile des aufwendigen Netzes müssen durch hohe Investitionskosten erkauft werden.

In Stationen wird die ankommende Mittelspannung in die Niederspannung für die Ortsnetze heruntertransformiert.

An diesen Stationen werden ein oder mehrere Niederspannungskabel bzw. Freileitungen angeschlossen.

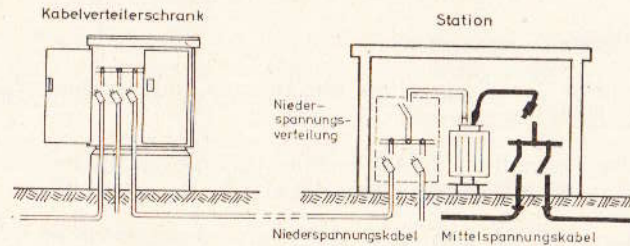


Abb. 1.22 – Netzstation und Kabelverteilerschrank

Diese Abbildung zeigt eine Netzstation und einen Kabelverteilerschrank eines städtischen Erdkabelnetzes. Kabelverteilerschränke werden an den Knotenstellen des Netzes installiert.

1.4.2 Ortsnetze

Diese Versorgungsnetze sind vielfach als Ring- und Maschennetze aufgebaut. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für die praktisch verwirklichten Varianten dieser Grundstrukturen in einem Ortsnetz.

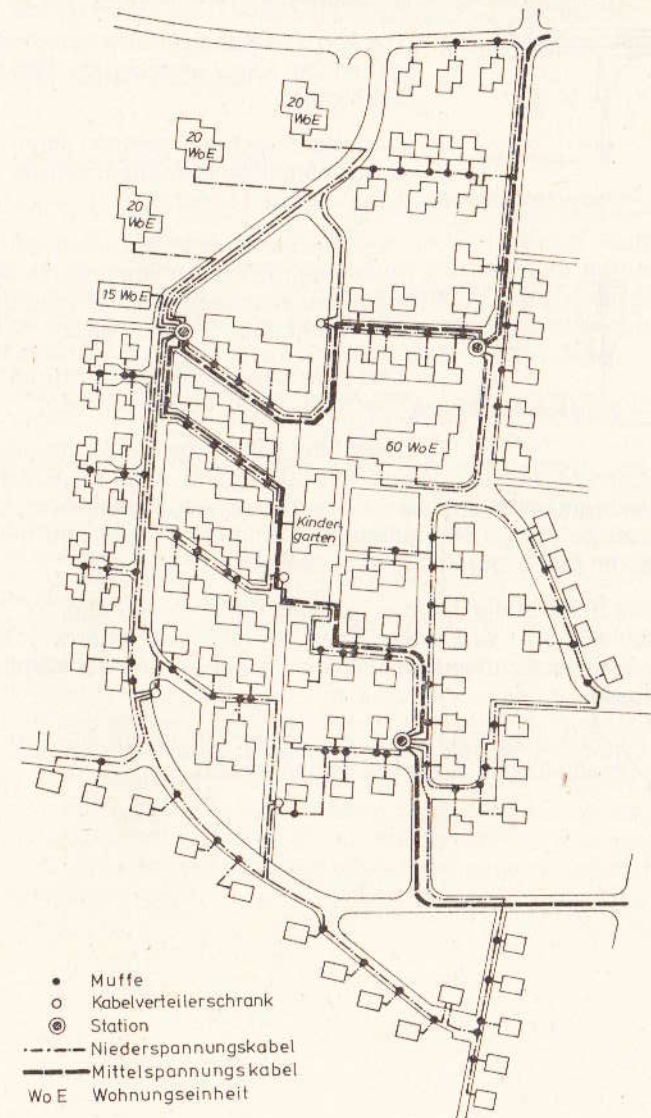


Abb. 1.23 – Niederspannungsnetz

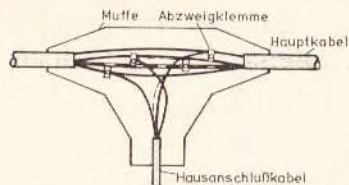


Abb. 1.24 – Hausanschlußmuffe

Hausanschlußtechnik

Die von den Kabelverteilerschränken ausgehenden Kabel werden als Hauptkabel bezeichnet.

Die Verbraucher werden über Hausanschlußmuffen (T-Muffen) an die Hauptkabel angeschlossen.

Das Hausanschlußkabel wird mit einer besonderen Verbindungstechnik an das Hauptkabel angeschlossen, ohne daß dieses Kabel unterbrochen wird.

Das Hausanschlußkabel wird im Hausanschlußkasten abgeschlossen.

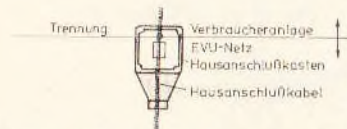


Abb. 1.25 – Hausanschlußkasten

Die Abgangsklemme der Sicherungshalter des Hausanschlußkastens stellt den Übergang vom EVU-Verteilnetz zu der Verbraucheranlage dar. Nach dieser Abgangsklemme beginnt die Verbraucheranlage (Hauptleitung, Zählerplatz usw.) und damit die Zuständigkeit des Elektroinstallationsbetriebes.

Vor dieser Trennstelle ist das jeweilige EVU zuständig, d. h., das Hausanschlußkabel wird vom Energieversorgungsunternehmen verlegt, der Hausanschlußkasten von ihm gesetzt und das Kabel daran abgeschlossen.

Der Kunde muß dem EVU einen geeigneten Raum für die Installation des Hausanschlußkastens zur Verfügung stellen.

2 Starkstrom-Installationstechnik

2.1 Schaltunterlagen

2.1.1 Schaltzeichen nach DIN

Schaltzeichen sind symbolische Darstellungen elektrischer Betriebsmittel. Zur Erläuterung der Arbeitsweise elektrischer Betriebsmittel können diese durch die Schaltzeichen in **Schaltplänen** dargestellt werden. **Bei gleicher Funktion des Betriebsmittels wird auch das gleiche Schaltzeichen verwendet**, das heißt, eine etwa vorhandene unterschiedliche Konstruktion ist aus dem Schaltzeichen nicht ersichtlich.

Soll in einem Schaltplan vorwiegend die Arbeitsweise elektrischer Betriebsmittel erklärt werden wie z. B. im Stromlaufplan, so werden in diesen Plänen die bereits bekannten Schaltzeichen der Starkstrom- und Fernmeldetechnik nach DIN 40 700 bis 40 722 verwendet. Wenn dagegen überwiegend die räumliche Lage und die Verbindung der Betriebsmittel mit dem Schaltplan dargestellt werden sollen, so sind die Schaltzeichen für Installationspläne nach DIN 40 717 zu verwenden, die in den Abb. 2.1 bis 2.6 im wesentlichen wiedergegeben sind. Bei aufmerksamer Betrachtung fällt auf, daß ein nicht unerheblicher Teil der Schaltzeichen identisch ist mit Zeichen aus anderen DIN-Normen und daher auch in den die Arbeitsweise erläuternden Plänen Anwendung findet. Außerdem ist nach DIN ohnehin eine Kombination der Schaltzeichen und -pläne zulässig, wenn dies für das Verständnis des Schaltplans erforderlich ist.

Für alle Schaltpläne gilt, daß die **Darstellung in stromlosem Zustand** bzw. in Grundstellung der Schalter auszuführen ist. Klemmen müssen erforderlichenfalls mit eingetragen werden. **Leitungen unterschiedlicher Wichtigkeit können durch unterschiedliche Strichstärke hervorgehoben werden** und dadurch zum besseren Verständnis der Zeichnungen beitragen. Grundsätzlich gilt für die Schaltpläne, daß die Leitungen senkrecht und waagrecht verlaufen sollen. Ausgenommen von dieser Grundregel sind nur die Installationspläne, in denen eine lagerichtige Eintragung erforderlich ist.

Allgemeines	
	Gleichstrom*)
	Wechselstrom, insbesondere technischer Wechselstrom*)
	Drehstrom mit Mittelpunkt-leiter und Angabe der Frequenz, z. B. 50 Hz*)
	Tonfrequenz-Wechselstrom*)
	Hochfrequenz-Wechselstrom*)
	Widerstand*)
	Induktivität, Drossel*)
	Kondensator*)
Leitungen und Leitungsverlegung	
	Leitung, allgemein*)
	Bewegbare Leitung*)
	Leitung, die wahlweise nachträglich gelegt wird*)
	Leitung mit Kennzeichnung des Verwendungszwecks
	Außenleitung*)
	Mittelleitung*)
	Schutzleitung, z. B. für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung*)
	Signalleitung*)
	Fernsprechleitung*)
	Rundfunkleitung*)
	Weitere Darstellungsarten*)
	Koaxialleitung*)
	Unterirdische Leitung, z. B. Erdkabel*)
	Oberirdische Leitung, z. B. Freileitung*)
	Leitung auf Putz
	Leitung im Putz
	Leitung unter Putz
	Leitung auf Isolatoren
	Isolierte Leitung in Installationsrohr
	Isolierte Leitung für trockene Räume, z. B. Rohrdraht
	Isolierte Leitung für feuchte Räume, z. B. Feuchtraumleitung
	Kabel für Außen- oder Erdverlegung
	Stegleitung NYIF mit zwei Kupferleitern von 2,5 mm² nach DIN 47 715
	Starkstromleitung für Drehstrom 380/220 V mit fünf Kupferleitern von 6 mm² in Installationsrohr unter Putz verlegt
	20paariges Fernsprech-Erdkabel PMbc mit Kupferleitern von 0,9 mm Ø in Sternverseilung St I nach VDE 0890
	Mehrfach-Signalleitung mit 10 Aderpaaren von 0,6 mm Ø als Feuchtraumleitung auf Putz verlegt
	Leitung mit Kennzeichnung der Leiterzahl, z. B. 3 Leiter*)
	Leitung mit Kennzeichnung der Anzahl von Kreisen, z. B. 2 Stromkreise*)
	Zusammengefaßte Leitungen, allgemein, Reihenfolge beidseitig beliebig*)
	Desgleichen bei einpoliger Darstellung*)
	Klemmenleiste, Reihen-klemmen, z. B. die ersten 3 Klemmen einer Reihe*)
	Reihen-klemme mit fester Verbindung*)
	Reihen-klemme mit lösbarer (schaltbarer) Verbindung*)
	Reihentrennklemme*)

Abb. 2.1 – Schaltzeichen für Installationspläne nach DIN

*) Schaltzeichen auch für andere Planarten verwendbar

Einspeisungen	
	Von oben kommende oder nach oben führende Leitung,
	– mit Speisung nach oben
	– mit Speisung von oben
	Von unten kommende oder nach unten führende Leitung,
	– mit Speisung nach unten
	– mit Speisung von unten
	Nach unten und oben durch-führende Leitung,
	– mit Speisung nach oben
	– mit Speisung nach unten
	Kreuzung von Leitungen ohne Verbindungen, z. B. mit je 3 Leitern*)
	Verteilung
	Leitungsverzweigung*)
	Abzweigdose oder Verteilerkasten
	Trenndose
	Endverschluß, Endverzweiger*)
	Starkstrom-Hausanschluß-kasten, allgemein,
	– mit Angaben der Schutzart nach DIN 40 050, z. B. IP 44
	Umrahmung für Geräte, z. B. Gehäuse, Schaltschrank, Schalttafel*)
	Erdung, allgemein*)
	Anschlußstelle für Schutz-leitung nach VDE 0100*)
Schaltgeräte	
	Sicherung, allgemein bzw. dreipolig
	Sicherung mit Angabe des Nennstromes, z. B. 10 A*)
	Einschaltglied, Schließer (allgemein Schalter*)
	Ausschaltglied, Öffner*)
	Umschaltglied, Wechsler*)
	Schließer ohne selbsttätigen Rückgang*)
	Öffner ohne selbsttätigen Rückgang*)
	Die Kennzeichnung für den nichtselbsttätigen Rückgang kann entfallen, wenn keine Verwechslung möglich ist
	Trennstelle*)

Abb. 2.2 – Schaltzeichen für Installationspläne nach DIN (Forts.)

*) Schaltzeichen auch für andere Planarten verwendbar

noch Schaltgeräte			
	Trennschalter, Leerschalter*)		Schalter 4/1 (Gruppenschalter, einpolig)
	Sicherungstrennschalter*)		Schalter 5/1 (Serienschalter, einpolig)
	Lastschalter*)		Schalter 6/1 (Wechselschalter, einpolig)
	Leistungstrennschalter*)		Schalter 7/1 (Kreuzschalter, einpolig)
	Schalter mit Angabe der Schutzart nach DIN 40 050, z. B. IP 40*)		Tastschalter
	Überstrom-Schutzschalter, z. B. Leitungsschutzschalter		Leuchttastschalter
	Schutzschalter mit thermischer Auslösung, z. B. Motorschutzschalter		Dimmer
	Unterspannungs-Schutzschalter	Starkstrom-Steckverbindungen	
	Fehlerstrom-Schutzschalter		Einfach-Steckdose
	Stern dreieckschalter*)		Zweifach-Steckdose
	Anlasser, Steilwiderstand, z. B. mit 5 Anlaßstufen*)		Mehrfach-Steckdose, z. B. mit 3 Dosen
			Einfach-Schutzkontaktsteckdose,
			— für Drehstrom
			Leerdose für spätere Bestückung mit Schutzkontaktsteckdose
			Zweifach-Schutzkontaktsteckdose
			Steckdose, abschaltbar
			Steckdose, verriegelt
			Fernmeldesteckdose
			Antennensteckdose
			Stecker, allgemein
			Schutzkontaktstecker
Installationsschalter		Meßgeräte, Anzeigergeräte, Relais	
	Schalter 1/1 (Ausschalter, einpolig)		Meßgerät, z. B. Strommesser*)
	Schalter 1/2 (Ausschalter, zweipolig)		Zähler*)
	Schalter 1/3 (Ausschalter, dreipolig)		

Abb. 2.3 — Schaltzeichen für Installationspläne nach DIN (Forts.)

*) Schaltzeichen auch für andere Planarten verwendbar

noch Meßgeräte, Anzeigergeräte, Relais			
	Zählertafel, z. B. mit einer Sicherung oder einem Leitungsschutzschalter von 10 A		Mehrfachleuchte für Entladungslampen mit Angabe der Lampenzahl, z. B. mit 3 Lampen
	Schaltuhr, z. B. für Stromtarifumschaltung		Leuchtbild für Entladungslampen, z. B. mit 5 Lampen je 40 W
	Tonfrequenz-Rundsteuerrelais		Leuchtstofflampe mit Vorheizung, vereinfachte Darstellung
	Zeitrelais, z. B. für Treppenbeleuchtung		Desgleichen mit vollständiger Darstellung
	Blinkrelais, Blinkschalter		Vorschaltgerät, allgemein
	Stromstoßschalter		Vorschaltgerät, kompensiert,
	Temperaturmelder		— mit Tonfrequenzsperre
	Tonfrequenzsperre		Starter
Leuchten			Glimmstarter
	Leuchte, allgemein		Glühstarter
	Mehrfachleuchte mit Angabe der Lampenzahl und Leistung, z. B. mit 5 Lampen zu je 60 W	Elektro-Hausgeräte	
	Leuchte mit Schalter		Elektrogerät, allgemein
	Leuchte mit Überbrückung für Lampenketten		Elektrogerät, schaltbar
	Leuchte, verdunkelbar		Küchenmaschine
	Notleuchte		Elektroherd, allgemein
	Panikleuchte		Elektroherd mit Kohleteil
	Scheinwerfer		Mikrowellenherd
	Leuchte mit 2 getrennten Strompfaden		Backofen
	Leuchte mit zusätzlicher Notleuchte		Wärmeplatte
Entladungslampen			Fritteuse
	Entladungslampe, Leuchte für Entladungslampen, allgemein		

Abb. 2.4 — Schaltzeichen für Installationspläne nach DIN (Forts.)

*) Schaltzeichen auch für andere Planarten verwendbar

noch Elektro-Hausgeräte	Fernmeldegeräte, Verteiler, Fernsprengeräte
 Infrarotgrill	 Hauptverteiler
 Heißwasserbereiter mit Leistungsangabe, z. B. 3 kW	 Verteiler auf Putz
 Futterdämpfer	 Verteiler unter Putz
 Waschmaschine	 Fernsprengeräte, allgemein, zugleich Hausstelle*)
 Wäschetrockner	
 Geschirrspülmaschine	
 Kühlgert	
 Tiefkühlgert	
 Gefriergerat	
Geräte für Heizung, Lüftung, Klimatisierung	Signalgeräte
 Raumheizgerat allgemein	 Wecker, Gong*)
 Speicherheizgerat, allgemein,	 Summer*)
 Speicherheizgerat mit Lüfter	 Hupe*)
 Infrarotstrahler*)	 Sirene*)
 Lüfter, elektrisch angetrieben	 Leuchtmelder, Signallampe*)
 Klimagerat	 Gruppen- oder Richtungsleuchtmelder
	 Mehrfachleuchtmelder, Signallampentafel, z. B. für 6 Meldungen
	 Quittiermelder, Leuchtmelder mit Abstellaste*)
	 Ruf- und Abstellaste
	 Haussprechstele (Gegensprechstele)*)
	 Wechselsprechstele*)
	 Ruftaster mit Namenschildern
	 Türöffner
Motoren	
 Motor, allgemein	
 Motor mit Angabe der Schutzart nach DIN 40 050, z. B. IP 23	

Abb. 2.5 – Schaltzeichen für Installationspläne nach DIN (Forts.)

*) Schaltzeichen auch für andere Planarten verwendbar

noch Signalgeräte	
 Elektrische Uhr, insbesondere Nebenuhr*)	 Verstärker*)
 Hauptuhr*)	 Lautsprecher*)
 Dämmerungsschalter	 Rundfunkempfangsgerat
Rundfunk, Fernsehen und Zubehör	 Fernsempfangsgerat
 Antenne, allgemein*)	

Abb. 2.6 – Schaltzeichen für Installationspläne nach DIN

*) Schaltzeichen auch für andere Planarten verwendbar

2.1.2 Stromlaufplan (zusammenhängende Darstellung)

Dieser Schaltplan hieß früher Wirkschaltplan und ist eine heute nur noch selten gebräuchliche **zusammenhängende Darstellung** des Stromlaufplans.

Die elektrischen Betriebsmittel werden mit allen Einzelgeräten und allen Einzelheiten dargestellt. Schaltzeichen für Teile desselben Betriebsmittels müssen beieinanderliegend gezeichnet und erforderlichenfalls von einer strichpunktierter Umrahmungslinie zusammengefaßt sein. Die räumliche Lage der verschiedenen Betriebsmittel kann unberücksichtigt bleiben. Bei Bedarf können Klemmen und Lötstellen eingezeichnet werden. **Der Stromlaufplan ist stets allpolig.** Die verschiedenen Betriebsmittel müssen nach DIN 40719 gekennzeichnet sein. Es wird empfohlen, die Kennzeichnung nach DIN 40719/1.74 Blatt 2 vorzunehmen, obwohl eine Kennzeichnung nach DIN 40719/9.57 Blatt 1 noch zulässig ist. Beide Normen sind leicht zu unterscheiden, da die DIN 40719/9.57 Blatt 1 zur Kennzeichnung der Art des Betriebsmittels kleine Buchstaben, dagegen die DIN 40719/1.74 Blatt 2 große Buchstaben verwendet. In den Abb. 2.7 bis 2.17 wird die neue DIN angewandt. Sie wird daher im folgenden kurz erläutert.

Die **Kennzeichnung** beinhaltet nach einem Bindestrich einen Kennbuchstaben für Art, eine Zählnummer und einen weiteren Buchstaben für die Funktion z. B. – Q1F. Die Kennzeichnung von Art oder Funktion oder beiden können weggelassen werden. Der Bindestrich dient der Unterscheidung von anderen Kennzeichnungen, wie z. B. Anlage oder Ort. In Stromlaufplänen kann er daher ebenfalls weggelassen werden.

Die Bezeichnungen in den Abb. 2.7 bis 2.16 bedeuten z. B.:

- K1 = Schütz 1
- M1 = Motor 1
- F1 = Schutzeinrichtung 1
- S1 = Schalter 1
- S1R = Schalter 1 für Rücksetzung
- Q1 = Starkstrom-Schalteinrichtung
- Q1F = Starkstrom-Schalteinrichtung für Schutzfunktion

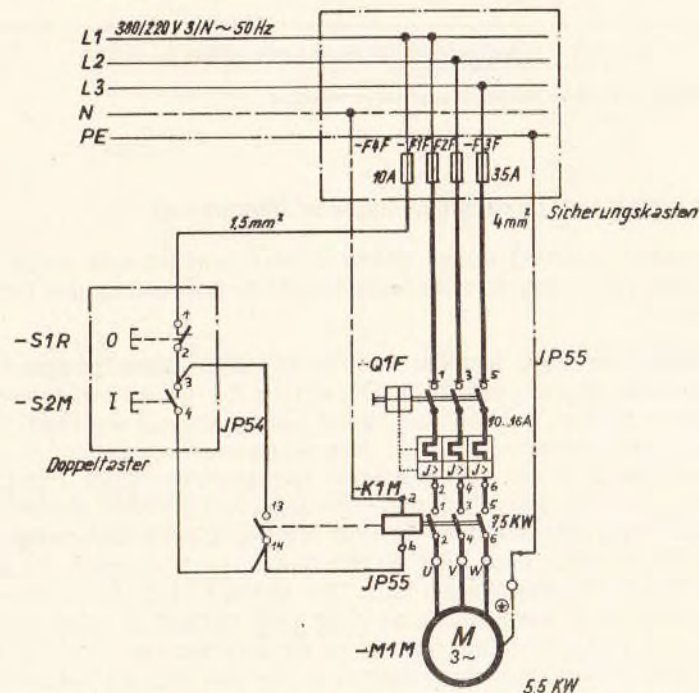


Abb. 2.7 – Beispiel eines Stromlaufplanes (zusammenhängende Darstellung) für eine Motorsteuerung

Die zusammenhängende Darstellung von Schaltplänen wird für Steuerungsschaltungen kleinen Umfangs (Motorsteuerung, Heizungssteuerung, Türsprechanlagen) verwendet, wenn die Schaltung noch ohne Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung deutlich verständlich ist. Diese Darstellungsart wird jedoch zunehmend verdrängt. Abb. 2.7 zeigt einen Stromlaufplan (zusammenhängende Darstellung) als praktisches Bei-

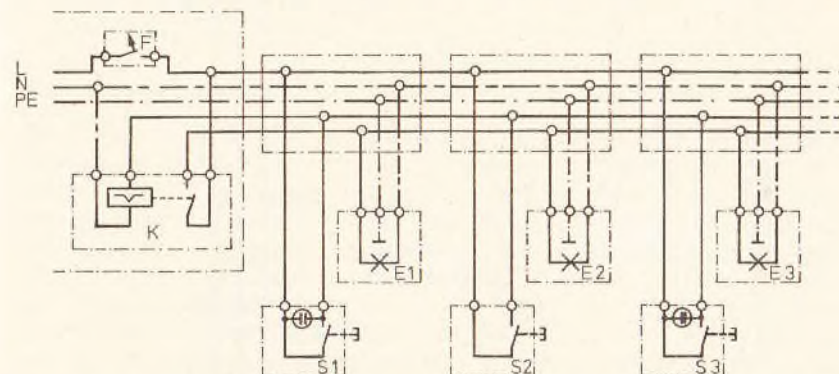
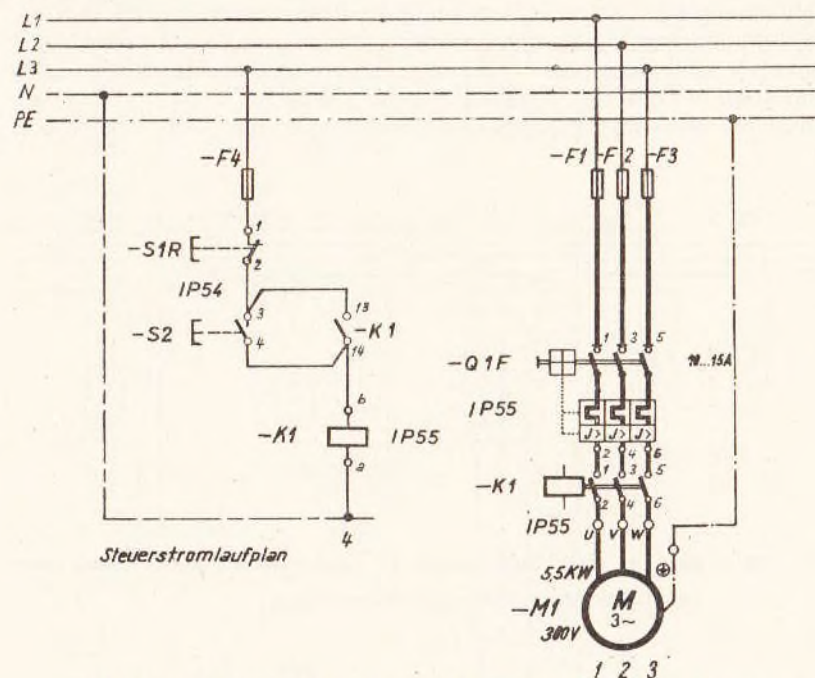


Abb. 2.8 – Beispiel eines Stromlaufplanes (aufgelöste Darstellung) einer Stromstoßschaltung für Beleuchtung

2.1.3 Stromlaufplan (aufgelöste Darstellung)

Der Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung ist die in allen Einzelheiten dargestellte elektrische Schaltung. Die Bezeichnung **aufgelöster Stromlaufplan** kommt von der Auflösung einer Schaltung eines oder mehrerer Betriebsmittel nach Stromwegen. Die Stromwege im Stromlaufplan sollen möglichst **senkrecht und waagrecht** verlaufen, Kreuzungen sollen vermieden werden. Haupt- und Steuerstromkreis desselben Geräts werden häufig getrennt gezeichnet, nach Möglichkeit aber auf demselben Blatt übereinander- oder nebeneinanderliegend dargestellt. Der Stromlaufplan muß die **Kennzeichnung aller Betriebsmittel** nach dem unter Abschnitt 2.1.2 erläuterten Schlüssel und die Bezeichnung aller Klemmen enthalten. Ebenso dürfen **Spannungs- und Leistungsangaben** nicht fehlen. Die einzelnen Stromwege müssen gekennzeichnet oder numeriert sein. **Die Darstellung erfolgt allpolig.** Um bei der häufig geringen Fertigungsstückzahl von Schaltanlagen auf einen gesonderten Verdrahtungsplan verzichten zu können, werden in solchen Fällen die im Stromlaufplan allgemein üblichen Knotenpunkte für Leitungsverbin-

dungen aufgelöst. Dies geschieht durch den zeichnerischen Anschluß der Leitungen ausschließlich an Geräteklemmen (vgl. Abb. 2.9, Klemme 3 und 14).



**Abb. 2.9 – Beispiel eines Stromlaufplanes (aufgelöste Darstellung)
für eine Motorsteuerung**

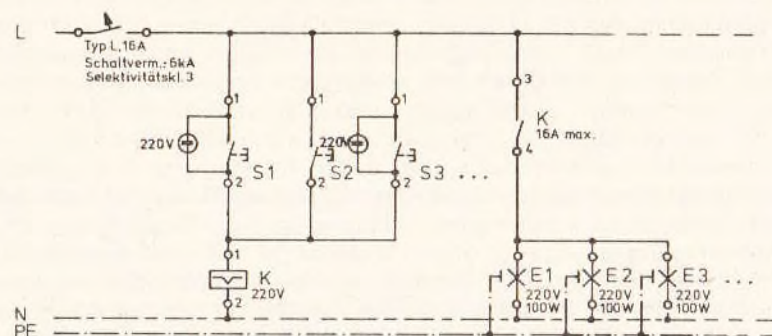


Abb. 2.10 – Beispiel eines Stromlaufplanes (aufgelöste Darstellung) einer Stromstoßschaltung für Beleuchtung

Auch hier wurde für Ausbildungszwecke die Stromstoßschaltung für Beleuchtungszwecke (vgl. Abb. 2.10) als Stromlaufplan (aufgelöste Darstellung) aufgenommen, die der Schaltung in Abb. 2.8 entspricht. Das praktische Beispiel in Abb. 2.9 entspricht der Schaltung in Abb. 2.7.

Der Stromlaufplan wird zur Darstellung umfangreicher Schaltungen (z. B. von Klimaanlage, große Beleuchtungsschaltungen, Regelschaltungen, Meßschaltungen) verwendet.

2.1.4 Installationsplan

Der Installationsplan stellt die Verlegung der Leitungen und **lagerichtige** Anordnung der Betriebsmittel für Licht-, Kraft- oder Fernmeldeeinrichtungen dar. Hierzu werden die Leitungen und Geräte in einem Gebäudeplan (Bauzeichnung M 1:50 ... 1:20) möglichst lagerichtig eingezeichnet. Der Installationsplan wird für alle Arten von Elektroinstallationen verwendet und mit Schaltzeichen nach DIN 40 717 (Abb. 2.1 bis 2.6) gezeichnet. **Installationspläne sind einpolig**, die Anzahl der Leiter oder Polzahl der Geräte wird durch mehrere Schrägstriche oder einen Schrägstrich mit nebenstehender Zahl dargestellt (vgl. Abb. 2.1 rechts). Der Installationsplan soll alle Angaben enthalten, die zur **Leitungsverlegung** (vgl. Abb. 2.11) erforderlich sind, wie **Querschnitt**, **Kurzzeichen** für die Art der Leitung, **Verlegungsart** (a. P. oder u. P.) und evtl. die Schutzart der Geräte als Symbol oder IP-Ziffern.

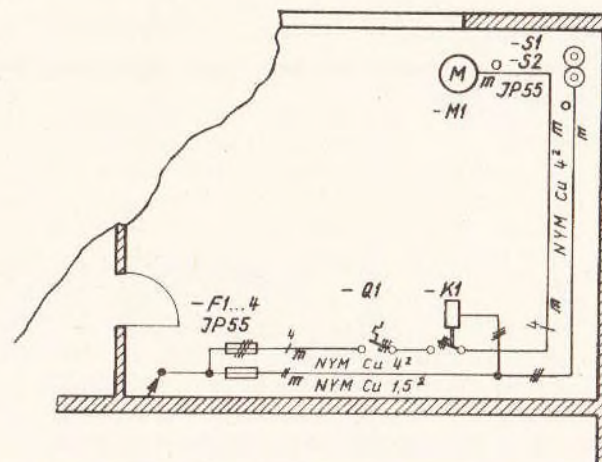


Abb. 2.11 – Beispiel eines Installationsplanes für eine Motorsteuerung

Für umfangreiche Installationen sind weitere Schaltpläne erforderlich. Je nach praktischen Erfordernissen wird der Installationsplan bei klaren Verhältnissen auch **ohne Leitungseinzeichnung** gefertigt. Dies gilt insbesondere für **Hausinstallationen**. In der Praxis ist der Installationsplan meistens die einzige Unterlage zur Herstellung von Hausinstallationen.

In Abb. 2.12 ist wieder die Stromstoßschaltung für Beleuchtungszwecke dargestellt, wobei im linken Bildteil die Leitungen für Ausbildungszwecke mit eingezeichnet sind. Im rechten Bildteil wird die **übliche Darstellung** ohne Leitungen gezeigt. Meist unterbleibt auch die Darstellung des Einbauortes für das Stromstoßrelais. Ein Installationsplan für eine ganze Wohnung ist in Abb. 5.4 zu sehen. Die in Abb. 5.4 eingetragenen Höhenangaben für Steckdosen, Lichtauslässe usw. fehlen in der Praxis und sind nur für Ausbildungszwecke eingetragen.

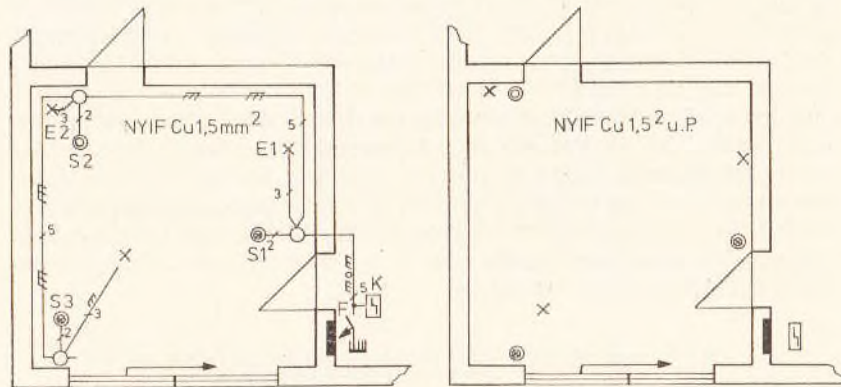


Abb. 2.12 — Beispiel eines Installationsplanes einer Stromstoßschaltung für Beleuchtung

Verzichtet man in besonderen Fällen auf die lagerichtige Eintragung in einem Gebäudeplan, werden aber im übrigen alle Einrichtungen und Leitungen in ihrer Anordnung in einem einpoligen Plan gezeigt, so handelt es sich um einen **Verbindungsplan** (vgl. Abb. 2.13 und Abb. 2.14, die wieder den vorhergehenden Schaltungen entsprechen). Diese Pläne werden insbesondere für Ausbildungszwecke benötigt, da die lagerichtige Eintragung in Gebäudeplänen häufig nicht möglich ist. In der Praxis werden diese Pläne meist nur für die Erläuterungen von Schaltungen z. B. in Prospekten und Gerätebeschreibungen angewendet.

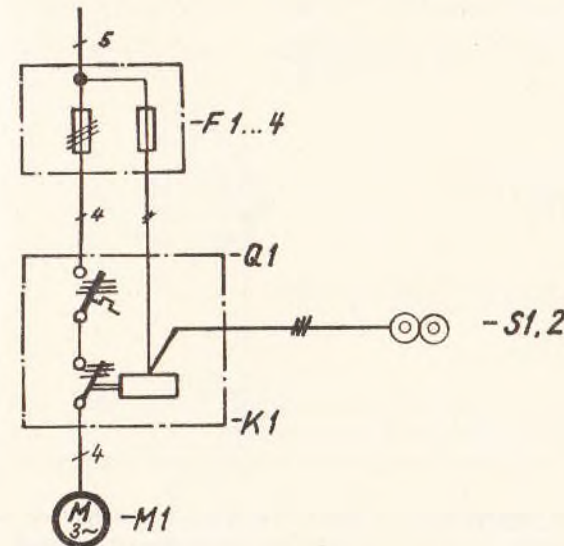


Abb. 2.13 — Beispiel eines Verbindungsplanes für eine Motorschaltung

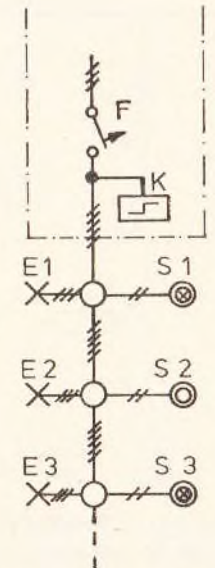


Abb. 2.14 — Beispiel eines Verbindungsplanes einer Stromstoßschaltung für Beleuchtung

2.1.5 Übersichtsschaltplan

Der **Übersichtsschaltplan** zeigt in vereinfachter Darstellung nur die **wesentlichen Teile** einer Anlage (vgl. Abb. 2.15). Hilfsleitungen und -geräte sind daher nicht enthalten. Mehrfach im selben Stromkreis vorkommende Geräte sind nur einmal gezeichnet. Die räumliche Lage der einzelnen Teile bleibt unberücksichtigt. Der **Übersichtsschaltplan ist meist einpolig** und wird für Übersichten aller Art (Kraftwerke, Stromversorgungsanlagen, Schaltstationen, Energieverteilungen in Häusern und Wohnungen) verwendet. Er wird wie der Installationsplan mit Schaltzeichen nach DIN 40 717 gezeichnet.

Abb. 2.16 zeigt wieder für Ausbildungszwecke, wie die Stromstoßschaltung als Übersichtsschaltplan dargestellt werden müßte. Abb. 2.15 entspricht dem praktischen Beispiel „Motorsteuerung“ der Abb. 2.7, 2.9, 2.11 und 2.13. Ein praktisches Beispiel eines Übersichtsschaltplans für die Hausinstallation ist in Abb. 5.6 zu sehen.

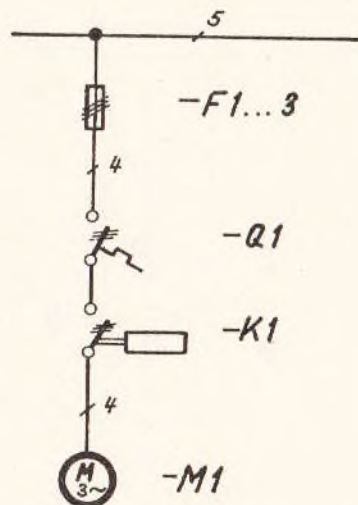


Abb. 2.15 – Beispiel eines Übersichtsplanes für eine Motorschaltung

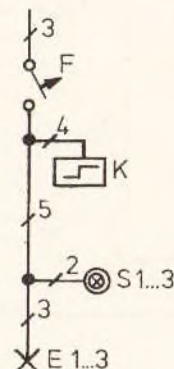


Abb. 2.16 – Beispiel eines Übersichtsschaltplanes einer Stromstoßschaltung für Beleuchtung

2.2 Leitungen, Kabel und Verbindungsmaterial

2.2.1 Leitungen und Kabel

Der Einsatzort und damit die Beschaffenheit bestimmen den Unterschied zwischen isolierten Starkstromleitungen und Kabeln. So dürfen nach VDE 0100 im Erdreich und in nicht zugänglichen unterirdischen Kanälen außerhalb von Gebäuden nur **Kabel** verlegt werden. Für die übrigen Anwendungsfälle werden, sofern es sich nicht um Freileitungen handelt, **isolierte Starkstromleitungen** verwendet. Die Leitungen und Kabel für Klingel-, Signal- und Fernmeldeanlagen gehören nicht zu den Starkstromleitungen und unterliegen besonderen VDE-Vorschriften.

Isolierte Starkstromleitungen und Kabel müssen den geltenden VDE-Bestimmungen entsprechen. Um die Zulassung durch die VDE-Prüfstelle zu kennzeichnen, wird diesen Leitungen und Kabeln der schwarz-rote bzw. bei harmonisierten Leitungen der schwarz-rot-gelbe **VDE-Kennfaden** zusätzlich zum Firmenkennfaden beigefügt. Isolierte Starkstromleitungen können anstelle des VDE-Kennfadens auch ein Prägezeichen auf der Isolierhülle mindestens einer Ader tragen (vgl. Abb. 2.17).

◁ VDE ▷ oder ▷ Ω ▷ für "normierte" Kabel und Leitungen
 ▷ VDE ▷ ▷ HAR ▷ für "harmonisierte" Kabel und Leitungen



VDE-Zeichen für Installationsmaterial,
Geräte für den Hausgebrauch u.ä.

Abb. 2.17 – VDE-Kennzeichen

Alle Leitungen und Kabel wurden bisher mit einer Buchstabenkombination als Kurzzeichen versehen, deren Bedeutung für Leitungen für die häufigsten Fälle der Tabelle 2.18 entnommen werden kann.

Ein Teil der Leitungen wird bereits mit den neuen EG-einheitlichen **Typenkurzzeichen** bezeichnet, die in die VDE-Bestimmungen 0281 und 0282 aufgenommen wurden.

Die Notwendigkeit der Harmonisierung im EG-Bereich zeigt Tabelle 2.19, in der die Vielfalt der in der EG bisher gebräuchlichen Bezeichnungen mit einigen Beispielen dargestellt ist.

Bei der Harmonisierung wurden die Verdrahtungs- und Aderleitungen klarer gegliedert. Ebenso wurden die Gummischlauchleitungen von bisher 3 in jetzt 2 Bauarten zusammengefasst (vgl. Tabelle 2.20). Für die Leitungen für feste Verlegung konnte die Harmonisierung noch nicht abgeschlossen werden. Daher bleiben diese ebenso in ihrer Art bestehen wie die sogenannten „anerkannten“ Typen, die vor allem eine Ergänzung der harmonisierten Leitungstypen darstellen. Die bisher von der Harmonisierung insgesamt betroffenen Leitungen sind in Tabelle 2.21 aufgelistet.

Auf den ersten Blick erscheint das Typenkurzzeichen für Leitungen nach der Harmonisierung verwirrend. Wie es zu entschlüsseln ist, wird in Tabelle 2.22 erläutert. Daraus geht auch hervor, wie klar die neue Bezeichnung gegliedert ist.

Das neue **Typenkurzzeichen** gliedert sich in 3 Teile, wie der Schlüssel in Tabelle 2.22 zeigt. Der erste Teil kennzeichnet die Bestimmung, nach der die Leitung hergestellt wurde, und ihren Nennspannungsbereich. Der zweite Teil enthält Kennbuchstaben über den Aufbau der Leitung. Aus dem dritten Teil ist die Aderzahl, der Nennquerschnitt und die Aussage über den Schutzleiter (grün-gelbe Ader) ersichtlich.

Tabelle 2.18 — Kennzeichnung von isolierten Starkstromleitungen nach VDE 0250

Buchstabe	Bedeutung	Beispiele
N	Norm-Bezeichnung	NYM, NYIF, NYIFY
A	Ader	NYA, NYAF, NYFAF
B	Bleimantel	NYBUY
F	flach; flexibel (feindrähtig); Fassungssader	NYIF NYAF NYFAZ
G	Gummi	NGFLGöu
2G	Silikonkautschuk mit erhöhter Wärmebeständigkeit	N2GAU
H	Handgeräteleitung (Schlauchleitung)	NLH, NMH
I	Imputzverlegung	NYIF
L	leichte Beanspruchung; Leuchtröhrenleitung	NLH, NLYZ NYL
M	Mantel; Mittlere Beanspruchung	NYM NMH
R	Rohrverlegung	NYRUZY
S	Sonder; Schnur; schwere Beanspruchung	NSYA NSA NSHöu
U	Umhüllung	NYRUZY
W	wetterfest	NSYAW
w	erhöht wärmebeständig	NYPLYw
Y	Kunststoffisolation (PVC); Kunststoffmantel	NYZ NYMHYrd, NYM
Z	Zwillingsleitung	NYZ
D	Drillingsleitung	NYD
rd	rund	NYMHYrd
öu	ölfest und unverbrennbar	NSHöu
k	kältebeständig	NSHök

Tabelle 2.19 — Drei Beispiele für die Notwendigkeit der Harmonisierung der Leitungen und ihrer Bezeichnungen

Leitungsart	Kurzzeichen alt in den Ländern					Kurzzeichen neu
	D	F	B	NL	I	
PVC- Verdrahtungs- leitung						
-eindrähtig	NYFA, NYA	U-500V	—	VMD	UR/2	H05V-U
-feindrähtig	NYFAF, NYAF	U-500SV	VDB	VMDS	FR/2	H05V-K
Mittlere PVC- Schlauch- leitung	NYMHY	U-500SVV	VTMB	VMvL	FROR/2	H05VV-F
Leichte Gummi- schlauch- leitung	NLH, NMH	U-500SC1C	CTLB	RMRL	FGG/2	H05RR-F

Tabelle 2.20 — Bauarten von Gummischlauchleitungen

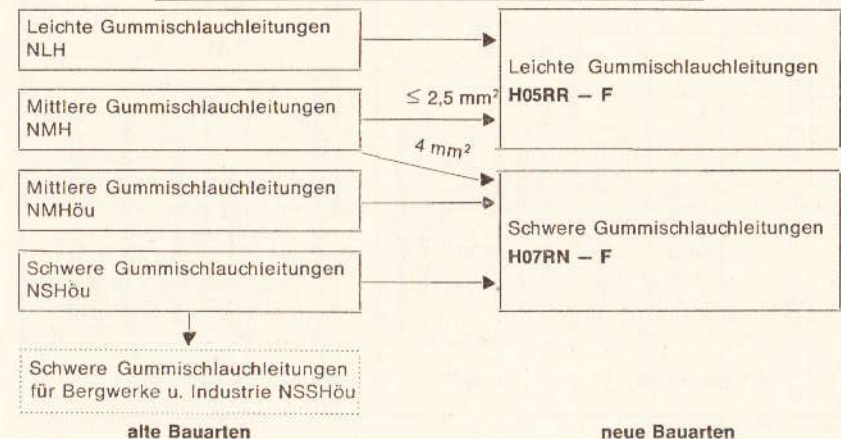


Tabelle 2.21 – Zusammenstellung der „harmonisierten“ Leitungen

Harmonisierte kunststoffisolierte Leitungen						
Lfd. Nr.	Bezeichnung nach VDE 0281	Typenkurzzeichen	Nennspannung U_0/U V	Aderzahl	Nenn- querschnitt mm^2	abgelöste Typen nach VDE 0250
1	Leichte Zwillingsleitungen	H03VH–Y	300/300	2	~0,1	NLYZ
2	Zwillingsleitungen	H03VH–H	300/300	2	0,5 und 0,75	NYZ
3	Leichte PVC-Schlauchleitungen – runde Ausführung – flache Ausführung	H03VV–F H03VVH2–F	300/300	2 und 3 2	0,5 und 0,75 0,75	NYLHYrd NYLHYfl
4	Mittlere PVC-Schlauchleitungen	H05VV–F	300/500	2 bis 5	1 bis 2,5	NYMHY
5	PVC-Verdrahtungsleitungen mit – eindrängtem Leiter – feindrängtem Leiter	H05V–U H05V–K	300/500	1	0,5 bis 1	NYFA, NYA NYFAF, NYAF
6	PVC-Aderleitungen mit – eindrängtem Leiter – mehrdrängtem Leiter – feindrängtem Leiter	H07V–U H07V–R H07V–K	450/750	1 1 1	1,5 bis 16 6 bis 400 1,5 bis 240	NYA NYA NYAF
Harmonisierte gummiisolierte Leitungen						
Lfd. Nr.	Bezeichnung nach VDE 0282	Typenkurzzeichen	Nennspannung U_0/U V	Aderzahl	Nenn- querschnitt mm^2	abgelöste Typen nach VDE 0250
7	Wärmebeständige Silikon-Gummiaderleitungen	H05SJ–K	300/500	1	0,5 bis 16	N2GAFU
8	Gummiaderschnüre	H03RT–F	300/300	2 und 3	0,75 bis 1,5	NSA
9	Leichte Gummischlauchleitungen	H05RR–F	300/500	2 bis 5	0,75 bis 2,5	NLH, NMH
10	Schwere Gummischlauchleitungen	H07RN–F	450/750	1 2 und 5 3 und 4	1,5 bis 400 1 bis 25 1 bis 95	NMH, NMHöu und NSHöu

Tabelle 2.22 – Typenkurzzeichen-Schlüssel für harmonisierte Leitungen

	1. Teil	2. Teil	3. Teil
Kennzeichen der Bestimmung Harmonisierte Bestimmung Anerkannter nationaler Typ	H A		
Nennspannung U_0/U 300/300 V 300/500 V 450/750 V	03 05 07		
Isolierwerkstoff PVC Natur- und/oder Styrol-Butadienkautschuk Silikon-Kautschuk	V R S		
Mantelwerkstoff PVC Natur- und/oder Styrol-Butadienkautschuk Polychloroprenkautschuk Glasfasergeflecht Textilgeflecht	V R N J T		
Besonderheiten im Aufbau flache, aufteilbare Leitung flache, nicht aufteilbare Leitung	H H2		
Leiterart eindrängig mehdrängig feindrängig bei Leitungen für feste Verlegung feindrängig bei flexiblen Leitungen feinstdrängig bei flexiblen Leitungen Lahnlitze	–U –R –K –F –H –Y		
Aderzahl	...		
Schutzleiter ohne Schutzleiter mit Schutzleiter	X G		
Nennquerschnitt des Leiters Erläuterung zur Nennspannung Die Nennspannung wird durch Angabe von 2 Wechselspannungen U_0/U ausgedrückt; dabei bedeuten: U_0 Effektivwert zwischen einem Außenleiter und Erde (nicht isolierte Umgebung) U Effektivwert zwischen 2 Außenleitern einer mehradrigen Leitung oder eines Systems von einadrigen Leitungen. Die Betriebsspannung darf die Nennspannung um höchstens 10% überschreiten.			
Beispiele für Typenkurzzeichen			
1. Kunststoffaderleitung 1,5 mm ² , schwarz			H07V–U1,5sw
2. Schwere Gummischlauchleitung, 3adrig, 2,5 mm ² , mit Schutzleiter grüngelb			H07RN–F3G2,5
3. Leichte Kunststoffschlauchleitung, 2adrig, 0,75 mm ² (ohne grüngelbe Ader)			H03VV–F2X0,75
4. Zwillingsleitung, 0,75 mm ²			H03VH–H2X0,75

Zur Unterscheidung, ob eine Starkstromleitung oder ein Kabel eine grüngelb isolierte Schutzleiterader enthält oder nicht, werden die Leitungen und Kabel unterschiedlich bezeichnet.

Ein grüngelber Schutzleiter ist enthalten:

Wenn das Buchstabenkurzzeichen von Leitungen und Kabeln mit „N“ beginnt, wird nach einem Bindestrich ein „J“ angefügt, z. B. NYM-J oder NYY-J (geschrieben J, gesprochen i).

Bei den isolierten Starkstromleitungen mit dem neuen Typenkurzzeichen, das mit „A“ oder „H“ beginnt, wird im 3. Teil zwischen der Aderzahl und dem Nennquerschnitt des Leiters ein „G“ eingefügt, z. B. H03VV-F3G0,75 (vgl. Tabelle 2.22).

Ein Schutzleiter ist nicht enthalten:

Der mit „N“ beginnenden Buchstabenkurzbezeichnung von Leitungen und Kabeln wird nach einem Bindestrich ein „O“ angefügt, z. B. NYM-O oder NYY-O.

Bei Starkstromleitungen mit dem neuen Typenkurzzeichen, das mit „A“ oder „H“ beginnt, wird im 3. Teil zwischen der Aderzahl und dem Nennquerschnitt des Leiters ein „X“ eingefügt, z. B. H03VV-F2X0,75.

Merke:

Normierte Leitungen und Kabel

O – wie ohne Schutzleiter

J – wie internationaler grüngelber Schutzleiter (geschrieben J/gesprochen i)

Harmonisierte oder anerkannte Leitungstypen

G – wie grüngelber Schutzleiter

X – mit Schutzleiter ist's nicht

Die **farbliche Kennzeichnung** der Adern, die mit internationalen Bestimmungen übereinstimmt, ist in Tabelle 2.23 dargestellt.

Die Einzelfarben grün und gelb sind in Starkstromanlagen auch für einadrige isolierte Leitungen nicht zugelassen, ebenso wenig eine mehrfarbige Kennzeichnung, ausgenommen die grüngelbe Kennzeichnung des Schutzleiters (PE).

Die **durchgehende grüngelbe Kennzeichnung muß stets für den Schutzleiter (PE) und ebenfalls für den Nulleiter (Mittelleiter mit Schutzfunktion – PEN) verwendet werden.** Bei einadrigen isolierten Mantelleitungen und Kabeln darf auf die durchgehende grüngelbe Farbkennzeichnung verzichtet werden, wenn an allen Leitungsenden eine dauerhafte grüngelbe Kennzeichnung angebracht wird.

Es ist nicht zulässig, die grüngelbe Kennzeichnung für einen anderen Leiter als den Schutzleiter PE oder Nulleiter PEN zu verwenden!

Dies gilt auch dann, wenn bei Unterputzinstallationen mit fest verlegten Leitungen keine andere Ader mehr frei ist. Auch eine Verwendung für den Mittelleiter ist verboten. Ein Überkleben einer grüngelben Isolierung im Bereich der Anschluß- oder Verteilerdose oder ein Abziehen der grüngelben Isolation und Ersatz durch eine andersfarbige Isolation ist ebenfalls unzulässig! Hier kann der Fehler oder Mangel in der Installation nur noch durch Auswechseln der Leitung oder Anpassung der Schaltung an die Gegebenheiten neutralisiert werden (z. B. Schaltung mit Stromstoßrelais anstelle einer Wechselschaltung).

Außenleiter: Leiter, der nicht vom Mittel- oder Sternpunkt ausgehend die Stromquelle mit dem Verbraucher verbindet. Darstellung in Zeichnungen ———— Kurzzeichen L

Mittelleiter: Vom Mittel- oder Sternpunkt z. B. eines Vierleitersystems ausgehender Leiter, der Betriebsstrom führt. Darstellung in Zeichnungen — — — — — Kurzzeichen N

Schutzleiter: Je nach Schutzmaßnahme verbindet der Schutzleiter die Körper el. Betriebsmittel mit dem Nulleiter oder der Erde. Der Schutzleiter führt nur im Fehlerfall Strom. Darstellung in Zeichnungen — — — — — Kurzzeichen PE

Nulleiter: Dieser unmittelbar geerdete Leiter (im allgemeinen der geerdete Mittelleiter) hat neben der Betriebsfunktion des Mittelleiters gleichzeitig auch die Schutzfunktion des Schutzleiters zu erfüllen. Er führt also sowohl den Betriebs- wie auch den Fehlerstrom. Bei Nullung ohne besonderen Schutzleiter (2adrige Leitungsführung für Wechselstrom) wird der Nulleiter erst im fest angeschlossenen Verbrauchsmittel oder für bewegliche Verbrauchsmittel in der Schutzkontaktsteckdose oder der Geräteanschlußdose in den Mittelleiter und den Schutzleiter aufgeteilt.

Tabelle 2.23 – Farbkennzeichnung der Leitungsadern

Anzahl der Adern	Leitungen mit grüngelb gekennzeichneten Ader (mit Kurzzeichen J bzw. G)	Leitungen ohne grüngelb gekennzeichnete Ader (mit Kurzzeichen O bzw. X)
1	gng ¹⁾	sw ²⁾ oder andere Farben ³⁾
2		br/hbl (für flexible Leitung) sw/hbl (für feste Verlegung)
3	gng/br/hbl (für flexible Leitung) gng/sw/hbl (für feste Verlegung)	sw/hbl/br
4	gng/sw/hbl/br	sw/hbl/br/sw
5	gng/sw/hbl/br/sw	sw/hbl/br/sw/sw
6	gng/weitere Adern sw mit Zahlenaufdruck, fortlaufend von innen beginnend mit 1, gng in der Außenlage ⁴⁾	Adern sw mit Zahlenaufdruck, fortlaufend von innen beginnend mit 1 ⁴⁾

Bemerkungen:

Die Farbkurzzeichen bedeuten: **gng** grüngelb, **sw** schwarz, **hbl** hellblau, **br** braun.

¹⁾ Nur für Leitungen zur festen Verlegung

²⁾ Die Aderfarbe 1adriger Leitungen mit Mantel ist stets schwarz.

³⁾ Die Einzelfarben grün und gelb sowie jede andere Mehrfarbigkeit, außer grüngelb, sind nicht zugelassen.

⁴⁾ Nur für flexible Leitungen

Bei Nullung mit besonderem Schutzleiter (3adrige Leitungsführung für Wechselstrom) wird der Nulleiter bereits in der Haupt- oder Unterverteilung für alle Leitungen unter 10 mm² Leiterquerschnitt in den Mittelleiter und den Schutzleiter aufgeteilt.

Darstellung des Nulleiters in Zeichnungen wegen der wichtigen Schutzleiterfunktion wie dieser ——— · ——— · ——— Kurzzeichen PEN

Die **Farbe Hellblau** kennzeichnet den Mittel- oder Sternpunktleiter bei Wechselstrom bzw. den Mittelleiter bei Gleichstrom. Nur wenn kein Mittelleiter vorhanden ist oder benötigt wird, darf in mehradrigen Kabeln und Leitungen der blaue Leiter auch für andere Zwecke (aber nicht als Schutzleiter!) verwendet werden. Bei einadrigen isolierten Mantelleitungen und Kabeln darf auf die durchgehende hellblaue Farbkennzeichnung verzichtet werden, wenn an allen Leitungsenden eine dauerhafte hellblaue Kennzeichnung angebracht wird.

Abweichungen von diesen Farbbregeln für blau und grüngelb sind als Ausnahmen in VDE 0100m Tabelle 40-1 enthalten. In Schaltanlagen und Verteilern darf auf die blaue Mittelleiterkennzeichnung, jedoch nicht auf die grüngelbe Schutzleiterkennzeichnung verzichtet werden.

Für die Verdrahtung von Geräten und Anlagen mit einadrigen isolierten Leitungen oder Drähten wird die **Farbe Schwarz** empfohlen. Wenn in bestimmten Fällen eine Leitungsgruppe von einer anderen unterschieden werden sollte, so werden hierfür **braun** isolierte Leitungen oder Drähte empfohlen.

Die Zuordnung der farblichen Kennzeichnung der Leitungen zu den alphanumerischen Zeichen und Bildzeichen in den Schaltplänen ist aus Tabelle 4.2 ersichtlich.

Die Festlegung **grüngelb** = **Schutzfunktion** wurde bereits Mitte der 60er Jahre im europäischen Raum einheitlich getroffen.

Mit den oben genannten klaren und harten Bestimmungen zur Verwendung der grüngelben Adernisolation soll die Sicherheit sowohl für den an der Anlage arbeitenden Installateur wie auch für den Verbraucher erheblich verbessert werden.

Jeder soll sich darauf verlassen können, daß ein angeschlossener grüngelber Leiter mit Erde verbunden ist und daher betriebsmäßig spannungsfrei ist. **Umgekehrt soll der grüngelbe Leiter nicht ohne weiteres aufgetrennt werden, da sonst die Schutzmaßnahme unwirksam ist und möglicherweise Gefahr besteht!** Diese Sicherheit kann aber nur mit eindeutigen Bestimmungen ohne Ausnahmen erreicht werden. Eine grüngelbe Ader darf nur richtig beschaltet oder ungenutzt zurückgelegt sein!

Erste Farbbregel: Grüngelb nur für Schutzleiter PE und Nulleiter PEN!

Wie dies bei praktischen Schaltungen in der Wohnungsinstallation aussieht, ist in Abschnitt 2.2.7 erläutert.

Die Festlegung für die Farbe **Blau** = **Mittelleiter (falls vorhanden)** beinhaltet bereits die Ausnahme, die zur Beschränkung der Leitungsvielfalt und damit auch Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in Produktion und Lagerhaltung gemacht wurde. Daher darf z. B. in Mehraderleitungen zu Installationsschaltern der blau isolierte Leiter für andere Zwecke verwendet werden, wenn kein Mittelleiter benötigt wird. Sollte ein Mittelleiter z. B. für die unterhalb des Schalters liegende Steckdose erforderlich sein, so ist vorrangig hierfür der blaue Leiter zu verwenden. Da die zulässige Ausnahme nur verhindern soll, daß die blaue Ader unter Umständen ungenutzt bleibt, gilt für die Installation mit Kunststoffaderleitungen (HO7V-U, früher NYA) in Rohren die Farbbregel blau = Mittelleiter ohne Ausnahme (Ausnahme gilt nur für Mehraderleitungen und Kabel).

Zweite Farbbregel: Blau nur für Mittelleiter N, Ausnahme: Mehraderleitungen und Kabel, in denen kein Mittelleiter benötigt wird.

Auch für diese Farbe sind im Abschnitt 2.2.7 praktische Beispiele vorhanden.

Dritte Farbbregel: Für Außenleiter und Schaltleiter schwarz, ersatzweise braun; in besonderen Fällen, falls zulässig, blau.

In der praktischen Installation führt dies zu Klemmen, an die Leiter verschiedener Farbe angeschlossen sind. Am Beispiel der Rohrinstallation im Abschnitt 2.2.7 wird deutlich, wie durch die Farbauswahl der Leitungen die Schaltung übersichtlicher und damit auch die Fehlersuche oder Erweiterung erleichtert wird.

Die **gebräuchlichsten Leitungen** für feste Verlegung sind in Tabelle 2.24 und die flexiblen Leitungen in Tabelle 2.25 zusammengestellt.

Die **gebräuchlichsten Kabelbauarten** und ihren Anwendungsbereich zeigt Tabelle 2.26. Die wichtigsten **Farben der Außenmäntel** von Kabeln und Leitungen sind in Tabelle 2.27 zusammengestellt. Für die Verwendung der grüngelb (bzw. grün-naturfarben) und der blau gekennzeichneten Adern gilt bei Kabeln grundsätzlich dasselbe wie bei Leitungen. Der konzentrische Leiter bzw. Aluminiummantel oder Kupferwellmantel von Kabeln kann sowohl als Schutz- oder Nulleiter wie auch als Mittel- oder Sternpunktleiter verwendet werden. Er darf aber **nicht** als Außenleiter benutzt werden.

Tabelle 2.24 – Meistverwendete Leitungen für feste Verlegung

Leitungs- bezeichnung	Typen- kurz- zeichen	Ader- zahl	Nenn- querschnitt mm ²	Nenn- span- nung U ₀ /U oder U V	Schutz- isolie- rung nach VDE 0100	Zu- lässige Leiter- tem- peratur °C
Kunststoff- Verdrahtungs- leitungen	H05V-U H05V-K	1	0,5 bis 1,0	300/500	nein	70
Kunststoff- Ader- leitungen	H07V-U H07V-R H07V-K	1	1,5 bis 16 6 bis 400 1,5 bis 240	450/750	nein	70
Steg- leitungen	NYIF NYIFY	2 bis 5	1,5 bis 4 ⁵⁾	380	nein	70
Mantel- leitungen	NYM	1 bis 7	1,5 bis 35	500	ja	70
Umhüllte Rohrdrähte	NYRUZY	2 bis 5	1,5 und 2,5 (...25)	500	ja	70
Sonder- Gummiader- leitungen	NSGAFöu	1	1,5 bis 240	3000	—	100
Silikon- Ader- leitungen	H05SJ-K A05SJ-K	1	0,75 bis 16 25 bis 95	300/500	nein	180

Typen- kurz- zeichen	Verwendungszweck	Zulässiger Einsatzort ⁸⁾			
		Trockene Räume	Feuchte u. nasse Räume ¹⁾	Feuerge- fährdete Betriebs- stätten	Explo- sionsge- fährdete Betriebs- stätten
H05V-U H05V-K	Geschützte Ver- legung in Geräten und Leuchten, für Signalanlagen auch für Verlegung in Rohren u.P. und a.P.	×			
H07V-U H07V-R H07V-K	In Betriebsmitteln, Schalt- und Ver- teilungsanlagen und zur Geräteverdrah- tung in Rohren a.P. und u.P. ²⁾ auf Isolier- körpern über Putz	×		× ³⁾	× ⁴⁾
NYIF NYIFY	In und unter Putz	×			
NYM	Über und auf, in und unter Putz	×	×	×	× ⁴⁾
NYRUZY	Über und auf, in und unter Putz	×	×	×	
NSGAFöu	Für Schienenfahrzeuge und O-Busse und in trockenen Räumen	×			
H05SJ-K A05SJ-K	Für feste geschützte Verlegung und zur Verdrahtung von Leuchten und Betriebsmitteln	×	× ²⁾	× ²⁾	× ²⁾

1) Und im Freien

2) In Bade- und Duschräumen von Wohnungen und Hotels nur in Kunststoffrohren

3) Nur in Kunststoffrohren a. P. und u. P.

4) Nur in Schalt- und Verteilungsanlagen s. VDE 0165

5) Nicht für alle Aderzahlen

6) Unter Berücksichtigung der besonderen chem. und therm. Einflüsse s. VDE 0165

7) Nur in Geräten, Schalt- und Verteilungsanlagen

8) Raumarten siehe Abschnitt 4.3.1

Tabelle 2.25 — Meistverwendete flexible Leitungen

Leitungs- bezeichnung	Typen- kurz- zeichen	Ader- zahl	Nenn- querschnitt mm ²	Nenn- span- nung U ₀ /U oder U V	Schutz- isolie- rung nach VDE 0100	Zu- lässige Leiter- tem- peratur °C
Zwillings- leitungen	H03VH—H	2	0,5 und 0,75	300/300	ja	70
Leichte Kunst- stoffschlauch- leitungen	H03VV—F	2 und 3	0,5 und 0,75	300/300	ja	70
Mittlere Kunst- stoffschlauch- leitungen	H05VV—F	2 bis 5	1 bis 2,5	300/500	ja	70
Leichte Gummi- schlauch- leitungen	H055RR—F	2 bis 5	0,75 bis 2,5	300/500	ja	60
Schwere Gummi- schlauch- leitungen	H07RN—F	1 2 und 5 3 und 4	1,5 bis 400 1 bis 25 1 bis 95	450/750	ja	60
	A07RN—F	meist 7 und mehr	1,5 und 2,5			
Schweiß- leitungen	NSLFFöu	1	16 bis 125	200	—	80
Silikon- Schlauch- leitungen	SIMH	2 bis 4	0,75 bis 4	500	ja	180
Steuer- leitungen	YSL—JZ	3 bis > 60	0,75 bis 6 ³⁾	500	ja	70
	YSLYCY—J	3 und 5	1,5 bis 6			

Typen- kurz- zeichen	Verwendungszweck	Zulässiger Einsatzort ⁵⁾			
		Trockene Räume	Feuchte u. nasse Räume ¹⁾	Feuerge- fährdete Betriebs- stätten	Explo- sionsge- fährdete Betriebs- stätten
H03VH—H	Bei sehr geringen mech. Beanspruchungen für leichte Handgeräte (nicht Wärmegeräte)	×			
H03VV—F	Bei geringen mech. Beanspruchungen für leichte Handgeräte	×			
H05VV—F	Bei mittleren mech. Beanspruchungen	×	Nur für Hausgeräte		
H055RR—F	Bei geringen mech. Beanspruchungen für leichte Hand- und Wärmegeräte	×			
H07RN—F	Bei hohen mech. Beanspruchungen für Werkzeuge, fahrh. Motoren, landwirtsch. Geräte und auf Baustellen auch für feste Verlegung auf Putz für Sonderzwecke wie fliegende Bauten usw.	×	× ²⁾	×	×
A07RN—F					
NSLFFöu	Als Maschinen- und Handschweißleitung	×	×		
SIMH	Bei geringen mech. Beanspruchungen und hohen Umgebungstemperaturen	×	×		
YSL—JZ	Anschluß- und Verbindungsleitungen für Maschinen, Steuerungen usw. in Anlagen, die eine Entstörung erfordern	×	× ⁴⁾		
YSLYCY—J					

¹⁾ Und im Freien²⁾ Und in landwirtschaftl. Betriebsstätten und in Nutzwasser³⁾ Nicht bei allen Aderzahlen⁴⁾ Nicht im Freien⁵⁾ Raumarten siehe Abschnitt 4.3.1

Tabelle 2.26 — Starkstromkabel

Kabelbezeichnung und Aufbau	Typenkurzzeichen		Adernzahl	Übliche Querschnitte mm ² *)
	Aluminium-leiter	Kupfer-leiter		
Steuerkabel mit numerierten Adern	NAYY	NY Y	7 bis 40	1,5 und 2,5 (...10)
Steuerkabel mit konzentrischem Leiter und numerierten Adern		NYC WY	7 bis 30	1,5 bis 4
Energiekabel ohne metallische Umhüllung		NY Y	4 1 bis 5	25 bis 185 1,5 bis 300
Energiekabel mit konzentrischem Leiter		NYC Y	2 bis 4	1,5 bis 6
Energiekabel mit konzentrischem Leiter in Ceander-Form		NYC WY	3 2 bis 4	35 bis 185 10 bis 150
Energiekabel mit Bleimantel		NYKY	3 und 4	1,5 bis 25
Selbsttragendes Luftkabel		YTY	3 und 4	1,5 bis 16
Energiekabel mit Stahlflachdrahtbewehrung		NYFGbY	3	25 bis 240
Energiekabel mit einzeln abgeschirmten Adern		NYSEY	3	25 bis 240
Energiekabel mit gemeinsamem Kupferschirm und teilentladungsfreiem Aufbau		N2YSY	1	50 bis 300
		N2YSY	1	25 bis 300

Typenkurzzeichen		Nennspannung U ₀ /U kV	Zulässige Leiter- temperatur °C	Verwendung
Aluminium-leiter	Kupfer-leiter			
NAYY	NY Y	0,6/1	70	Steuerkabel in Industrieanlagen, in Innenräumen, Kabelkanälen, im Erdreich, im Freien
	NYC WY	0,6/1	70	wie NYY
	NY Y	0,6/1	70	In Innenräumen, Kabelkanälen, im Erdreich, im Freien und in Schaltanlagen, wenn mit nachträglichen Beschädigungen nicht zu rechnen ist
	NYC Y	0,6/1	70	Vorzugsweise im Erdreich für Straßenbeleuchtung, Hausanschlüsse usw., auch bei Gefahr nachträglicher Beschädigung
NAYC WY	NYC WY	0,6/1	70	Netzkabel in Ortsnetzen konzentrischer Nulleiter wird nicht geschnitten, sonst wie NYC Y
	NYKY	0,6/1	70	Kabel für Tankstellen, Raffinerien usw., wenn Einwirkung von Ölen, Benzin, Lösungsmitteln usw. zu erwarten ist
	YTY	0,6/1	70	Luftkabel für Straßenbeleuchtung, Baustellen usw., sonst wie NYY
	NYFGbY	0,6/1 3,5/6	70	Bei rauen Betriebs- und Montagebedingungen, insbesondere bei starker Zugbelastung
NA2YSY	NYSEY	6/10	70	Vorwiegend für Kraftwerk-, Industrie- und Schaltanlagen, Generatorkabel
		6/10 12/20	70	Netzkabel; leicht verlegbar, da geringes Gewicht und kleiner Biegeradius
	N2YSY	18/30		

*) Ab 35 mm² Cu (50 mm² Al) sektorförmige Leiter
 Cu-Leiter bis 16 mm² eindrätig, sonst mehrdrätig
 Al-Leiter meist bis 185 mm² eindrätig

Tabelle 2.27 – Farben der Außenhüllen (Mäntel) von Kabeln und Leitungen

Kabel- oder Leitungsart	Farbe der Außenhülle (Mantel)
Starkstromkabel und -leitungen bis 0,6/1 kV Nennspannung, ausgenommen:	schwarz
Feuchtraumleitungen in Sonderfällen (z. B. Wohnungen, Küchen, Molkereien usw.)	grau
Kabel und schwere Gummischlauchleitungen für Bergwerke unter Tage	gelb
Kabel und Leitungen für eigensichere Anlagen in schlagwetter- und explosionsgefährdeten Betrieben	blau
Starkstromkabel und -leitungen über 1 kV Nennspannung, ausgenommen:	rot
Leuchtröhrenleitungen	gelb

2.2.2 Verbindungsmaterial

2.2.2.1 Dosen

Nachfolgend ist eine Übersicht der wichtigsten Dosentypen aufgeführt (vgl. Abb. 2.28).

Verbindungs Dosen, die wegen ihrer Funktion des Leitungsabzweigs auch Abzweigdosen genannt werden, dienen ausschließlich dem Verbinden von Leitern. In der viereckigen Form werden sie häufig auch Kästen genannt.

Gerätedosen werden auch mit Schaltdosen bezeichnet und dienen der Aufnahme und dem Anschluß von U.-P.-Schaltern, -Steckdosen und -Geräteanschlüssen.

Geräteverbindungs Dosen oder Geräteabzweigdosen dienen der Aufnahme von Geräten (Schaltern, Steckdosen) und der Verbindung einiger Leiter, die hinter dem jeweiligen Gerät zur Weiterführung der Leitung eventuell erforderlich sind.

Wandauslaß Dosen dienen zum Anschluß von Wandleuchten an die festverlegte Leitung.

Über die **erforderliche Größe** von Verbindungs Dosen gab es bisher keine Feststellungen. Nur nach DIN war der Mindestdurchmesser und die Mindestdiefe festgelegt. Die Höchstzahl von Leitern und Klemmen war jedoch nicht festgelegt. In der Praxis wurden daher immer wieder zu viele Leiter an einer Stelle verbunden und in die Dose hineingepreßt. Ebenso wurden in manchen Fällen in normal großen Gerätedosen hinter dem Gerät Verbindungen hergestellt. Auch für die Geräteabzweigdosen war die Zahl der hinter dem Gerät hergestellten Verbindungen meist zu groß. Bisherige Geräteabzweigdosen erhielten wegen fehlender Regelungen auch kein VDE-Prüfzeichen (vgl. Abb. 2.17).

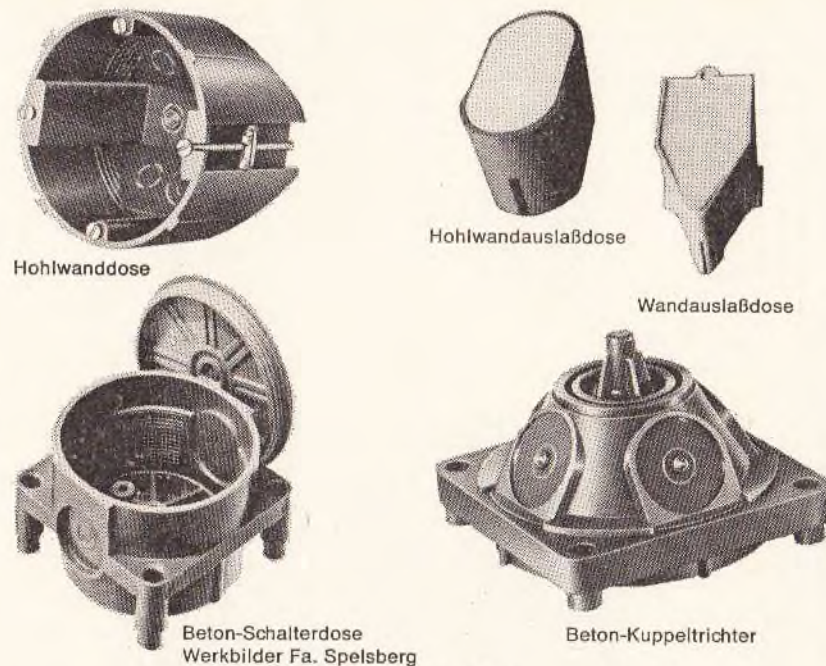


Abb. 2.28 – Dosen

Die Anwendungsfälle mit zu vielen zu verbindenden Leitern in einer Verbindungsdose und die damit verbundene zu große Erwärmung durch den Spannungsfall an den Klemmen führten ebenso wie die unklaren Verhältnisse bei den Geräteabzweigdosen zu den neuen Festlegungen der zu verklemmenden Leiter in Dosen. Mit Hilfe der Klemmraumeinheit, die in Musterinstallationen von Fachleuten ermittelt wurde, werden dabei die **maximal in einer Dose zu verklemmenden Leiter und die maximal hierbei zu verwendenden Klemmen** festgelegt (vgl. Tabelle 2.29). Für Zwischengrößen von Dosen werden über die Klemmraumeinheit auch größere oder kleinere Leitungs- und Klemmzahlen bei der Zulassung der Dose durch die VDE-Prüfstelle festgelegt (vgl. Abb. 2.30).

Mit diesen Bestimmungen soll das Hineinpressen der Leitungsadern vermieden werden, da nach dem Schließen der Dose oder dem Hineinschrauben des Einsatzes auch dann keine Gewähr mehr für eine einwandfreie Klemmverbindung der Leitungen und die Einhaltung der Luft- und Kriechstrecken gegeben ist, wenn die Leitungsverbindung mit der erforderlichen Sorgfalt hergestellt wurde. Die Kriechstrecken werden im allgemeinen bei isolierten Einzelklemmen schon durch deren äußere Form sichergestellt (sofern die Klemmen nach VDE geprüft sind). Die Luftstrecken zwischen den nicht-isolierten Metallteilen müssen z. B. bei Wohnungsinstallationen bei 220 V 1,6 mm und bei 380 V 2,4 mm mindestens betragen. Das zeigt, daß richtiges Abisolieren entsprechend den Klemmen und sorgfältiges Unterklemmen zur Vermeidung blanker Leiterteile außerhalb der Klemme auch wegen der Luftstrecken erforderlich ist.

Tabelle 2.29 Maximale Klemmen- und Leiterzahl in Verbindungsdosen

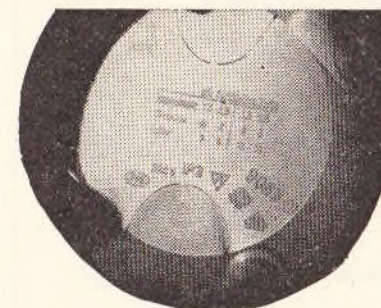
Verbindungs- dosengröße (Nenn- querschnitte)	Maximale Anzahl der Klemmen und maximale Anzahl der Leiter								Beispiel bisheriger Dosengrößen gleichen oder größeren Volumens
	entspricht Dosenvolumen cm ³	Leiterquerschnitt in mm²	1,5	2,5	4 ²⁾	6 ²⁾	10 ²⁾	16 ²⁾	
1,5 ¹⁾	115	Klemmen Leiter	6 18						U.-P.-Dose 70 mm ϕ Hohlwanddose 65 mm ϕ Feuchtraum-a.P.-Dose 70×70 und 80×80 mm Feuchtraum-u.P.-Dose 80 mm ϕ A.-P.-Kasten 90×90 U.-P.-Kasten 80×80×50 U.-P.-Kasten 100×100×50 A.-P.-Kasten 120×120
2,5 ¹⁾	115	Klemmen Leiter	6 18	5 15					
4	200	Klemmen Leiter	8 24	6 18	5 15				
6	300	Klemmen Leiter	10 30	8 24	6 18	5 15			
10	500	Klemmen Leiter	12 36	10 30	8 24	6 18	5 15		
16	825	Klemmen Leiter	18 54	15 45	12 36	8 24	6 18	5 15	

Für Unter-Putz-Verbindungs-dosen beträgt die Mindestgrundfläche 24 cm² (≙ z. B. 55 mm ϕ) und die Mindesthöhe 3 cm. Für Auf-Putz-Verbindungs-dosen für lose Einzelklemmen beträgt die Mindesthöhe 3 cm.

Diese Tabelle gilt bisher nur für Auf-Putz-, Unter-Putz- und Hohlwandverbindungs-dosen.

1) Dosen gleichen Volumens

2) Klemmen müssen in der Verbindungs-dose in ihrer Lage fixiert sein.



oben: Deckel einer Feuchtraumdose

unten links: Hohlwandgeräteverbindungs-dose

unten rechts: U.-P.-Verbindungs-dose 70 mm ϕ

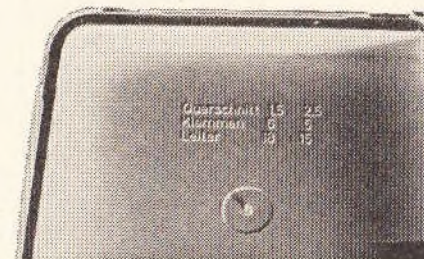


Abb. 2.30 – Tabellen in Dosen

Damit der Installateur nicht in einer Tabelle nachschlagen muß, ist künftig eine entsprechende Beschriftung im Doseninneren vorgeschrieben (vgl. Abb. 2.30 und Tabelle 2.31). Wichtig für den Installateur ist auch, daß künftig für die Verbindung von **Leitungsquerschnitten ab 4 mm²** nur noch Klemmen verwendet werden dürfen, die in ihrer Lage in der Dose fixiert sind. **Isolierte Einzelklemmen werden also nur noch bei Leiterquerschnitten bis 2,5 mm² verwendet.** Auch bei diesen kleinen Querschnitten darf der Anlagenerrichter Klemmen mit gemeinsamem Klemmenträger verwenden.

Tabelle 2.31 – Verbindungsdosenaufschriften

Aufschrift	Bedeutung
------------	-----------

Nach VDE zwingend vorgeschriebene Aufschriften:

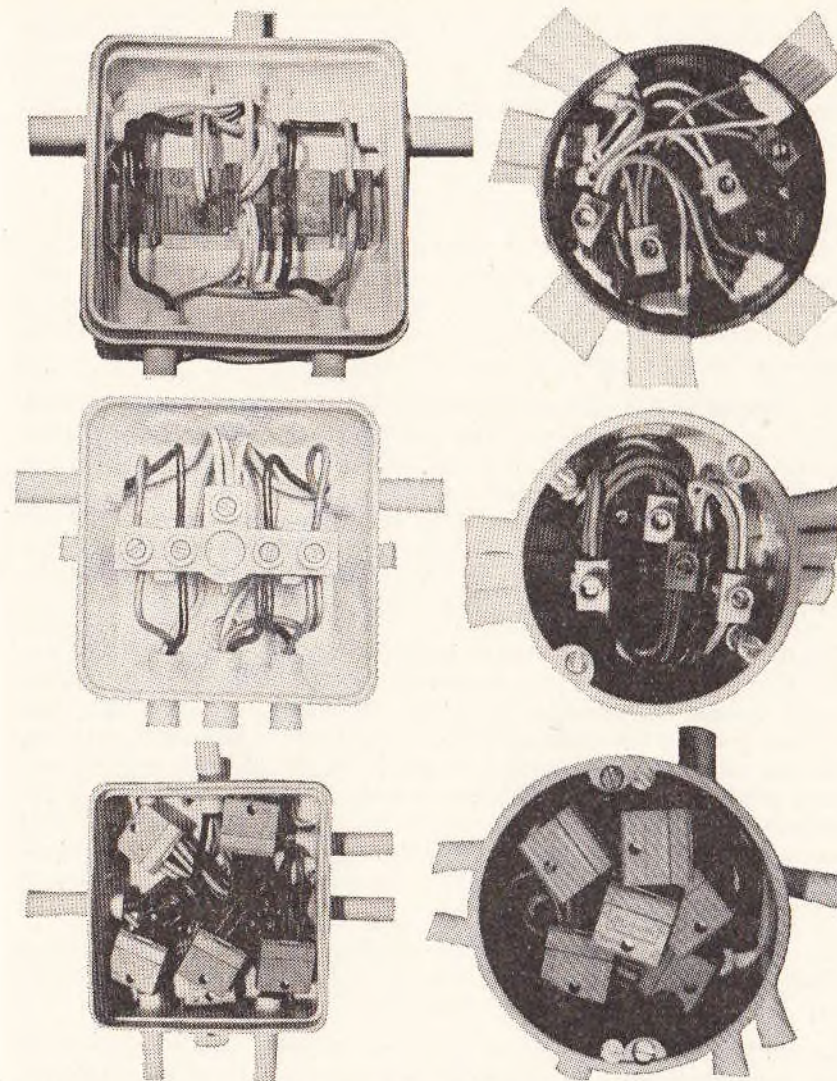
---	Ursprungszeichen (Hersteller)	
z. B. 380 V	Nennspannung	
z. B. Querschnitt 1,5 2,5 4	Leiterquerschnitt	Aufschrift im Doseninneren
Klemmen 8 6 5	Anzahl der Klemmen	
Leiter 24 18 15	Anzahl der Leiter	

Zusätzlich falls zutreffend:

oder oder	tropfwassergeschützt, abgedichtet oder druckwasserdicht
□	schutzisoliert
i	isolierte Verbindungsklemmen
H	Hohlwandausführung
VDE	VDE-Prüfzeichen

Auf dem Klemmenträger:

z. B. 2,5 ²	Nennquerschnitt der Klemme
f	Klemme für Anschluß von feindrähtigen Leitern



Links von oben nach unten: Feuchtraumdose mit festen Klemmen schraubenlos verdrahtet; mit festen Schraubklemmen verdrahtet; mit schraubenlosen Einzelklemmen verdrahtet.

Rechts von oben nach unten: Hohlwanddose mit losen Schraubklemmen verdrahtet; U.-P.-Verbindungsdose mit Schraubklemmen verdrahtet; Hohlwanddose mit schraubenlosen Einzelklemmen verdrahtet.

(Teilweise Werkbilder Fa. Spelsberg)

Abb. 2.32 – Verdrahtete Dosen

Diese Vorschriften gelten bisher für Auf-Putz-, Unter-Putz- und Hohlwandverbindungs-dosen. Geräteverbindungs-dosen werden ebenfalls nach dieser neuen Vorschrift gebaut. Aufgrund von Einsprüchen gilt diese Vorschrift jedoch noch nicht für Leuchtenanschluß-dosen (Wandauslaßdosen), Geräteanschlußdosen und Im-Putz-Dosen, d. h., die für Steg-leitungsverlegung früher häufig verwendete Dose mit 80 mm ϕ bei 16 mm Tiefe ist noch zulässig. Für diese Dose empfiehlt es sich jedoch, falls nicht ohnehin von der Anwen-dung abgesehen wird, die Zahl der zu verbindenden Leiter gering zu halten und die Zahl der Klemmen bei 4 zu belassen.

Verdrahtete Dosen mit Leiter- und Klemmenhöchstzahl entsprechend den VDE-Vorschriften sind in Abb. 2.32 zu sehen. Die Beispiele sind sowohl für schraubenlose Klemmen wie auch für lose Einzelschraub-klemmen ausgeführt. Dabei soll auch auf zwei weitere Gesichtspunkte bei der Dosenverdrahtung hingewiesen werden: die Leiterlänge und die Lage der Klemmen bzw. die Form der Leiter.

Zur **Leiterlänge** läßt sich aus den VDE-Vorschriften nur ableiten, daß der Vorratsbogen genügend groß sein soll, um einen abgebrochenen Leiter erneut anschließen zu können. Dies bedeutet einen Mindestvorrat von ca. 1,5 cm, da nur der abisolierte Teil des Leiters (wo er evtl. durch Werkzeug oder Klemmen beschädigt wurde) ersetzt werden muß. Für den isolierten Leiterteil gilt die Vermutung, daß der Leiter genauso gut an der Eintrittsstelle in die Dose wie an jeder anderen Stelle brechen kann und ein Vorrat hierfür also keine Sicherheit bietet.

Bei **fest in der Dose montierten Klemmen** wird häufig wegen der Ab-änderung oder Erweiterung der Schaltung ein größerer Leitervorrats-bogen gefordert. Abänderungen oder Erweiterungen, die eine völlige Neuverdrahtung der Dose erfordern, sind in der Praxis äußerst selten. Bei dünnen Leiterquerschnitten bis zu 2,5 mm² lassen sich die Problem-fälle dann mit isolierten Einzelklemmen lösen, bei größeren Leiterquer-schnitten kommen solche gravierenden Veränderungen nicht vor. Selbst wenn dennoch Vorratsbögen gelegt werden, sollte die Leiterlänge höch-stens bis zu der am weitesten entfernt liegenden Klemme zuzüglich 1,5 cm reichen.

Zu große Vorratsbögen führen wie zu viele Leiter zu überfüllten und unübersichtlich verdrahteten Dosen. Zu kurze Vorratsbögen erschwe-ren das Herstellen der Klemmverbindung.

Lose Einzelklemmen sollten stets so in die Dose gelegt werden, daß bei Schraubklemmen die Schraube und bei schraubenlosen Klemmen die Prüföffnung unverdeckt nach vorn zeigt. Dies ist ohne Zusatzauf-wand realisierbar und erleichtert Prüfungen. Im übrigen ist die Lage der Klemmen ohne Bedeutung.

Wenn sich der **Deckel der Dose** ohne Werkzeug entfernen läßt, muß ein Schutz gegen zufälliges Berühren gewährleistet sein (z. B. durch Klem-men mit isolierender Umhüllung).

Bei U.-P.-Installationen müssen die Leitungen für Wandleuchten in **Wand-auslaßdosen** enden (vgl. Abb. 2.30).

Für die **Verlegung in Beton**, insbesondere in Betonfertigteilen, werden Schalter- und Verbindungsdosen oder -kästen für hohe Druckbeanspru-chung benötigt (vgl. Abb. 2.30).

Für die Installation von versetzbaren oder hohlen Zwischenwänden sind sogenannte **Hohlwanddosen** zu verwenden (vgl. Abb. 2.30).

2.2.2.2 Klemmen

Die **Anschluß- und Verbindungsmittel müssen der Anzahl und den Querschnitten der anzuschließenden bzw. zu verbindenden Leiter ent-sprechen**. Diese Vorschrift bedeutet, daß der Leiterquerschnitt des an-zuschließenden oder zu verbindenden Leiters dem **Nennquerschnitts-bereich** der Klemme entsprechen muß (vgl. Tabelle 2.33). Dabei ist zu beachten, daß schraubenlose Verbindungs- oder Anschlußklemmen Leiter kleineren Querschnitts als der Nennquerschnitt **nicht** klemmen müssen, in der Praxis aber entsprechend den Herstellerangaben tat-sächlich den gesamten Nennquerschnittsbereich klemmen können. Dies erkennt man an den außer dem VDE-Zeichen vorhandenen Querschnitts-angaben auf der Klemme.

Tabelle 2.33 – Nennquerschnitte mit Klemmbereich und Anzahl der Leiter

Nenn- quer- schnitt ¹⁾ mm ²	Anzahl der unter einer Klemme an einer oder zwei Anschlußseiten mit einer oder mehreren Klemmstellen höchstens zu verbindenden Kupferleiter bei den in mm ² angegebenen Querschnitten							
	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16
1,5	1 bis 4	1 bis 4	1 bis 4	—	—	—	—	—
2,5	—	1 bis 4	1 bis 4	1 bis 3	—	—	—	—
4	—	—	1 bis 4	1 bis 4	1 bis 3	—	—	—
6	—	—	—	1 bis 4	1 bis 4	1 bis 3	—	—
10	—	—	—	—	1 bis 4	1 bis 4	1 bis 3	—
16	—	—	—	—	—	1 bis 4	1 bis 4	1 bis 3

¹⁾ Die Werte gelten für eindrähtige (e), mehrdrähtige (m) und feindrähtige (f) Kupferleiter. Bei schraubenlosen Klemmen kann die Anzahl der unter einer Klemme zu verbindenden Kupferleiter der Anzahl der Leiter des Nennquerschnittes entsprechen. Beispiel: Eine schraubenlose Klemme mit einem Nennquerschnitt von 4 mm² muß drei Leiter 4 mm² verbinden können, dagegen nicht Leiter kleineren Querschnittes.

Bei Verbindungsklemmen darf die Zahl der unter einer Klemme zu verbindenden Leiter die entsprechende **Höchstzahl** (vgl. Tabelle 2.33) nicht überschreiten. Ursache für diese Bestimmung ist der Spannungsfall an der Klemme und die nicht einwandfreie Klemmung an der Klemmstelle durch die zu große Zahl von Drähten.

Bei zu großer Leiterzahl in einer Klemme wird meist der oberste Leiter von der Schraube zu sehr gequetscht, da so viele Leiter festgehalten werden müssen. Außerdem ist durch das „Wandern“ des Kupfers unter dem Anpreßdruck die Verbindung vieler Leiter besonders gefährdet, was die einwandfreie Kontaktgabe betrifft. In allen Fällen besteht die Gefahr zu großer Erwärmung aufgrund des Spannungsfalls an der Klemme, die dann zu Schmorstellen und Schäden führt.

Bei Belastung mit dem Nennstrom dürfen an einer Klemme je Übergangsstelle (bei vier Drähten drei Übergangsstellen) 7,5 mV abfallen. In einer Verbindungsdose mit 6 Klemmen und 18 Leitern, also im Mittel 3 Leiter je Klemme, sind das bei $1,5 \text{ mm}^2 \cdot 6 \times 2 \times 7,5 \text{ mV} \times 20 \text{ A} = 6 \times 0,3 \text{ W} = 1,8 \text{ W}$.

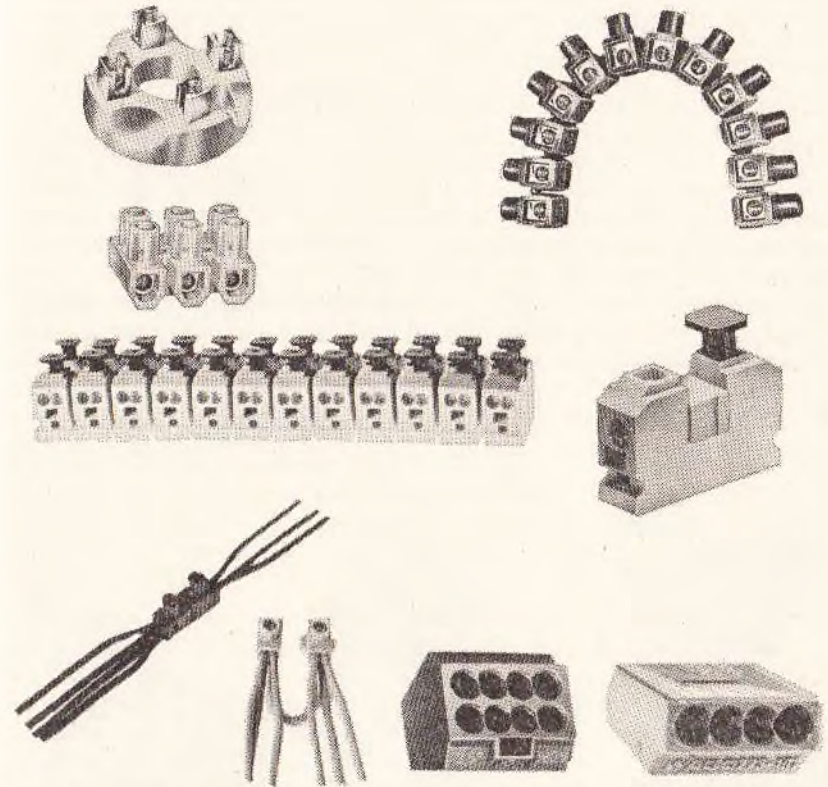
Manche Errichter el. Anlagen mißachten diese Bestimmung, obwohl mit ihr Gefahren verringert werden. Dies liegt sicher auch an der Mehrarbeit, die bei der Verbindung von mehr als 4 Leitern an einem Klemmpunkt erforderlich ist. Wie in den Fällen vorzugehen ist, in denen mehr Leiter an einer Stelle geklemmt werden müssen, als für eine Klemme zulässig sind, wird nachfolgend beschrieben.

Müssen in bestimmten Fällen mehr Leiter als für eine Klemme zulässig an einer Stelle geklemmt werden, bieten sich zwei Auswege an:

- Verwendung von schraubenlosen Verbindungsklemmen mit entsprechend viel Anschlußmöglichkeiten (z. B. 8polig), wodurch auch in schwierigen Fällen eine einwandfreie Verbindung und Übersichtlichkeit in der Dose möglich ist (vgl. Abb. 2.34).
- Verwendung von zwei isolierten Einzelklemmen auf einem abisolierten Drahtende hintereinander, wobei die untere Klemme mit z. B. 3 weiteren Leitern von unten und die obere Klemme mit z. B. 3 weiteren Leitern von oben bestückt wird. Auf diese Weise lassen sich 7 Leiter miteinander verbinden, da es auch für Einzelklemmen erlaubt ist, die Klemme von beiden Seiten zu nutzen. Die Bestimmung, daß Verbindungen und Anschlüsse hinsichtlich Dauerbelastung und Kurzschlußstrom der zu erwartenden Beanspruchung genügen muß (ausreichender Querschnitt), ist ebenfalls eingehalten (vgl. Abb. 2.34).
- Eine Variante dieses Vorschlags ist die Verwendung eines gesonderten Leiters als Brücke von Klemme zu Klemme, wobei jedoch eine Anschlußmöglichkeit weniger im Gesamtergebnis vorhanden ist (vgl. Abb. 2.34).

Schraubenlose Verbindungs- und Anschlußklemmen sind seit einiger Zeit zugelassen, wobei die Anschlußklemmen an Installationsschaltern schon früher schraubenlos sein durften.

Die Klemmen (die es auch als schraubenlose Reihenklemmen gibt) sind im wesentlichen nach demselben Prinzip aufgebaut: Bei den jetzt zugelassenen schraubenlosen Klemmen ist jeder Leiter einzeln untergeklemmt, und das Einführen des Leiters wird durch einen Anschlag begrenzt (vgl. Abb. 2.34).



Oben: Schraubklemmen

Mitte: Schraubenlose Leuchtenklemmen

Unten: Zusammenfassung von mehr als 4 Leitern mittels zweier Schraubklemmen und schraubenlose Verbindungsklemmen

(Werkbilder: Fa. Kleinhuis (Schraubklemmen), Fa. Wago (Schraubenlose Klemmen))

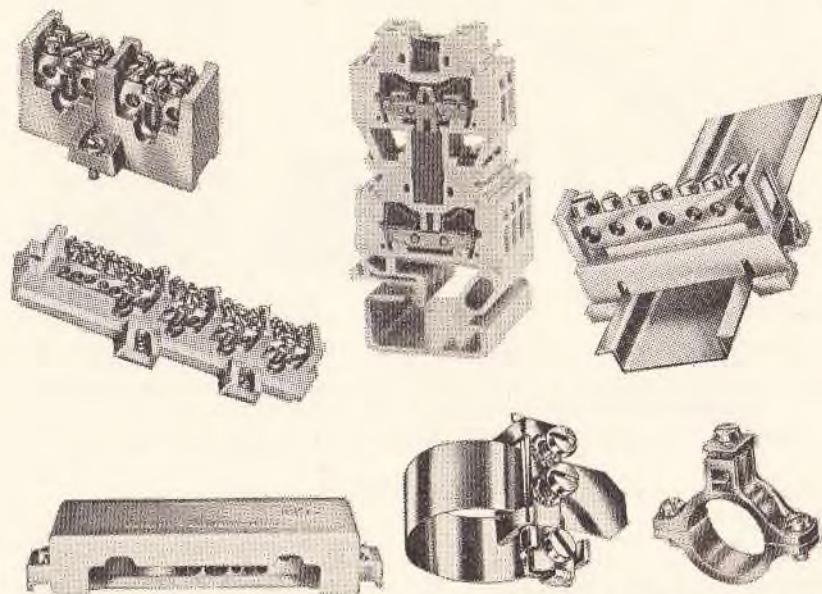
Abb. 2.34 – Klemmen

Die inzwischen auf dem Markt angebotenen Klemmen können meist auch den ganzen Klemmbereich nach Tabelle 2.33 klemmen. Diese Klemmen sind sehr **montagefreundlich**, weil die bereits eingeklemmten Leiter ihre Lage beim Unterklemmen weiterer Leiter nicht verändern. Der höhere Preis der schraubenlosen Klemmen wird im allgemeinen durch die Montagezeiterparnis wieder ausgeglichen. Überstehende Leitungsenden gibt es nicht und bei ordnungsgemäßer Länge des abisolierten Drahtendes auch keine blanken Leiterstellen vor der Klemme. Ein weiterer Vorteil der schraubenlosen Klemme ist der **gleichmäßige Kontaktdruck**, der unabhängig vom Festziehen der Schraube ist, mit der oft auch der einzelne Leiter beschädigt wurde. Mit schraubenlosen Klemmen dürfen jetzt **auch Schutzleiter** verbunden werden. Etwas umständlich

ist das Lösen eines untergeklebten Drahtes bei Verbindungsklemmen, was aber bei ordnungsgemäßer Installation selten vorkommt. Entsprechend wurden die schraubenlosen Leuchtenklemmen ähnlich wie die bekannten schraubenlosen Klemmen an Installationsschaltern mit einem Betätigungsdrücker zum Lösen des Leiters ausgerüstet.

An den **Klemmen von Schaltern und von Steckdosen** dürfen nur dann mehr als eine Ader angeklemt werden, wenn diese als Verbindungsklemmen (und nicht als Anschlußklemmen) ausgeführt sind. Diese Klemmen gestatten das abrutschsichere Unterklemmen von meist 2 Drähten. Die entsprechenden Geräte werden von den Herstellern mit der Angabe „Verbindungsklemme nach VDE 0620 oder VDE 0632“ angeboten.

Bei Zulassung durch die VDE-Prüfstelle (VDE-Zeichen) müssen Verbindungs- und Anschlußklemmen bis 10 mm² das Anschließen von Leitern **ohne besonderes Zurichten** ermöglichen. Dies gilt auch für schraubenlose Klemmen. Ein Biegen oder Verlöten der Leiterenden ist also nicht erforderlich, jedoch ist ggf. zu verdrehen. Bei Schraubklemmen muß jedoch für mehr- oder feindrähtige Leiter ein Abquetschschutz – z. B. in



oben links: Hauptleitungsabzweigklemmen
oben Mitte: schraubenlose Reihenklemme
oben rechts: N-/PE-Klemmleiste

unten links: Potentialausgleichsschiene
unten Mitte und rechts: Erdungsschellen

(Werkbilder Fa. H. Kleinhaus und Fa. Wago [Reihenklemmen])

Abb. 2.35 – Klemmen in Verteilern

Form einer gewölbten Federscheibe oder einer Druckplatte – vorhanden sein, wenn das Zurichten entfallen soll (siehe auch bei Anschluß beweglicher Leitungen im Abschn. 2.2.3.2).

Die in Verteilungen vorkommenden Klemmen sind die Schraubklemmen an den Schaltgeräten, die Hauptleitungsabzweigklemmen, die N- und PE-Klemmen und die Reihenklemmen. Für die **Schraubklemmen** gelten die oben gegebenen Hinweise sinngemäß.

Hauptleitungsabzweigklemmen werden in Verteilungen im plombierbaren Teil oder in plombierbaren Hauptleitungsabzweigkästen, die mit und ohne eingebaute Sicherungselemente für den Hauptleitungsabzweig erhältlich sind, eingebaut (vgl. Abb. 2.35).

Damit die Hauptleitung ungeschnitten durchgeführt werden kann, haben Hauptleitungsabzweigklemmen zu diesem Zweck eine Klemmstelle, in der die Klemmplatte aus einer Führungsnut vollständig herausgenommen werden kann. Der ungeschnittene, abisolierte Leiter wird eingelegt und nach Wiedereinsetzen der Klemmplatte durch Festziehen der Druckschrauben zwischen Klemmplatte und Unterteil geklemmt.

Hauptleitungsabzweigklemmen müssen Hauptleitungen und Abzweige getrennt mit je zwei Klemmschrauben klemmen. Sie sind als Einzel- oder 4- bzw. 5polige Klemmen für Schraub- oder Schnapppbefestigung erhältlich. U.-P.-Abzweigkästen für Hauptleitungen sollten mindestens 200 x 200 mm groß sein.

Reihenklemmen werden einzeln oder in Gruppen auf einer **Tragschiene** oder ähnlichem befestigt. Für Arbeiten ist es möglich, einzelne Reihenklemmen oder Blöcke von Reihenklemmen auszuwechseln, ohne die Anschlüsse benachbarter Klemmen zu lösen. Reihenklemmen haben für jeden Strompfad eine **Kennzeichnung**, die auch im an- oder aufgereihten Zustand sichtbar bleibt. Bei Reihenklemmen ist entweder die Klemmstelle sichtbar oder es ist ein ungehindertes Zuführen des Leiters sichergestellt. Das Einführen des Leiters wird durch einen Anschlag begrenzt. Bis zum Leiterquerschnitt von 10 mm² ist das Klemmen von Leitern ohne besonderes Herrichten und ohne Aderendhülsen möglich. Reihenklemmen können ein-, mehr-, fein- und feindrähtige Leiter des Nennquerschnitts einzeln klemmen. Dies gilt auch für die beiden unter dem Nennquerschnitt liegenden Leiterquerschnitte. Reihenklemmen, die die vorstehenden VDE-Bestimmungen erfüllen, dürfen mit „VDE 0611“ gekennzeichnet werden. Reihenklemmen sind üblich an einer Seite offen und werden dort durch die nächste Klemme oder durch ein Endstück abgedeckt. Es gibt Reihenklemmen mit Schrauben und schraubenlose Reihenklemmen (vgl. Abb. 2.35).

N-(Mp)- und PE(SL)-Klemmen gibt es als Klemmleisten und als Aufreihklemmen. N- und PE-Klemmleisten haben meist ein blaues bzw. grünelbes Kunststoffunterteil, das meist eine eingeprägte Numerierung hat und eine durchgehende Metallschiene, in deren Löcher die Leiter

einzel festgeschraubt werden können. **N- und PE-Aufreihklemmen** (nicht zu verwechseln mit Reihenklemmen) werden auf Cu-Schienen 6x6 mm aufgesetzt. **Für jeden Leiter ist dabei eine Klemme vorzusehen.** Aufreihklemmen gibt es mit und ohne Kunststoffaufsatz. Aufreihklemmen mit Kunststoffaufsatz haben am Schraubenkopf eine Schraubendreherführung, mit der auch ein Lockerungsschutz erreicht wird. Darüber hinaus lassen sich am Kunststoffaufsatz selbstklebende Bezeichnungsschilder befestigen (vgl. auch Abschnitt 2.5.3).

2.2.3 Verlegung von Kabeln und Leitungen

2.2.3.1 Allgemeines

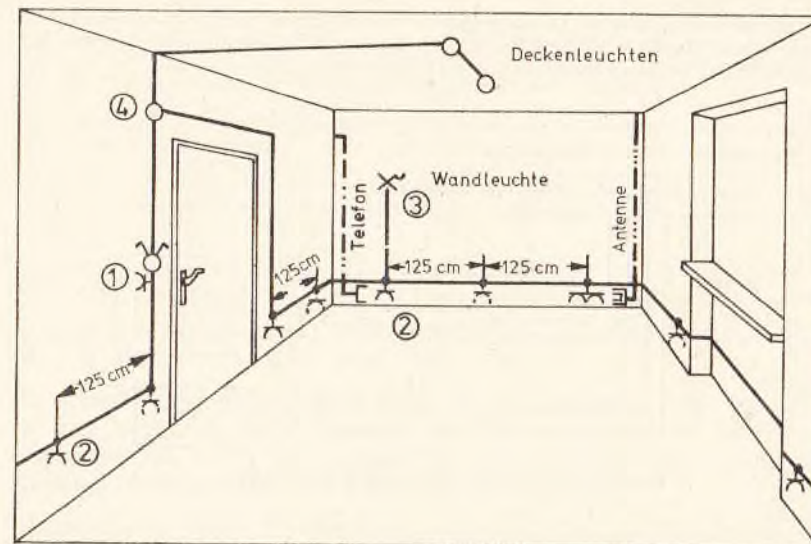
Leitungen müssen vor **mechanischer Beschädigung** geschützt werden. Damit soll eine Beschädigung der Betriebsisolierung vermieden werden. Der Schutz kann durch eine entsprechende Lage der Leitung, z. B. in Kanälen, oder durch eine Verkleidung hergestellt werden. Im Handbereich ist für Auf-Putz-Leitungen stets eine Verkleidung erforderlich (nicht bei elektrischen Betriebsstätten oder Freileitungen). Ausreichend verkleidet sind Leitungen in Rohren mit Kennzeichen A, Mantelleitungen und Kabel. **Im und unter Putz** verlegte Leitungen gelten, sofern sie für diese Verlegungsart zugelassen sind (vgl. Tabelle 2.24), als außerhalb des Handbereichs angeordnet und ausreichend mechanisch geschützt.

An besonders gefährdeten Stellen, wie Fußbodendurchführungen, ist durch übergeschobene Kunststoff- oder Stahlrohre oder ähnliches für zusätzlichen Schutz zu sorgen. Die Leitung muß der zu erwartenden Beanspruchung standhalten, d. h., in Betonwänden und -decken und unter Streckmetallen u. ä. dürfen z. B. nur NYM-Leitungen oder Leitungen in Kunststoff- oder Stahlrohren verwendet werden. Dabei ist zu beachten, daß sich in der Praxis die Verwendung von NYM-Leitungen in Beton wegen der mechanischen Beanspruchung nicht bewährt hat (Beschädigung an Auslaßstellen und Dehnungsfugen). Eine entsprechende Änderung der VDE-Bestimmungen ist in Vorbereitung.

Im und unter Putz verlegte Leitungen sollen nach Möglichkeit **senkrecht und waagrecht verlegt** werden, damit auch später noch aus der Lage der Dosen die Lage der Leitung vermutet werden kann und dadurch ihre Beschädigung durch Nageln oder Bohren von Dübellöchern und die damit verbundene Gefährdung von Personen vermieden wird (vgl. Abb. 2.36).

Beim Einführen von Leitungen in Betriebsmittel muß deren **Schutzart** erhalten bleiben (z. B. Einführung einer Feuchtraumleitung in einen spritzwassergeschützten Schalter, Abdichtung mit PVC-Würgestutzen).

Unter oder im Putz und nicht in Rohren verlegte Leitungen müssen **vor** den Malerarbeiten auf Isolationswiderstand und Durchgang geprüft werden, um ggf. Reparaturen rechtzeitig durchführen zu können.



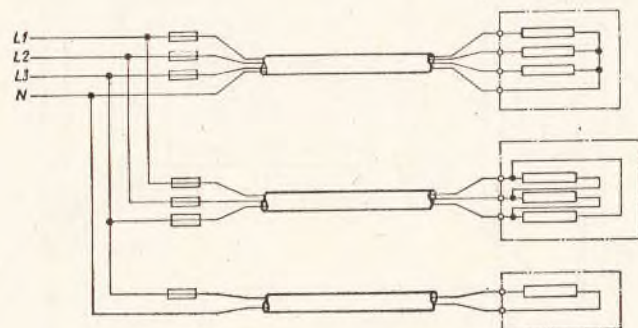
- ① Schalterhöhe = Türdrückerhöhe = meist 105 cm über **Oberkante Fertigfußboden (OKFF)**
seitl. Abstand des Schalters von der Türzarge 7 cm
Schalterhöhe neben Betten = 70 cm über OKFF
 - ② Steckdosenhöhe = 30 cm über OKFF, sofern nicht in Schalterkombination
Steckdosenraster = 125 cm (von der Wandmitte oder der Tür ausgehend)
Steckdosenhöhe in Küchen über Arbeitsflächen = 105 cm über OKFF
für Arbeitsplatzleuchten u. ä. = 135 cm über OKFF
für Wrasenabzug u. ä. = 165 cm über OKFF
Steckdosenhöhe neben Betten = 70 cm über OKFF
Telefondosen = 30 cm über OKFF
Antennendosen = 30 cm über OKFF
 - ③ Wandleuchtenhöhe = 150 cm (120...170 cm) über OKFF
 - ④ Höhe der Verbindungsdose (Abzweig- und Verteilerdose) = 30 cm unter der **Unter-
kante der Decke (UKD)**
- Sonstige Maße: Geräteanschlußdosenhöhe = 20 cm über OKFF
Tür- und Haussprechanlagen = 150 cm über OKFF

Abb. 2.36 – Leitungsführung in einem Wohnraum

Grundsätzlich gilt, daß in einem Rohr oder einer mehradrigen Leitung oder einem mehradrigen Kabel wegen der Übersichtlichkeit und der entstehenden Gefahren bei Isolationsfehlern nur ein Stromkreis enthalten sein soll (Abb. 2.37 oben).

In bestimmten Fällen sind jedoch Ausnahmen möglich (z. B. für Mehrmotorenantrieb, elektrische Betriebsstätten, Bühnenbeleuchtungen, bei Verarbeitungsmaschinen und Fördergeräten und bei Lüftungs- und climatechnischen Anlagen).

Bei der Verlegung von **Einaderleitungen in Rohren** dürfen in diesem Rohr nur die Adern eines Hauptstromkreises einschließlich der zu diesem Hauptstromkreis gehörigen Hilfsstromkreise enthalten sein (vgl. Abb. 2.37 unten).



Beispiele für je 1 Stromkreis mit getrennten Umhüllungen

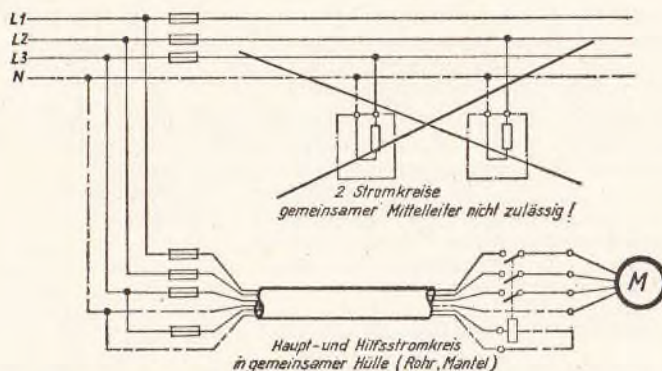


Abb. 2.37 – Zusammenfassen der Leiter von Stromkreisen

Die Zuordnung eines **gemeinsamen Mittel- oder Nulleiters** für mehrere Hauptstromkreise ist **nicht** zulässig (vgl. Abb. 2.37). Ausnahmen gelten für Schienenverteiler.

In **Mehradernleitungen** und -kabeln dürfen mehrere Hauptstromkreise samt der zu diesen Hauptstromkreisen gehörenden Hilfsstromkreise vereinigt sein. Diese Bestimmung darf jedoch auch bei weitergehender Auslegung des Ausnahmefalles nicht ohne Beachtung der übrigen VDE-Bestimmungen angewendet werden. Die Verwendung eines gemeinsamen Schutzleiters ist zwar zulässig, sein Querschnitt braucht in diesem Fall auch nur dem Querschnitt des Außenleiters entsprechen, doch darf der Mittelleiter **keinesfalls** gemeinsam verwendet werden. In Mehraderleitungen mit 2 bis 5 Adern ist der Mittelleiter hellblau zu kennzeichnen. Diese Leitungen enthalten aber nur eine blaue Ader. Daraus folgt, daß in diesen Leitungen nur **ein** Stromkreis und ein Mittelleiter vorhanden sein dürfen, wodurch die Anwendung der obigen Bestimmung

sehr eingeschränkt wird. Anders verhält es sich bei Mehraderleitungen und Kabeln mit mehr als 5 Adern, die dann schwarz und durch Zahlendruck gekennzeichnet sind. Hier darf als Mittelleiter eine beliebige Ader mit Zahlendruck verwendet werden, so daß hier zwei Stromkreise mit zwei getrennten Mittelleitern möglich sind.

Bei getrennter Verlegung von **Hilfsstromkreisen** dürfen mehrere Hilfsstromkreise gemeinsam in einer Mehraderleitung oder -kabel oder in einem Rohr geführt werden.

Es ist nicht zulässig, **einzelne Leiter** eines Stromkreises auf verschiedene Rohre, Leitungen oder Kabel zu verteilen, wenn diese auch noch andere Stromkreise enthalten.

Beim Verlegen von Stromkreisen **unterschiedlicher Spannung** in einer Mehraderleitung oder -kabel müssen diese der höchsten vorkommenden Betriebsspannung entsprechen.

Leitungen von Stromkreisen mit **Schutzkleinspannung** nach VDE 0100 § 8 sollen getrennt von anderen Stromkreisen verlegt werden.

Die Leiter dürfen nur auf einer isolierenden Unterlage oder mit isolierender Umhüllung durch Schraubklemmen, schraubenlose Klemmen, Preßverbinder, Löten oder Schweißen verbunden werden, wobei die **lösbaaren Verbindungen** zugänglich bleiben müssen.

Verbindungen dürfen nur in **Dosen oder Kästen**, bei Mehraderleitungen und Kabeln auch in Muffen hergestellt werden. **Auch hier gilt grundsätzlich, daß in Dosen oder Kästen nur ein Stromkreis enthalten sein soll.** In folgenden Fällen darf hiervon abgewichen werden:

- Werden die Leiter ungeschnitten durchgeführt (Zugkasten), so können für mehrere Stromkreise gemeinsame Durchgangskästen verwendet werden.
- Sind in Kästen Verbindungen oder Abzweigungen erforderlich, so müssen verschiedene Stromkreise durch **isolierende Zwischenwände** getrennt sein. Dies ist bei Verwendung von Reihenklemmen nicht erforderlich.

Leuchten-Klemmen (Lüster-Klemmen) und Geräte-Klemmen dürfen im Zuge festverlegter Leitungen nicht für die Verbindung von Leitungsadern verwendet werden (vgl. Abb. 2.34).

Die **betriebsmäßige Rückleitung** muß in Starkstromanlagen stets über einen besonderen Leiter erfolgen. Die Erde darf wegen des meist hohen Erdübergangswiderstandes hierfür **nicht** verwendet werden. Neben der sonst entstehenden Gefahr einer Berührungsspannung ist meistens auch ein hoher Leistungsverlust vor dem Verbraucher zu erwarten.

Bei U.-P.-Installationen müssen die Leitungen für Wandleuchten in **Wandauslaßdosen** enden. Diese Bestimmung wird immer noch von etlichen Errichtern mißachtet, obwohl hier gefährliche Berührungsspannungen im Handbereich abgedeckt werden sollen.

Zu häufig wurden die spannungsführenden Leitungsenden zunächst nicht durch eine Wandleuchte abgedeckt oder bei späterem Tapezieren sogar ohne weiteren Schutz mit der Tapete überdeckt. Die nur 30 mm breiten Wandauslaßdosen, die es auch in Hohlwandausführung gibt, werden bei der Montage auch von schmalen Wandleuchtensockeln überdeckt. Sollen Wandleuchten erst später angebracht werden, können die Wandauslaßdosen mit Deckeln verschlossen und übertapeziert werden (vgl. Abb. 2.28).

Bei **Kreuzungen oder Näherungen** von Starkstrom- und Fernmeldeanlagen ist ein Mindestabstand von 10 mm erforderlich. Kann dieser nicht eingehalten werden, ist ein Trennsteg notwendig.

In Kabelkanalanlagen wird hierfür ein durchgehender Trennsteg eingesetzt. Verlaufen Starkstromleitungen unmittelbar neben in Rohren verlegten Fernmeldeleitungen (oder umgekehrt), ist die Vorschrift ebenfalls eingehalten.

Nebeneinanderliegende Klemmen von Starkstrom- und Fernmeldeanlagen sind getrennt anzuordnen und außerdem so auszuführen, daß sie **leicht zu unterscheiden** sind. Dies kann durch Form oder Farbe geschehen, Bezeichnung allein gilt nicht als ausreichendes Unterscheidungsmerkmal.

Wenn betrieblich an der Fernmeldeanlage gearbeitet wird, müssen die Klemmen so ausgeführt sein, daß bei Verwendung des üblichen Werkzeugs eine Berührung oder ein Schluß zwischen den verschiedenen Stromkreisen nicht möglich ist.

Bei der Verlegung in und unter Putz wird die Hülle isolierter Leitungen stark beansprucht. Da diese Hülle bei Aderleitungen gleichzeitig die Betriebsisolierung ist, dürfen **Kunststoffaderleitungen** H07V weder unmittelbar auf, im oder unter Putz und wegen der Brandgefahr bei Beschädigungen auch nicht auf oder in Holzleisten verlegt werden.

Sollen solche Leitungen in Gebäuden a.P. verlegt werden (offen verlegte Leitungen), so muß ein Abstand von 10 mm zur Wand erhalten bleiben. Dies wird durch Montage auf Isolierrollen erreicht.

Blanke ungeerdete Leiter werden in Gebäuden nur in elektrischen Betriebsstätten verlegt und werden deshalb hier nicht näher behandelt.

Rohrdrähte dürfen nur in trockenen Räumen, umhüllte Rohrdrähte NYRUZY jedoch auch in feuchten Räumen und im Freien auf, im und unter Putz verlegt werden.

Blanke Beidrähte oder **Metallhüllen** dürfen wegen der damit verbundenen Gefahren allein weder als betriebsmäßig stromführender Leiter noch als Mittel- oder Schutzleiter verwendet werden.

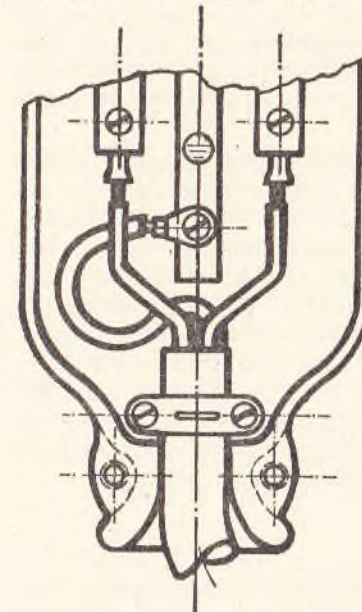
2.2.3.2 Anschluß beweglicher Leitungen

Anschlüsse müssen immer mit besonderer Sorgfalt hergestellt werden. Dies gilt in ganz besonderem Maße für die **Anschlußstellen von beweglichen Leitungen**, und zwar auch dann, wenn elektrische Betriebsmittel

nur vorübergehend angeschlossen werden. Außer den beweglichen Anschlußleitungen ortsveränderlicher Geräte, die über Steckvorrichtungen an die festverlegte Installation angeschlossen werden, trifft dies auch zu für

- festverlegte bewegliche Leitungen, wie schwere Gummischlauchleitungen H07RN-F, die für feste Verlegung a. P. oder u. P. zugelassen sind und sich u. a. wegen der guten Abdichtungsmöglichkeiten von Gummischlauchleitungen auch für Verlegung im Wasser eignen. Solche Leitungsverlegung kommt z. B. auf Baustellen oder ähnlich vorübergehend hergestellten Anlagen vor. Diese Leitungen müssen dann aber ordnungsgemäß befestigt sein, wobei die Befestigungspunkte in geringerem Abstand als z. B. bei NYM-Leitungen gewählt werden müssen.
- bewegliche Leitungen, die fest mit der festverlegten Installation verbunden werden. Die Verbindung der beweglichen Leitung mit der festen Installation muß über Klemmen in ortsfesten Gehäusen erfolgen. Zweckmäßigerweise verwendet man hierfür Geräteanschlußdosen, die über entsprechende Klemmen, Zugentlastungsvorrichtung und Knickschutz verfügen.

Ortsfeste Betriebsmittel, die zum Anschließen oder Reinigen u. ä. **begrenzt bewegbar** sind, wie Herde, Waschmaschinen, Speicherheizgeräte usw., **müssen** mit beweglichen Leitungen angeschlossen werden. Auch ziemlich beweglich erscheinende Leitungen, wie NYM-Leitungen, dürfen hierfür nicht verwendet werden. Außerdem ist zu beachten, daß die bewegliche Leitung genügend lang ist, um das nachträgliche Abrücken



Entlastung der Verbindung von Zug und Schub und Sicherung der Leitungsumhüllung gegen Abstreifen mit nicht unter Spannung stehender Zugentlastung, Verdrehungsschutz der Leitungsadern, verlängerter Schutzleiter, Knickschutz durch trichterförmige Einföhrung

Abb. 2.38 – Beispiel für den Anschluß einer flexiblen Leitung

des Geräts zu ermöglichen, ohne daß dabei die Leitung aus der Klemme gerissen wird. Dies gilt auch für Geräte, deren Anschlußstellen nicht für den Anschluß festverlegter Leitungen ausgebildet oder zugänglich sind oder die bei üblichem Gebrauch in begrenztem Ausmaß Bewegungen ausgesetzt sind, wie z. B. durch Schwingungen.

Für alle beweglichen Leitungen gilt (vgl. Abb. 2.38):

- Leitungsadern müssen gegen **Verdrehen** gesichert sein.
- Leitungsumhüllungen müssen gegen **Abstreifen** gesichert sein.
- An der Einführungsstelle muß das **Knicken** der Leitungen durch Abrunden der Einführungsstelle oder durch Tüllen o. ä. verhindert werden.
- Die Anschlußstellen müssen von **Zug** und **Schub** entlastet sein.
- Die **Zugentlastungsvorrichtung** darf nicht unter Spannung stehen und die zugentlastete Leitung nicht mechanisch beschädigen.
- **Verknoten** der Leitungen oder Festbinden am Betriebsmittel, z. B. als Zugentlastung, ist ebenso unzulässig wie die Verwendung von Metallschutzwendeln als Knickschutz. Auch dürfen Stopfbuchsenverschraubungen und dergleichen nicht als einziges Zugentlastungsmittel verwendet werden, da sie den Zugbeanspruchungen oft nicht standhalten.
- **Schutzleitungsadern** in den Betriebsmitteln müssen so lang sein, daß sie beim Versagen der Zugentlastungsvorrichtung erst nach den spannungsführenden Adern auf Zug beansprucht werden (vgl. Abb. 2.38).
- Zum **Schutz gegen Abspießen oder Abquetschen einzelner Drähte** von mehr-, fein- oder feinstdrähtigen Leitern müssen entweder geeignete Anschlußklemmen, wie z. B. Mantelklemmen mit Abquetschschutz oder entsprechend behandelte Leiterenden verwendet werden. Hierfür eignen sich Kabelschuhe oder Aderendhülsen oder Verlöten oder Verschweißen der Aderenden. Bei betrieblichen Erschütterungen sind Löt- oder Schweißverbindungen der Aderenden oder Löt-kabelschuhe nicht zugelassen, da erfahrungsgemäß durch den Betrieb die einzelnen Drähte an der Löt- oder Schweißstelle abbrechen. Hier ist die Verwendung von Klemm- oder Quetschverbindungen bei Kabelschuhen oder Aderendhülsen angebracht, die auch leichter und sicherer einwandfrei herzustellen sind.

2.2.3.3 Installationsrohre

Die verschiedenen Installationsrohre (Material, Druckfestigkeit, Flexibilität und Größe) werden im Abschnitt 3.4 beschrieben. An dieser Stelle wird nur auf die Verlegung eingegangen.

Alle Rohrarten dürfen **im und unter Putz** verlegt werden. **Auf Putz** dürfen nur Stahlrohre und flammwidrige Isolierstoffrohre mindestens mittlerer Druckfestigkeit benutzt werden (also Typen AS, ASCF, A und ACF). **In Beton** sind stets Rohre schwerer Druckfestigkeit zu verwenden (also Typen AS, ASC, ASCF).

Um die Leitungsisolierung nicht zu verletzen, dürfen Rohrenden keinen Grat oder scharfe Kanten haben. Dies gilt auch in den Muffen, Bögen, Dosen und Kästen.

Tabelle 2.39 – Zuordnung der Höchstzahl von H07V-Leitungen zu den lichten Weiten von Installationsrohren

Leiterzahl	Nennquerschnitte der Leiter in mm ²							
	1.5	2.5	4	6	10*	16*	25*	35*
2	11	11	13,5	16	23	23	29	29
3	11	13,5	16	16	23	23	29	36
4	13,5	16	16	23	23	29	36	36
5	13,5	16	23	23	29	29	36	48
6	16	23	23	23	29	36	48	48

* ein- oder mehrdrähtig

Da **Beschädigungen** der isolierten Leitungen beim Einziehen in zu enge Rohre nicht zu vermeiden sind, wurden die **Leiterhöchstzahlen** entsprechend dem Leiterquerschnitt und der lichten Rohrweite festgelegt. Der Zusammenhang ist in Tabelle 2.39 zu sehen.

Rohre werden mit Schellen befestigt. Das Einziehen der isolierten Leitungen erfolgt bei Im- oder Unter-Putz-Verlegung zweckmäßig erst nach Austrocknung des Baus.

Bei der **Rohrinstallation auf Putz** (Verwendung stabiler Rohre) unterscheidet man zwischen der offenen und der geschlossenen Verlegung. Bei der offenen Verlegung werden keine Bögen verwendet, d. h. eingezogene Leitungen sind an den Abwinkelungsstellen frei. Diese Verlegungsart erlaubt wegen der Rohre größere Schellenabstände. Bei der geschlossenen Verlegung werden die Rohre an den Biegestellen mit Bögen verbunden.

Mit Isolierstoffrohren werden bei **Isolationsfehlern** Spannungsverschleppungen vermieden. Für Installationen in Baderäumen und Duschecken sind bei Rohrinstallationen aus diesem Grund Isolierstoffrohre vorgeschrieben.

Werden nur betriebsisolierte **Aderleitungen** (z. B. H07V) in Stahlrohre ohne Isolierstoffauskleidung oder entsprechende Metallschläuche eingezogen, müssen die Rohre in eine Schutzmaßnahme gegen zu hohe Berührungsspannung einbezogen werden (z. B. Nullung).

In diesem Fall sind jedoch alle Rohrstücke einzeln an den Schutzleiter anzuschließen, da die Rohrverbindungen meistens keinen ausreichenden Kontakt vermitteln. Hierfür sind geeignete Schutzleiterklemmen erforderlich.

Da diese Lösung sehr aufwendig ist, empfiehlt sich für die Verlegung mit Kunststoffaderleitungen (H07V) die Verwendung von Isolierstoffrohren.

2.2.3.4 Kabel

Damit die Kabel nicht beschädigt werden, sind sie gegen die am Ort der Verlegung zu erwartenden **chemischen und mechanischen Einwirkungen** zu schützen. Dies kann durch Verlegung in Kanälen oder Rohren (lichte Weite mindestens 1,5 x Außendurchmesser des Kabels) und bei rein mechanischen Beanspruchungen auch nur durch Abdeckung mit Platten oder Ziegeln u. ä. oder Verwendung bewehrter Kabel oder Kabel mit konzentrischen Leitern geschehen. Bei starken chemischen Einwirkungen können auch Kabel mit verstärktem Korrosionsschutz verlegt werden. Asche- oder Schlackeaufschüttungen sind z. B. chemisch aggressiv. Als Schutz gegen Pickenhiebe oder Spatenstiche sind Kabelhauben oder Kabelabdecksteine nicht zu empfehlen, da sie nur geringen Schutz bieten. Imprägnierte Holzbretter sind hierfür besser geeignet.

Beim Verlegen von Kabeln sind die **Mindestbiegeradien** zu beachten, die bei kunststoffisolierten Kabeln 12 bis 15 D, bei mehradrigen papierisolierten Kabeln mit Blei- oder gewelltem Metallmantel 15 D, für alle übrigen papierisolierten Kabel 25–30 D betragen (D = Außendurchmesser des Kabels). Kabel sollen durch **Abtrommeln** oder Abrollen verlegt werden. Knickungen und insbesondere Schlingen sind zu vermeiden. Beim Einziehen ist ein Ziehstrumpf oder Ziehkopf zu verwenden.

Damit der Druck durch das Erdreich bei entsprechender oberirdischer Belastung nicht schädigend auf das Kabel wirkt, soll dies **mindestens 0,6 m** unter der Erdoberfläche verlegt werden. Bei Verlegung unter Fahrbahnen von Straßen ist die Verlegungstiefe auf 0,8 m abzusenken. Die Kabel sind auf der **Grabensohle** mit fester, glatter, steinfreier Oberfläche möglichst in Sand oder steinfreier Erde zu betten. Dies ist auch wegen der Wärmeabfuhr erforderlich. Beim **Übergang in Schutzrohre** müssen die Kabel an der Ein- und Austrittsstelle so unterfüttert werden, daß keine Druckstellen entstehen. Zweckmäßigerweise sollte die Unterfütterung so stark sein, daß das Kabel dicht unter der Oberkante des Rohres ein- oder austritt.

Liegen mehrere Kabel in einem Graben, so sollen sie gekennzeichnet sein. Die **Kennzeichnung** soll mindestens alle 2 m und unter den Endverschlüssen und Verbindungsmuffen erfolgen, damit eine ggf. erforderliche Fehlerbeseitigung erleichtert wird.

Starkstromkabel und **Fernmeldeanlagen** sollen einen möglichst großen Abstand voneinander haben. Bei Abständen unter 0,3 m ist eine feuer-

sichere Abdeckung oder Rohrverlegung erforderlich. Bei Kreuzungen muß die Abdeckung auf beiden Seiten 0,5 m über die Kreuzung hinausragen.

Bei Kreuzungen und Näherungen mit Anlagen von Eisenbahnen, Autobahnen, Wasserstraßen sind ähnliche Vorschriften vorhanden. Einzelheiten sind in VDE 0100 § 42 e) und in den Kreuzungsvorschriften der jeweiligen Anlagenbetreiber enthalten.

An **Kabelverbindungsstellen** sind die Metallmäntel, konzentrischen Leiter, Schirme und Bewehrungen elektrisch gut leitend miteinander zu verbinden. Auf ausreichende Querschnitte an der Verbindungsstelle ist insbesondere beim konzentrischen Leiter zu achten. **Getränkte Kabel** müssen an den Enden so abgedichtet werden, daß keine Tränkmasse austritt und das Eindringen von Feuchtigkeit verhindert wird. Insbesondere bei Höhenunterschieden ist hierauf zu achten, da die Endverschlüsse u. U. druckfest sein müssen. Bei kunststoffisolierten Kabeln kann, wenn nicht mit dem Eindringen von Wasser zu rechnen ist, auf eine besondere Abdichtung am Ende verzichtet werden. Endverschlüsse und Muffen für Kabel gibt es mit und ohne Vergußmasse.

Um die **Gefahr von Bränden**, ihre Ausdehnung und ihre Folgen herabzusetzen, ist eine entsprechende Art der Kabelverlegung zu wählen. In feuergefährdeten Räumen muß die äußere Umhüllung der Kabel entfernt werden, sofern sie nicht schwer entflammbar ist.

Um Korrosion zu verhindern, muß die Bandstahl- oder Drahtbewehrung in solchen Fällen mit einem Schutzanstrich versehen werden. Schächte und Kanäle sind durch feuerhemmende Wände und Türen zu unterteilen bzw. abzuschotten. Insbesondere ist bei **PVC-Hüllen** auf die Auswirkung der bei Hitze freiwerdenden Chlormengen (Chlorwasserstoff – Salzsäure) zu achten, die dann u. U. die Metallteile zerstört.

Beim Verlegen von Kabeln an Wänden von Gebäuden sind **Schellenabstände** von 0,5 bis 0,8 m einzuhalten. Die in Frage kommenden Schellen sind unter 2.2.4.2 (Feuchtraumleitungen) beschrieben. Die Eintrittsstellen von Kabeln in Gebäude, z. B. als Hausanschlußkabel, sind gegen das Eindringen von Feuchtigkeit abzudichten.

2.2.3.5 Besonderheiten bei der Verlegung von Kabeln und Leitungen entsprechend der baulichen Konstruktion

Stemmarbeiten und Aussparungen (3 x 3 cm je Schlitz oder Wanddurchführung) dürfen die Standsicherheit von Mauern und Wänden nicht beeinträchtigen.

In **Hohlblock- oder Lochsteinen** dürfen nur senkrechte Schlitzte bis 3 cm Tiefe gestemmt werden.

An **belasteten Wänden unter 17,5 cm** sind Schlitz-, Durchführungsöffnungen und Aussparungen nicht zulässig. Löcher für Dübel, Schalter- und Abzweigdosen sind von diesem Verbot ausgenommen.

Am **Schornsteinmauerwerk** sind Schlitz-, Durchführungsöffnungen und Aussparungen ohne Ausnahme verboten. Eine Unter-Putz-Verlegung ist an dieser Stelle nicht durchführbar, allenfalls eine Im-Putz-Verlegung. Diese ist jedoch nach Möglichkeit ebenfalls zu vermeiden, da infolge der höheren Erwärmung der Leitung eine geringere Lebenserwartung der Leitungsisolierung die Folge ist. Darüber hinaus sinkt die zulässige Belastbarkeit der Leitung entsprechend Tabelle 2.64.

Bei **Montagewänden aus Gipskartonplatten** auf einem Holz- oder Metallständerwerk muß die Verlegung erfolgen, bevor die zweite Seite der Wand mit der Gipskartonplatte verschlossen wird. Zur Leitungsverlegung sind NYM-Leitungen geeignet. Bei Unterkonstruktionen aus Metall muß darauf geachtet werden, daß scharfe Kanten die Leitung nicht beschädigen. Schalter-, Verbindungs-, Abzweig- und Wandauslaßdosen müssen Hohlwanddosen mit der Kennzeichnung  sein. **Verteilungen** in Montagewänden sind zulässig, jedoch sind wegen der geringen Tiefe Flachsysteme zu verwenden. Als Befestigungsmaterial für Leitungen, Dosen usw. ist nur **nichtrostendes** oder rostgeschütztes Befestigungsmaterial zu verwenden.

Trennwände aus Gips-Wandbauplatten gibt es in 6, 8 und 10 cm Stärke. Hier dürfen neben NYM-Leitungen auch Stegleitungen in Schlitz- u.P. verlegt werden. **Leitungsschlitz** dürfen nur mit dem Nutzieher oder Fräser hergestellt werden. Keinesfalls dürfen Schlitz gestemmt werden! Damit die Leitung noch 1 cm überdeckt wird, sind die Schlitz entsprechend tief zu fräsen. Die maximale Tiefe der Schlitz von $\frac{1}{2}$ Wanddicke darf jedoch nicht überschritten werden. Waagerechte Schlitz größerer Tiefe dürfen höchstens über 1 m Wandbreite verlaufen. Die Leitungsbefestigung erfolgt mit Gipsplastern oder mit rostfreiem oder -geschütztem Befestigungsmaterial. Die Schlitz werden in der Regel durch den Wandbauer geschlossen.

Schalter- oder Verbindungsdosen sollten in so dünnen Wänden nicht genau gegenüberliegen, da sonst die Feuerdämmung oder Schalldämmung beeinträchtigt oder nahezu aufgehoben wird.

Auf die Verlegung von Stegleitungen hinter **Vorsatzschalen aus Gipskartonplatten** auf Mauerwerk wird in Abschnitt 2.2.4.1 eingegangen. Wird die Vorsatzschale aus Gipskartonplatten auf Holz befestigt, sind für die Elektroinstallation Hohlwanddosen mit Kennzeichnung  und NYM-Leitungen zu verwenden.

Bei **Deckenbekleidungen** oder Unterdecken auf Holz- oder Metallunterkonstruktionen sind größere Belastungen, z. B. durch schwere Leuchten,

rechtzeitig mit dem Deckenbauer abzusprechen, damit dieser die höhere Belastung der Unterkonstruktion entsprechend berücksichtigt.

In der Nähe von nicht wärmeisolierten **Heißwasser- oder Heizungsrohren** muß ein Abstand von 0,1 m eingehalten werden. Bei metallenen **Rauch- und Abgasrohren** erhöht sich der Mindestabstand auf 0,25 m.

In **Luftschächten oder Schornsteinzügen** ist die Verlegung von Leitungen nicht zulässig.

Beim **Einputzen** der Verbindungs- und Gerätedosen ist auf die noch aufzubringende Putzstärke Rücksicht zu nehmen. Das bedeutet beispielsweise bei üblicher Putzauftragsstärke von 10 bis 15 mm, daß die Dosen ca. 5 mm nach dem Einputzen aus dem Mauerwerk herausstehen müssen, damit nach dem Verputzen der Wand einerseits keinesfalls ein Rand übersteht und andererseits die Dose nicht zu tief eingeputzt ist.

Die **Abdeckung** der Dosen und Leitungsenden beim Verputzen kann mittels Zeitungspapier oder spezieller Dosendeckel erfolgen. An der Stelle der Dose wird der Putz schneller trocken und damit weiß gegenüber dem noch feuchten grauen Putz. Die Lage der Dose ist in diesem Trocknungsstadium gut erkennbar. Zweckmäßigerweise sollte daher zu diesem Zeitpunkt der Putz an der Stelle der Dose eingedrückt und dadurch markiert werden.

2.2.4 Besondere Bestimmungen zur Steg- und Feuchtraumleitungsverlegung

2.2.4.1 Stegleitungsverlegung

Überall dort, wo das Stemmen von Schlitz- vermieden werden soll, ist für die Unter- oder Imputzinstallation die **Stegleitung** zu empfehlen. Ob die Schlitz aus Kostengründen (Arbeitslohn), wegen des Untergrundes (Beton) oder aus statischen Gründen (dünne Wände) vermieden werden sollen, ist hierbei ohne Bedeutung.

Die Stegleitung ist als Flachleitung aufgebaut und hat über der Kunststoffbetriebsisolierung der Leiter eine Gummi- (NYIF) oder Kunststoffhülle (NYIFY), welche die Leiter in gleichmäßigem Abstand hält. Stegleitungen gibt es 2- bis 5adrig bei Leiterquerschnitten von 1,5 und 2,5 mm² und 2- bis 4adrig bei Leiterquerschnitten von 4 mm².

Drehstromanschlüsse mit Leiterquerschnitten von 4 mm² können nur ohne Mittelleiter hergestellt werden. Bei Drehstromanschlüssen mit Mittelleiter mit Hilfe von 2 Stegleitungen ist darauf zu achten, daß weder der blaue noch der grüngelbe Leiter der zweiten Stegleitung verwendet werden darf. **Stegleitungen sind aufgrund ihres Aufbaues nur für die Verlegung in trockenen Räumen in und unter Putz und bis zu 380 V zugelassen.** Da die Gefahr der Beschädigung von Stegleitungen während der

Bauzeit besonders groß ist, ist der Brandgefahr durch Lichtbögen besondere Aufmerksamkeit zu schenken, was sich auch in entsprechenden Bestimmungen niedergeschlagen hat.

Stegleitungen müssen in ihrem ganzen Verlauf von Putz bedeckt sein. Ausgenommen hiervon sind Hohlräume von Decken und Wänden, die aus nicht brennbaren Baustoffen wie Beton oder Stein bestehen. Hier sollte jedoch darauf geachtet werden, daß die Stegleitung nicht eingezogen, sondern eingelegt wird. Ebenso ist die Verlegung unter **Gipskartonplatten** erlaubt, sofern diese nicht durch Nageln oder Schrauben, sondern mit Gipsplastern auf einer nicht brennbaren Wand (z. B. aus Stein) befestigt werden. Dies gilt auch, wenn sich unter der Gipskartonplatte ein Wärmedämmstoff befindet, sofern dieser schwer entflammbar ist. Nicht zulässig ist die Verlegung von Stegleitungen unter Gipskartonplatten mit oder ohne Wärmedämmstoff, wenn diese auf Lattenrosten befestigt werden!

Stegleitungen dürfen **nicht einbetoniert** und auch nicht auf Drahtgewebe oder Streckmetallen (auch nicht für kurze Strecken) verlegt werden.

Stegleitung darf wegen der Brandgefahr **nicht auf Holz**, auch nicht unter Putz, verlegt werden.

Eine Verwendung von Stegleitungen in Holzhäusern ist damit ebenfalls nicht erlaubt. Da die Stegleitung in ihrem ganzen Verlauf von Putz bedeckt sein muß, darf sie auch nicht in Sockelleisten oder Kanälen verlegt werden.

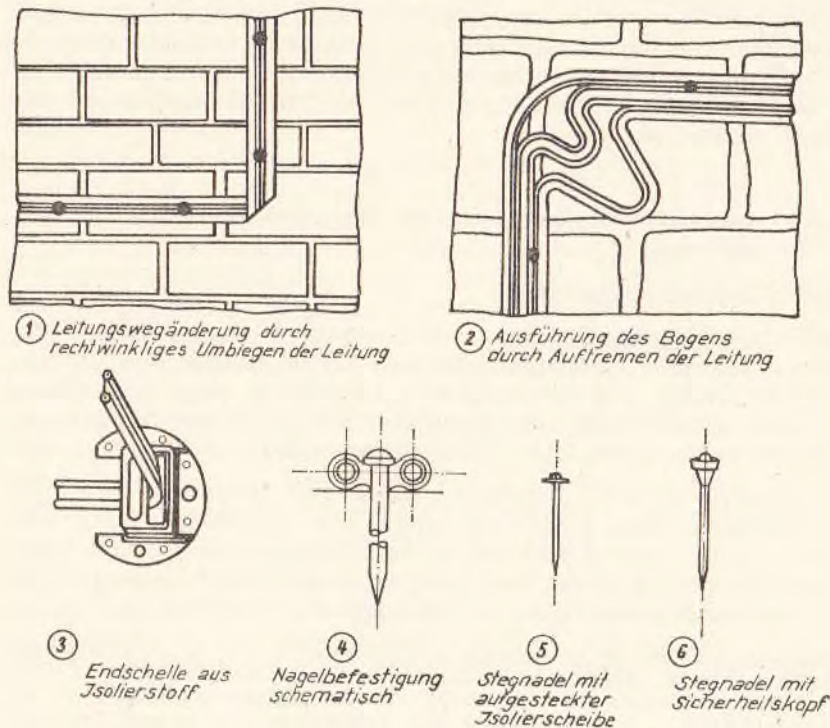


Abb. 2.40 – Verlegung von Stegleitungen

Bündelung von Stegleitungen ist nicht zulässig, da sie hierfür nicht geeignet ist und die Wärmeabfuhr begrenzt wird. Beim **Nebeneinanderlegen** von Stegleitungen empfiehlt es sich, Abstände von 1 bis 2 cm zwischen den Leitungen zu lassen, um dem Putz genügend Halt auf dem Untergrund zu geben.

Beim Herstellen von **Bögen** mit Stegleitungen gibt es zwei Verfahren. Entweder wird die Leitung einfach über ein kurzes Stück aufgetrennt und die im Bogen innen liegenden Leiter einzeln nach innen gezogen (vgl. Abb. 2.40). Hierbei ergeben sich jedoch Probleme, wenn mehrere Leitungen nebeneinander verlaufen und alle im Bogen geführt werden müssen. Die Umklapplösung ist hier einfacher anzuwenden, doch hat diese den Nachteil, daß die Gefahr der Leitungsbeschädigung größer ist oder sogar die Leitung nicht vollständig vom Putz bedeckt wird. Hier läßt sich jedoch mit einer muldenförmigen Aussparung im Mauerwerk an der Umklappstelle Abhilfe schaffen.

In diesem Zusammenhang muß auch der **Nachteil der Stegleitungsverlegung** angesprochen werden: die große Fläche, die bei zukunftsicherer Wohnungsinstallation in der Nähe des Verteilers durch nebeneinanderliegende Stegleitungen bedeckt wird und auf der nach dem Verputzen keine weiteren Befestigungen von Gegenständen durch Dübeln oder Nageln vorgenommen werden dürfen, da die Gefahr der Beschädigung eines Leiters an nahezu jeder Stelle gegeben ist.

Stegleitungen müssen so befestigt werden, daß ihre Isolierhülle nicht beschädigt wird.

Die Leitungen können **befestigt** werden durch

- **Gipspflaster**,
- **Schellen**, die der Leitungsform angepaßt sind und aus **Isoliermaterial** oder Metall mit isolierender Zwischenlage bestehen,
- **Kleben** mit speziellen Kontaktklebern (Stegleitungskleber),
- **Nageln** durch die Rille im Stegleitungssteg mit Nägeln, deren Köpfe entweder durch eine isolierende Scheibe geschützt oder deren Schäfte und Kopfseiten von Isolierstoff umhüllt ist („Sicherheitskopf“) (vgl. Abb. 2.40).

Damit die Stegleitung dicht auf dem Mauerwerk verlegt wird und auch überall unter Putz bleibt und nicht durch den Putz hochgehoben wird, soll der Abstand der Befestigungsmittel **25 cm** nicht überschreiten.

Dosen für Stegleitungen müssen stets aus Isoliermaterial bestehen, wie heute ohnehin meistens verwendet wird.

An **Deckenauslässen** empfiehlt es sich, die Leitungsenden durch Auslaßtüllen durchzuführen und damit ihre Lage zu fixieren. Es besteht sonst die Gefahr, daß die ganze Stegleitung an der Decke u. U. sogar mit Putz heruntergerissen wird.

2.2.4.2 Verlegung von Feuchtraumleitungen

Die Beschreibung der einzelnen Raumarten sind in Abschnitt 4.3.1 zu finden. Die Zusatzbestimmungen für die Installation bei den einzelnen Raumarten werden unter 4.3.5 erläutert.

Feuchtraumleitungen sind nicht nur durch die äußere **Umhüllung** gegen Feuchtigkeit sowie chemische und mechanische Angriffe besser geschützt, sie haben darüber hinaus auch mit 0,6 mm Dicke eine stärkere **Betriebsisolierung** als z. B. Stegleitungen mit nur 0,4 mm.

Feuchtraumleitungen sind vorgesehen zur Verlegung

- in feuchten und nassen Räumen,
- im Freien,
- in feuergefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen,
- in landwirtschaftlichen Betriebsstätten und „rauen Betrieben“ (wie Schlossereien, Maschinenfabriken usw.),
- in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und
- in Bergwerken unter Tage (soweit dies VDE 0118 zuläßt).

In **landwirtschaftlichen Betriebsstätten** sollen nur Feuchtraumleitungen ohne Metallmantel, in **explosionsgefährdeten Betriebsstätten** nur Mantel- oder Bleimantelleitungen verlegt werden. Feuchtraumleitungen sind bis **500 V Nennspannung** zugelassen, woraus sich eine höchstzulässige Betriebsspannung von 575 V ergibt.

Feuchtraumleitungen sind (vgl. Tabelle 2.24)

- Mantelleitungen NYM,
- geschirmte Mantelleitungen NHYM,
- umhüllte Rohrdrähte NYRUZY (und NYRUZYr *) **),
- umhüllte Rohrdrähte für Räume mit Hochfrequenzanlagen NHYRUZY *) **),
- Bleimantelleitungen NYBUY **).

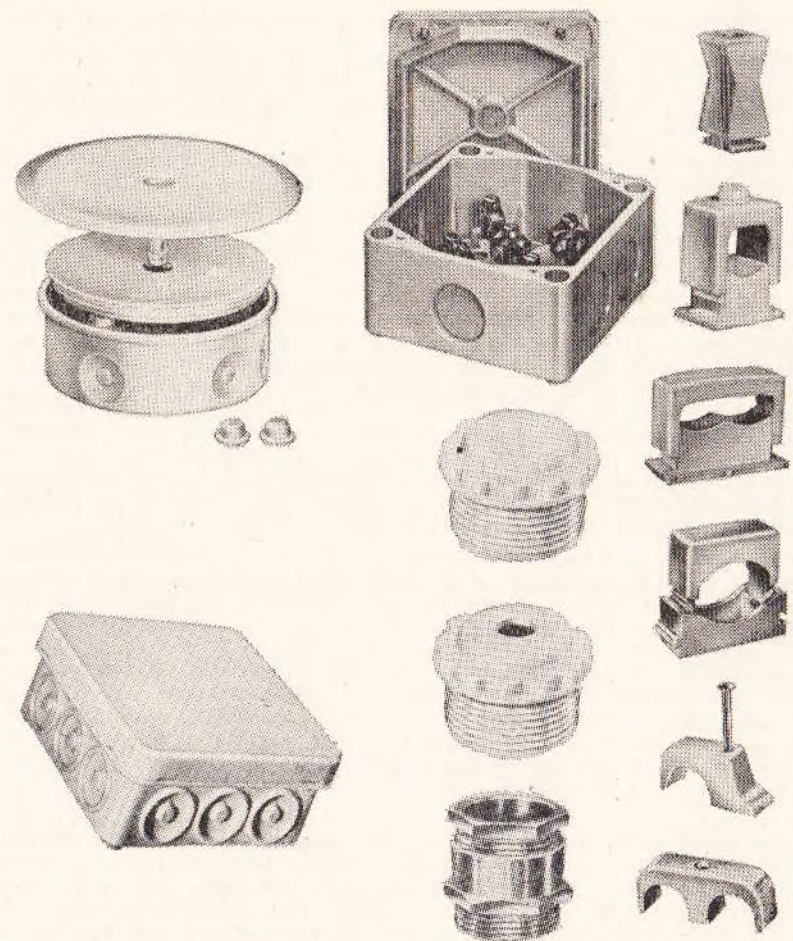
Der Schirm der geschirmten Mantelleitung NHYM darf nicht als Schutzleiter verwendet, aber an diesen angeschlossen werden.

Der blanke Beidraht der umhüllten Rohrdrähte für Räume mit Hochfrequenzanlagen darf nicht als spannungsführender Leiter, Mittelleiter oder Schutzleiter verwendet, jedoch mit dem Schutzleiter verbunden werden.

Feuchtraumleitungen sind für feste **Verlegung** über oder auf, in oder unter Putz und im Freien zugelassen. Feuchtraumleitungen dürfen **nicht** im Erdreich oder in unzugänglichen unterirdischen Rohren verlegt werden. Bei unmittelbarer Sonneneinstrahlung ist es empfehlenswert, **schwarz** umhüllte Feuchtraumleitungen (besseres Material) zu verwenden.

*) Nicht für explosionsgefährdete Betriebsstätten und bergbauliche Betriebe unter Tage

**) Nicht für landwirtschaftliche Betriebsstätten



Links von oben nach unten: thermoplastische Verbindungsdosen UP, AP

Mitte von oben nach unten: duroplastische Verbindungsdosen, Verschlussnippel, Stopfbuchsenverschraubung

Rechts von oben nach unten: Reihenschellen (ohne Schiene), Abstandschellen, Anreiherschellen, Nagelschellen

Werkbilder Dosen Fa. Spelsberg, übrige Fa. H. Kleinhuis

Abb. 2.41 – Zubehör für Feuchtraumleitungen

Beim Verlegen von Feuchtraumleitungen sind folgende Arbeitsregeln zu beachten:

Beim **Abwickeln** der Leitung vom Ring soll dieser gerollt, die Leitung also nicht seitlich abgezogen werden. Damit werden Knickungen und Verdrehungen der Leitung vermieden. Um den Mantel nicht zu verletzen, soll die Leitung auch nicht über den Boden geschleift werden.

Das **Geraderichten** und Biegen der Leitungen soll von Hand erfolgen. Ein Spannen mit dem Flaschenzug zur Erzielung straffer und gerader Leitungsführung ist verboten!

Feuchtraumleitungen sollen an ihren **Biegestellen** schlanke Bögen erhalten. Hierfür und auch für Biegungen ist zu beachten, daß der kleinste Biegeradius mindestens das 6fache des Leitungsaußendurchmessers betragen soll.

Bei bestimmungsgemäßer Verwendung dürfen Feuchtraumleitungen nur mit **Schellen** aus Isolierstoff oder Metallschellen mit fabrikmäßig hergestellter Isolierstoffeinlage befestigt werden. Bei der Verlegung in trockenen Räumen dürfen also auch andere Schellen benutzt werden. Es ist jedoch immer darauf zu achten, daß die Befestigungsschelle dem Leitungsaußendurchmesser angepaßt ist, das heißt, die Schelle soll stramm sitzen, die Leitung aber nicht beschädigen. Eine lose Befestigung ist eine schlechte und für die Leitungsanlage auch gefährliche Befestigung. Einzelne Leitungen werden a.P. mit isolierten Nagelschellen oder mit Abstandsschellen befestigt. Verlaufen mehrere Leitungen nebeneinander, dann kann die Befestigung auch mit Reihenschellen auf Schlitzbandeisen, Stahlschienen oder Kunststoffleisten oder auch mit aufreihbaren Abstandsschellen erfolgen (vgl. Abb. 2.41).

Die Leitung soll bei waagerechter Leitungsführung nicht durchhängen. Um dies zu erreichen, ist bei Mantelleitungen ein **Schellenabstand** von höchstens 25 cm erforderlich (bei umhüllten Rohrdrähten oder Bleimantelleitungen 30 cm). Bei Verlegung von Feuchtraumleitungen mit Leiterquerschnitten von 4 mm² und mehr kann dieser Abstand auch größer gewählt werden. Ebenso sind bei Verlegung in senkrechter Richtung etwas größere Schellenabstände möglich. Bei der **Verlegung auf Kabelbetten** sind korrosionsfeste Bindemittel, wie Perlonschnur, ausreichend. Bei waagerechter Führung ist loses Einlegen ebenfalls zulässig. Auch hierbei ist zu beachten, daß Bündelungen von Leitungen senkrecht oder waagerecht vermieden werden, da sonst wegen der schlechteren Wärmeabfuhr und der daraus resultierenden höheren Umgebungstemperatur die Belastbarkeit der Leitung sinkt (vgl. auch Abschnitt 2.3.1.1).

Aufgrund der größeren mechanischen Stabilität der Feuchtraumleitungen ist im allgemeinen kein weiterer Schutz der Leitung gegen **mechanische Beschädigung** erforderlich. Feuchtraumleitungen dürfen unmittelbar in Mauerwerk oder Beton oder auch auf Streckmetallen verlegt werden. An besonders gefährdeten Stellen sollten jedoch auch sie einen zusätzlichen Schutz erhalten, wenn nicht in bestimmten Fällen wie bei Lüftungsöffnungen die Verlegung in diesem Bereich ganz vermieden wird. Besonders gefährdete Stellen in diesem Sinne sind Verlegungen über dem Fußboden (oberhalb der Deckendurchführung), Durchfahrten und Höfe, Lager- oder Betriebsräume, in denen mit sperrigen Gegenständen umgegangen wird. In all diesen Fällen muß ein zusätzlicher Schutz durch Holzverkleidung, übergeschobene Metall- oder Kunststoffrohre oder ähnlichem oder durch Verlegung unter Putz erfolgen. Bei der **Verlegung** von Leitungen im Freien sowie in feuchten und heißen Räumen sollten über Putz Abstandsschellen benutzt werden, wenn nicht die **glatten** Wände eine unmittelbare Befestigung auf der Wand erlauben.

In **nassen und durchtränkten** Räumen soll die Befestigung stets über Putz und stets mit Abstandsschellen erfolgen. Waagerechte Leitungsführungen im Handbereich sind dabei zu vermeiden, da bei Abstandsschellenverlegung die Leitung sonst als Aufhängevorrichtung mißbraucht wird. In feuergefährdeten Betriebsstätten mit glatten Wänden kann die Befestigung ohne Abstandsschellen auch unmittelbar an der Wand erfolgen.

Bei der Verlegung von **Leitungen an Spanndrähten**, z. B. auf der Straße oder im Hof, müssen diese den mechanischen, chemischen und Witterungsbeanspruchungen standhalten (Mindestdurchhang wegen mechanischer Beanspruchung beachten). Die Befestigung der Leitung am Spanndraht muß mit Isolierstoffschellen oder Metallschellen mit fabrikmäßig hergestellter Isolierstoffeinlage erfolgen. Sollen nichtrostende unisolierte Metallschellen verwendet werden, muß der Spanndraht an beiden Seiten isoliert aufgehängt sein. Diese Maßnahmen sind erforderlich, um bei Isolationsfehlern ein Verschleppen gefährlicher Berührungsspannungen zu vermeiden. Für die Schellenabstände gilt das weiter vorn Gesagte. Zweckmäßig erscheint ein Spannschloß im Spanndraht. Außerdem sollte bei der Leitungsführung ein Dehnungsbogen mit eingelegt werden. Wesentlich leichter zum Verlegen ist in solchen Fällen eine Mantelleitung mit eingelegtem Spanndraht, z. B. NYMZ.

Da bei den Feuchtraumleitungen die äußere Umhüllung dem **Schutz der Leiter** vor Umwelteinflüssen dient, ist es wichtig, daß diese Umhüllung möglichst durchgehend erhalten bleibt. Stellen mit Unterbrechungen sind zu vermeiden. Dies sollte bereits bei der Planung der Installation mit Feuchtraumleitungen berücksichtigt werden. An den Stellen, wo solche Unterbrechungen notwendig sind (z. B. an Verteiler- oder Gerätedosen), ist auf jeden Fall sorgfältig abzudichten. Dies gilt ganz besonders für Rohrdrähte und Bleimantelleitungen, um Korrosion zu vermeiden.

Die **Entfernung des Mantels** muß mit der entsprechenden Sorgfalt vorgenommen werden.

Dabei darf die Adernisolation nicht verletzt werden, um die Isolation der gesamten Anlage nicht zu gefährden. Erst recht ist eine Verletzung der Leitungsadern zu vermeiden, da hier die Gefahr des Leiterbruchs besteht. Es ist daher dringend anzuraten, die Abmantelung mit einem entsprechenden Montagemeßer für Rund- und ggf. auch für Längsschnitte vorzunehmen.

Das **Abmanteln** muß so geschehen, daß die Dichtungsstelle noch eindeutig auf der äußeren Leitungshülle sitzt. Beim umhüllten Rohrdraht soll die gemeinsame Adernumhüllung 2 bis 3 mm aus der Metallumhüllung hervorragen, um eine Verletzung der Adernisolation zu vermeiden. Bei Bleimantelleitungen ist der Bleimantel durch Biegen abzubrechen, nicht abzuschneiden.

Die **Dichtungsstelle** zwischen Leitung und Gerät kann verschiedenartig ausgeführt sein. Bei **Stopfbuchsenverschraubungen** muß der Dichtring schon vor dem Festziehen der Schraube dicht auf dem Mantel aufsitzen. Nachdem die Schraube so festgezogen ist, daß die Leitung gut abgedichtet ist, soll der Zwischenraum zwischen Schraube und Leitung dauerelastisch ausgekittet werden (nicht Glaserkitt). Neben den Stopfbuchsenverschraubungen werden auch Schraubbuchsen aus thermoplastischem Kunststoff, sogenannte **Würgenippel** oder Würgestutzen, an den entsprechenden Geräten angebracht, bei denen der Mantel der durch das vorgefertigte Loch geschobenen Leitung fest umschlossen wird (vgl. Abb. 2.41). Diese Würgenippel müssen fest in das Gerät eingeschraubt werden. Daneben werden auch verformbare Teile angewendet, die in entsprechende Gehäuseausparungen eingelegt sind. Sie dichten, ähnlich wie die Würgenippel, durch festes Umschließen der Leitung ab.

Bei der Verlegung im Bereich **tiefer Temperaturen**, z. B. im Freien oder in Kühlhäusern, sollen thermoplastische Dichtungsmittel **nicht** verwendet werden, da hierbei wegen

der thermischen und chemischen Beanspruchung nicht in allen Fällen die Dichtigkeit auf Dauer erhalten bleibt, es sei denn, die Materialien sind als „kältefest“ bezeichnet. Auch beim Verschließen der Dosen und Geräte – ggf. mit Dichtring – ist auf einwandfreie Abdichtung zu achten. Für Verteilerdosen empfiehlt sich Aussprühen mit Wachs.

Bei bestimmungsgemäßem Verlegen von Feuchtraumleitungen müssen die verwendeten **Betriebsmittel**, wie Schalter, Steckdosen, Verteilerdosen, Leuchten usw., einen Feuchtraumleitungsanschluß haben. Ihre Schutzart muß der Raumart angepaßt sein, um Verrottungen zu verhindern.

Die **Übergangsstelle** von Feuchtraumleitungen auf andere isolierte Leitungen soll möglichst außerhalb des Feuchtraums, z. B. im trockenen Raum, liegen. Läßt sich dies nicht einrichten, sind Endverschlüsse oder Übergangsdosen zu verwenden. Der Übergang auf Freileitungen soll im Freien, in Übergangsdosen oder Kästen erfolgen. Der Übergang auf Erdkabel erfolgt in Übergangskästen aus Isolierstoff oder Metall. Die Erdkabelseite wird durch Vergießen oder durch Bandagen abgedichtet. Der Übergang auf bewegliche Leitungen erfolgt in abgedichteten Zwischendosen.

2.2.5 Besondere Bestimmungen zur Leitungsverlegung in Baderäumen und Duschecken

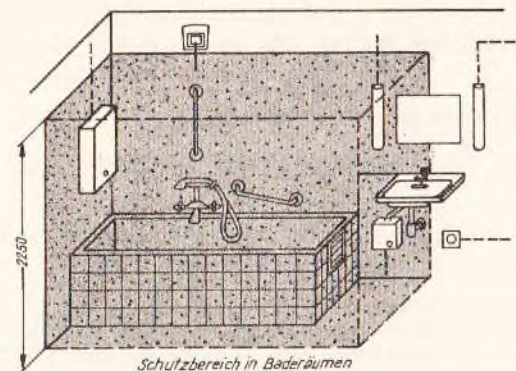
In Baderäumen und dort insbesondere in der Bade- oder Duschwanne ist der Mensch in erhöhtem Maß gefährdet, weil er unbekleidet ist und seine nasse Haut einen geringen elektrischen Widerstand hat. Elektrische Betriebsmittel und Leitungen müssen daher soweit wie möglich außerhalb eines besonders zu schützenden Bereichs um die Bade- oder Duschwanne angebracht werden. Rohre und sonstige elektrisch leitfähige Teile im Baderaum müssen auf dasselbe Potential wie die Wanne gebracht werden, damit Potentialunterschiede (= Spannung) nicht durch den Badenden überbrückt werden können. Im übrigen sind Bade- oder Duschräume wie **trockene Räume** zu behandeln.

Diese Grundsätze führten zu den Bestimmungen für Bade- und Duschräume in Wohnungen, die einen Kompromiß darstellen zwischen der Schutzwürdigkeit des Menschen und der Notwendigkeit, in u. U. auch kleinen Räumen elektrische Installationen zu errichten. Daher entspricht die Größe des Schutzbereichs nicht dem Handbereich.

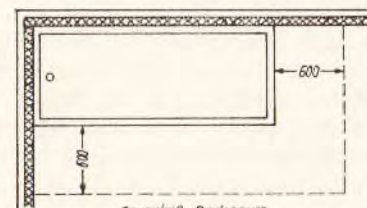
Der **Schutzbereich** in Bade- und Duschräumen reicht von der Bade- oder Brausewannenkante aus 60 cm weit in den Raum hinein. An den direkt an die Badewanne angrenzenden Wänden geht er 6 cm tief in die Wand. Er ist 225 cm hoch, vom Fußboden aus gemessen (vgl. Abb. 2.42). Der **Sprühbereich** ist dem Schutzbereich gleichzusetzen, wenn er nicht durch Vorhänge oder Trennwände (z. B. bei Duschen) von der Bade- oder Duschwanne aus begrenzt ist.

Außerhalb dieses Schutzbereichs ist, von den nachstehenden drei Bestimmungen abgesehen, wie in trockenen Räumen zu installieren:

- Durch Bade- und Duschräume dürfen keine Leitungen zur Stromversorgung anderer Räume führen.

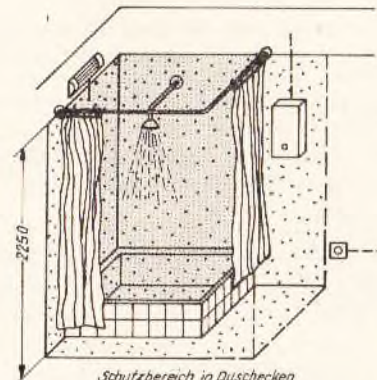


Schutzbereich in Baderäumen

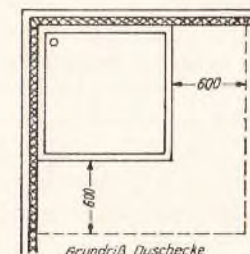


Grundriß Baderaum

- Mindestdicke 60 mm
- Schutzbereich
- Sprühbereich
- Leitungsführung



Schutzbereich in Duschecken



Grundriß Duschecke

Abb. 2.42 – Schutzbereiche in Baderäumen und Duschecken

- Bei Elektroinstallationen auf der Rückseite der an die Wannen angrenzenden Wände (vgl. Abb. 2.42) muß zwischen den Leitungen einschließlich der hierzu gehörenden Wandeinbauelemente (Schalter-, Verbindungsdosen, Verteilungen) und der Wandinnenseite eine **Mindestwanddicke von 6 cm** erhalten bleiben.

- Im gesamten Baderaum dürfen nur Mantelleitungen, Kunststoffaderleitungen in **nichtmetallenen Rohren** oder Stegleitungen verlegt werden.

Innerhalb des Schutzbereichs ist zu beachten:

- Stegleitungen dürfen nur **außerhalb des Sprühbereichs** verlegt werden.
- Im Schutzbereich dürfen **im oder unter Putz keine Leitungen** verlegt werden.

Ausnahme: Leitungen, die festangebrachte Verbrauchsmittel innerhalb des Schutzbereichs versorgen. Bei Befestigung des Verbrauchsmittels oberhalb der Wannenkante muß die Leitung senkrecht von oben kommen und von hinten in das Verbrauchsmittel eingeführt werden. Bei Montage des Verbrauchsmittels im Bereich der Wannerverkleidung muß die Leitung senkrecht von unten verlegt und ebenfalls von hinten in das Verbrauchsmittel eingeführt sein (vgl. Abb. 2.42).

- Elektrische Verbrauchsmittel (z. B. Wärmestrahler, Raumheizgeräte, Heißwasserbereiter – auch solche mit Gas- oder Ölfeuerung – und elektrischer Zusatzeinrichtung wie Zündung u. ä.) sollen möglichst **außerhalb des Sprühbereichs** angebracht sein. Läßt sich dies nicht einhalten, müssen diese Verbrauchsmittel mindestens **spritzwassergeschützt** sein (Schutzart IP. 4, Kurzzeichen 1 Tropfen im Dreieck).

- Steckdosen und Schalter sind innerhalb des Schutzbereichs **unzulässig**.

Dieses Verbot gilt **auch** für Steckdosen hinter Trenntransformatoren, Einbausteckdosen an Spiegelleuchten oder in Spiegelschränken, Einbauschalter in Spiegelschränken und Zugschalter in Betriebsmitteln. Der von der Badewanne aus zu betätigende Zugschalter muß sich außerhalb des Schutzbereichs befinden und eine Zugvorrichtung aus Isolierstoff (z. B. Nylonschnur) haben.

Ausnahme: Einbauschalter an Verbrauchsmitteln, die entsprechend vorstehender Ausnahme innerhalb des Schutzbereichs ordnungsgemäß installiert sind.

Geräteanschlußdosen gelten nicht als Steckdosen.

- Ruf- und Signalanlagen innerhalb des Schutzbereichs (z. B. Personalarufknopf in Baderäumen von Hotels oder Altenheimen) dürfen nur mit **Schutzkleinspannung von höchstens 24 V** Nennspannung betrieben werden.

Durch die Bestimmungen über die Leitungsführung und den Schutzbereich bis in die Wand hinein soll verhindert werden, daß bei nachträglichem Anbringen von Handgriffen, Brauseaufhängungen u. ä. durch Befestigungsmittel, wie Dübel, Schrauben und Nägel, die Isolierung der Leitungen oder Wandeinbaueinheit beschädigt wird. Eine **gegenseitige Verständigung** der Errichter elektrischer und sanitärer Anlagen ist deswegen und wegen des nachstehenden Potentialausgleichs im Baderaum unbedingt erforderlich.

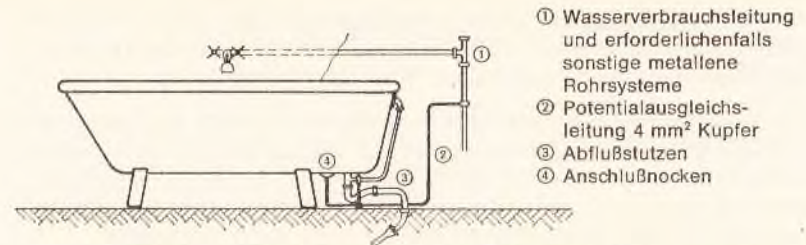


Abb. 2.43 – Potentialausgleich in Baderäumen und Duschecken

Auch in Baderäumen ohne elektrische Anlagen ist gemäß der eingangs genannten Grundsätze ein **Potentialausgleich** erforderlich (vgl. Abb. 2.43). Ein nach VDE 0190 durchgeführter Potentialausgleich allein reicht nicht aus, um den Menschen im Baderaum wirksam zu schützen, da die Wannen über die Abwasserleitung oder die Abwassersäule spannungsführend werden können und diese Leitungen in den Muffen keine gute elektrische Verbindung untereinander haben. **In jedem Fall müssen daher der leitfähige Abflusstutzen an der Bade- oder Duschwanne, die leitfähige Bade- oder Duschwanne und die metallene Wasserverbrauchsleitung durch eine Potentialausgleichsleitung miteinander verbunden werden.**

Die **Potentialausgleichsleitung** muß einen Querschnitt von **mindestens 4 mm² Cu** haben oder aus feuerverzinktem Bandstahl von mindestens 2,5 mm x 20 mm Querschnitt bestehen. Die Potentialausgleichsleitung darf grün-gelb gekennzeichnet sein.

Ist noch kein Potentialausgleich nach VDE 0190 zwischen den metallenen Rohrleitungen untereinander vorhanden, dann muß dieser geschaffen werden. Eine Verbindung der Potentialausgleichsleitung im Bad mit anderen Rohrleitungen (Heizung usw.) kann dann entfallen.

Die ebenfalls erforderliche Verbindung zwischen der Potentialausgleichsleitung im Baderaum und dem vorhandenen **Schutzleiter** (an einer Stelle, an der dieser mindestens 4 mm² Cu Querschnitt hat) kann immer dann entfallen, wenn der Schutzleiter an zentraler Stelle mit der Frischwasserleitung verbunden ist. Dies ist bei genullten oder schutzgeerdeten Anlagen meist der Fall oder bei Potentialausgleich nach VDE 0190 ohnehin gegeben.

Die Wirksamkeit des Potentialausgleichs ist nach VDE 0190 nachzuprüfen.

Bewegliche Bade- oder Duscheinrichtungen mit eingebauten elektrischen Betriebsmitteln (Schränkbäder, Duschkabinen) gelten als Betriebsmittel, die begrenzt bewegbar sind. Sie müssen über eine orts-

festen Anschlußdose mit einer beweglichen Leitung, mindestens H07RN-F, angeschlossen werden. Eine Verbindung zwischen der Potentialausgleichsleitung und dem Schutzleiter ist sicherzustellen.

Die für bewegliche Leitungen genannten Bestimmungen sind auf jeden Fall einzuhalten. Beim Aufstellen ist auf die **Einhaltung des Schutzbereichs** zu achten. Eine im Inneren der beweglichen Bade- oder Dusch-einrichtung angebrachte Aufstellungs- und Benutzungsanweisung mit Hinweisen auf die Sicherheitsmaßnahmen wäre wünschenswert.

2.2.6 Dimensionierung

Der Querschnitt von Leitungen und Kabeln ist nach drei Gesichtspunkten zu dimensionieren, wobei nach deren Prüfung der größte ermittelte Querschnitt zu verlegen ist. Die drei Merkmale sind

1. mechanische Festigkeit,
2. Strombelastbarkeit (Dauerbelastung, Überlast- u. Kurzschlußschutz),
3. zulässiger Spannungsfall.

Die Strombelastbarkeit wird bei Abschnitt 2.3.1 (Dimensionierung von Überstromschutzorganen) ausführlich behandelt und soll daher an dieser Stelle nicht erläutert werden.

2.2.6.1 Mechanische Festigkeit

Leitungen werden bei der Verlegung, bewegliche Leitungen auch während des Betriebs mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Die Mindestquerschnitte — entsprechend der Verlegungsart — sind in Tabelle 2.44 entsprechend den VDE-Vorschriften zusammengestellt. Bei der Leitungsauswahl ist auch die höchstens zulässige **Leitungstemperatur** zu beachten (Tabellen 2.24 und 2.25), die bei Gummileitungen 60 °C und bei PVC-Leitungen 70 °C beträgt. In diesen Temperaturwerten ist bereits die Leitungserwärmung durch den hindurchfließenden Strom berücksichtigt. Da die Tabelle 2.64 nicht über Umgebungstemperaturen von 55 °C hinausgeht, müssen ab dieser Umgebungstemperatur **wärmebeständige Leitungen** verlegt werden.

2.2.6.2 Zulässiger Spannungsfall

Da der zulässige Spannungsfall **keine Sicherheitsfrage** ist, wurde er nicht in den VDE-Bestimmungen, sondern in den „Technischen Anschlußbedingungen für Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V“ (TAB) geregelt. Danach ist (unabhängig von den vorgeschrie-

Tabelle 2.44 — Mindestquerschnitte für Leitungen

Verlegungsart	Mindestquerschnitt in mm ²	
	bei Cu	bei Al
feste, geschützte Verlegung	1,5	2,5
Leitungen in Schaltanlagen und Verteilern		
bei Stromstärken bis 2,5 A	0,5	
über 2,5 A bis 16 A	0,75	—
über 16 A	1,0	
offene Verlegung (auf Isolatoren)		
Abstand der Befestigungspunkte		
bis 20 m	4	16
über 20 bis 45 m	6	16 (mehrdrähtig)
bewegliche Leitungen für den Anschluß von leichten Handgeräten bis 1 A Stromaufnahme und einer größten Länge der Anschlußleitung von 2 m, wenn dies in den entsprechenden Gerätebestimmungen festgelegt ist	0,1	
Geräten bis 2,5 A Stromaufnahme und einer größten Länge der Anschlußleitung von 2 m, wenn dies in den entsprechenden Gerätebestimmungen festgelegt ist	0,5	—
Geräten bis 10 A Stromaufnahme, für Gerätesteck- und Kupplungsdosen bis 10 A Nennstrom	0,75	
Geräten über 10 A Stromaufnahme, Mehrfachsteckdosen, Gerätesteckdosen und Kupplungsdosen mit mehr als 10 A bis 16 A Nennstrom ..	1,0	
Fassungsdorn	0,75	
Lichtketten für Innenräume		
zwischen Lichtkette und Stecker	0,75	} siehe VDE 0710 Teil 3
zwischen den einzelnen Lampen	0,5	
Starkstrom-Freileitungen	siehe VDE 0211	

benen Mindestquerschnitten für Hauptleitungsabzweige unter Abschnitt 2.6.3) nach folgenden Werten zu bemessen:

- In den Leitungen vom Hausanschluß bis zum Zähler darf der Spannungsfall nicht mehr als 0,5 % betragen.
- In den Leitungen vom Zähler bis zu den Verbrauchsmitteln sollen folgende Werte nicht überschritten werden:
 - 1,5 % in Licht- und/oder Steckdosenstromkreisen,
 - 3 % in gesonderten Verbrauchsmittelstromkreisen, z. B. für Motoren oder Elektrogeräte.

Tabelle 2.45 — Zusammenhang Spannungsfall, Leiterquerschnitt, Leitungslänge

Anm.: anstelle von u in V kann auch gesetzt werden $\frac{u \text{ in } \% \cdot U}{100}$		für Gleichstrom und Einphasen-Wechselstrom (induktionsfrei $\cos \varphi = 1$)	für Drehstrom
Spannungsfall bei	gegebenem Strom	$u = \frac{2 \cdot \ell \cdot I}{\kappa \cdot A}$	$u = \frac{1,73 \cdot \ell \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot A}$
	gegebener Leistung	$u = \frac{2 \cdot \ell \cdot P}{\kappa \cdot A \cdot U}$	$u = \frac{\ell \cdot P}{\kappa \cdot A \cdot U} [\text{V}]$
Maximale Leitungslänge bei	gegebenem Strom	$\ell = \frac{A \cdot \kappa \cdot u}{2 \cdot I}$	$\ell = \frac{A \cdot \kappa \cdot u}{1,73 \cdot I \cdot \cos \varphi}$
	gegebener Leistung	$\ell = \frac{A \cdot \kappa \cdot u \cdot U}{2 \cdot P}$	$\ell = \frac{A \cdot \kappa \cdot u \cdot U}{P}$

Dabei ist

U Betriebsspannung in V (Volt) in Zweileiteranlagen zwischen den beiden Leitern (z. B. 220 V), in Drehstromanlagen zwischen zwei Hauptleitern (z. B. 380 V)	P Leistung in W (Watt)
u Spannungsfall in V vom Anfang bis zum Ende der Leitung	κ (Kappa) Leitfähigkeit in $\frac{\text{S} \cdot \text{m}}{\text{mm}^2}$ (z. B. für Kupfer etwa 56)
I Strom in einer Leitung in A (Ampere)	$\cos \varphi$ (Phi) Leistungsfaktor
R Widerstand in Ω (Ohm), erforderlichenfalls ist mit 2ℓ für Hin- und Rückleitung zu rechnen	A Querschnitt der Leitung in mm^2
	ℓ einfache Länge der zu betrachtenden Leitungsstrecke in m

Aus den bekannten Formeln der Elektrotechnik ergeben sich die Berechnungsformeln nach Tabelle 2.45. Setzt man bei den verschiedenen Leiterquerschnitten als Betriebsstrom die verschiedenen Sicherungsnennwerte bis zum höchstzulässigen Sicherungsnennstrom für diesen Leiterquerschnitt ein, so erhält man jeweils maximale einfache Leitungslängen, bei welchen der zulässige Spannungsfall gerade noch nicht überschritten wird (vgl. Tabelle 2.46). Bei Drehstromverbrauchern gelten die Längen jedoch nur für symmetrischen Drehstromverbrauch. Für unsymmetrische Drehstromverbraucher, wie z. B. Herde, sind die Werte für Einphasen-Wechselstrom zu verwenden. Bei separatem Stromkreis für dieses Gerät ist die maximale Länge wegen des Spannungsfalls von 3 % jedoch doppelt so groß.

In der Praxis sind die vorstehenden Bestimmungen vor allem bei der Planung oder Leitungsverlegung mit Hilfe der Tabelle 2.46 zu beachten. Da diese Werte die Sicherheit jedoch nicht beeinträchtigen, sollte man sie sinnvoll anwenden:

- Kleinere Überschreitungen sind unwirtschaftlich bezüglich des Stromverbrauchs, aber sonst unerheblich.
- Als Stromstärke ist es nicht immer sinnvoll, den Sicherungsnennwert einzusetzen (Leuchtstofflampen, Steckdosen in Fluren usw.). In solchen Fällen ist die Stromstärke zu schätzen.

Tabelle 2.46 — Maximale Leitungslänge in Abhängigkeit vom zulässigen Spannungsfall

Leiterquerschnitt mm^2	Stromstärke A	Maximale einfache Leitungslänge			
		bei 220 V Wechselstrom Spannungsfall 1,5 %	bei 220 V Wechselstrom od. 380 V Drehstrom mit unsymmetrischen Verbrauchern Spannungsfall 3 % wegen separatem Stromkreis	bei 380 V Drehstrom Spannungsfall 3 % $\cos \varphi = 1,0$	bei 220/380 V Drehstrom Hauptleitungen u. Abzweige bis zum Zähler Spannungsfall 0,5 %
1,5	10	13,8	27,7	55,3	—
	16	8,6	17,3	34,5	—
	20	6,9	13,8	27,6	—
2,5	16	14,4	28,8	57,6	—
	20	11,5	23,1	46,1	—
	25	9,2	18,4	36,9	—
4	20	18,4	36,9	73,8	—
	25	14,7	29,5	59,0	—
	35	10,5	21,1	42,1	—
6	25	22,1	44,3	88,5	(7,3)*
	35	15,8	31,6	63,2	(5,2)*
	50	11,0	22,1	44,2	(3,6)*
10	25	36,9	73,9	147,6	12,3
	35	26,4	52,8	105,4	8,8
	50	18,4	36,9	73,8	6,1
16	63	14,6	29,3	58,5	4,8
	25	59,1	118,2	236,1	19,7
	35	42,2	84,4	168,6	14,0
	50	29,5	59,1	118,0	9,8
	63	23,4	46,9	93,7	7,8
	80	18,4	36,9	73,8	6,1

* Nur, wenn Mindestquerschnitt zulässig ist

2.2.7 Schaltungen mit Installationsschaltern

Alle Schaltungen sind als Stromlaufpläne in zusammenhängender Darstellung gezeichnet und mit einem Verbindungsplan ergänzt, damit die Leitungsführung zwischen Gerät und Verbindungsdose und zwischen den Verbindungsdosen ersichtlich ist. Die einzelnen Schaltungsarten werden mit den jeweiligen Besonderheiten in den Abschnitten 2.2.7.1 bis 2.2.7.6 erläutert. Hinweise zur praktischen Verlegung, Klemmenzahl und -größe, Dosengröße, Leiterfarben usw. werden im Abschnitt 2.2.7.7 an praktischen Beispielen gegeben.

Bei unbekannten oder unbeschrifteten Schaltern läßt sich mit Hilfe eines Prüfsummers der Stromlauf des Schalters ausmessen und damit der Schaltertyp feststellen. Hierauf wird an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen.

2.2.7.1 Ausschaltung

Die Schaltung dient mit einpoligen Ausschaltern (Schalter 1/1; vgl. Abb. 2.3) für einfache Ein-/Ausschaltzwecke für Beleuchtung (vgl. Abb. 2.47).

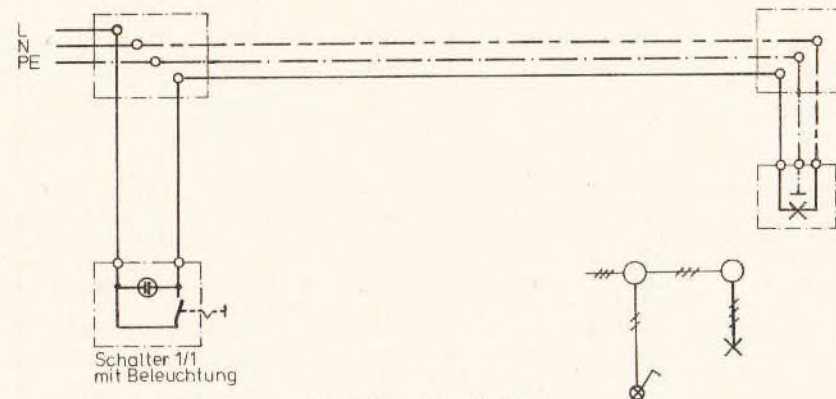


Abb. 2.47 – Ausschaltung

Die mehrpoligen Schalter werden in Sonderfällen eingesetzt. Die Schalter können, damit man sie im Dunkeln findet, bei Bedarf **beleuchtet** werden, ohne daß die Leitungsführung zu ändern ist (evtl. anderer Schaltertyp). Bei Schaltung **mit Kontrolllicht** (aus dem der Einschaltzustand ersichtlich ist) muß auch der Mittelleiter N an den Schalter geführt werden (vgl. Abb. 2.48). Eine Führung des Schutzleiters PE zum Schalter ist nicht erforderlich. Die **Dimmerschaltung** ist sinngemäß anzuschließen.

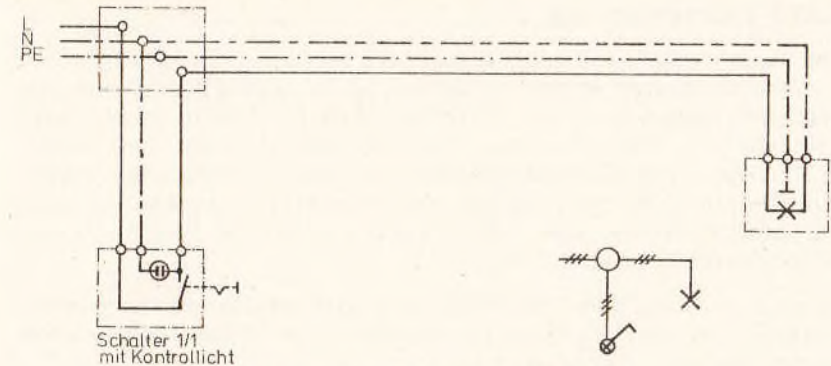


Abb. 2.48 – Ausschaltung mit Kontrolllicht

2.2.7.2 Serienschaltung

Der einpolige Serienschalter (Schalter 5/1; vgl. Abb. 2.3) und der einpolige Gruppenschalter (Schalter 4/1) arbeiten gleich. Die Serienschaltung (vgl. Abb. 2.49) ist üblich in Wohn- und Schlafräumen zur **Abstufung der Beleuchtungshelligkeit** mit entsprechenden Leuchten. Durch unterschiedliche Watt- oder Stückzahlen der Lampen in beiden Schaltstufen kann die Helligkeit in drei Stufen variiert werden. Die Serienschaltung ist heute technisch überholt und ist besser als Dimmerschaltung auszuführen (vgl. Abschn. 2.2.7.1).

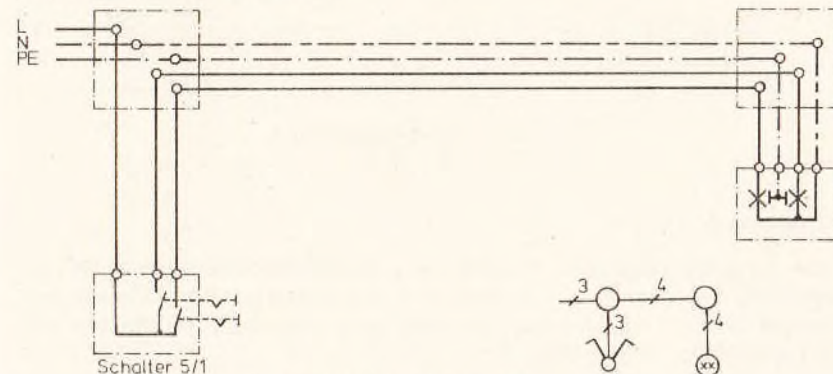


Abb. 2.49 – Serienschaltung

Mit der Gruppenschaltung werden in Büroräumen u. ä. Leuchten gruppenweise geschaltet, z. B. alle Leuchten Fensterseite, alle Leuchten Flurseite. Diese Schaltung kann auch durch zwei Ausschaltungen ersetzt werden.

2.2.7.3 Wechselschaltung

Die Wechselschalter (Schalter 6/1) können bei Bedarf ohne Veränderung der Leitungsführung beleuchtet werden. Die Schaltung besteht aus zwei Wechselschaltern und einer oder mehreren gleichzeitig geschalteten Leuchten (vgl. Abb. 2.50). Die Schaltung ermöglicht das voneinander unabhängige Ein- oder Ausschalten von zwei verschiedenen Stellen aus. Sie wird in Räumen mit zwei Zugängen (Türen) angewandt. Einer der beiden Schalter kann durch einen Dimmer mit Wechselkontakt ersetzt werden (vgl. Abb. 2.60).

In der Ausführung ohne Kontrolllicht sind **zwei Schaltungsarten** möglich, die beide ohne Änderung der Leitungsführung auf **beleuchtete Schalter** umgerüstet werden können.

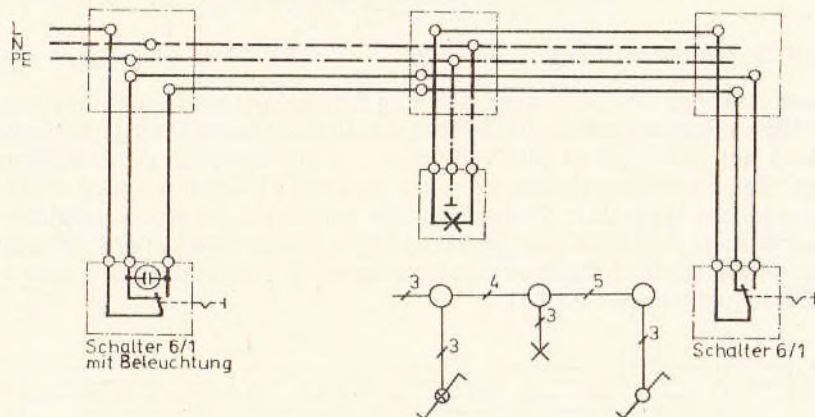


Abb. 2.50 – Wechselschaltung A

Schaltung A

Spannung am Fußpunkt (Wurzel) des Umschaltekontaktes, zwei Schaltungen zwischen den Kontaktseiten der Umschaltekontakte mit beliebiger Zuordnung, Leuchte zwischen Fußpunkt des 2. Kontaktes und Mittelleiter (vgl. Abb. 2.50).

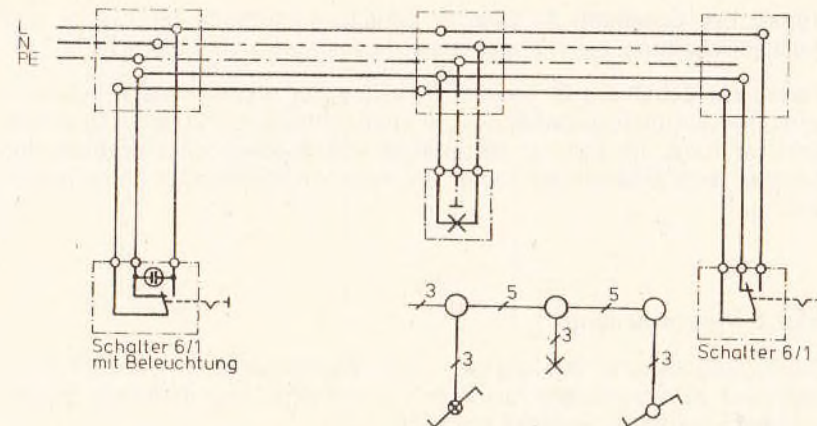


Abb. 2.51 – Wechselschaltung B

Schaltung B

Spannung an einer Kontaktseite des Umschaltekontaktes bei beiden Wechselschaltern, andere Kontaktseite des Umschaltekontaktes der beiden Schalter miteinander und mit dem „Spannungsanschluß“ der Leuchte verbinden (andere Leuchtenseite an den Mittelleiter anschließen), Fußpunkt (Wurzel) der Umschaltekontakte miteinander verbinden (vgl. Abb. 2.51).

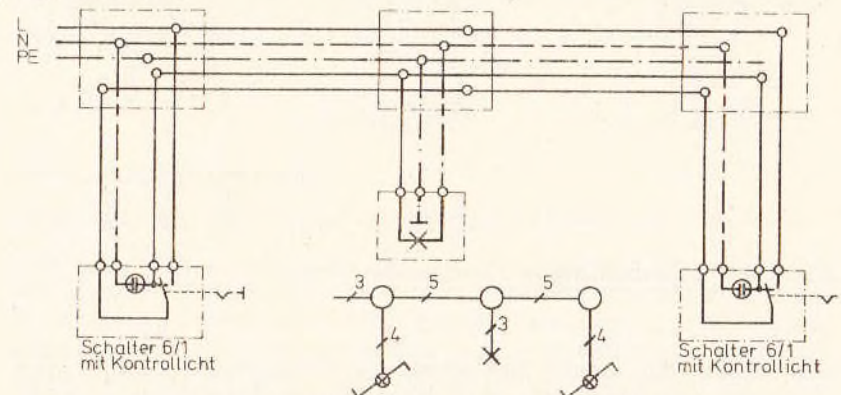


Abb. 2.52 – Wechselschaltung B mit Kontrolllicht

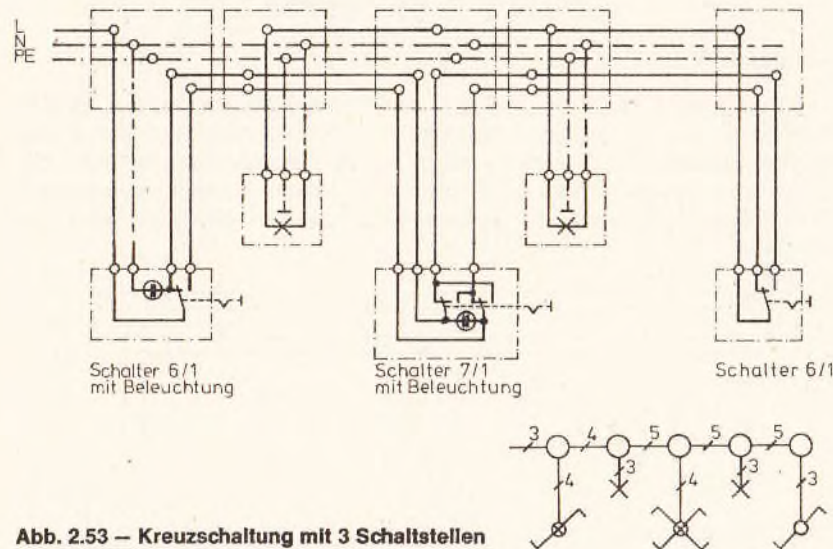
Ein **Kontrolllicht** kann nur mit Schaltung B angeschaltet werden, wobei dann außerdem der Mittelleiter zu den Schaltern zu führen ist (vgl. Abb. 2.52).

Vorteil der Schaltung A: Gleiche Schaltungsmethode für Kreuz- und Wechselschaltung, meist angewendete Schaltung, sehr übersichtlich.

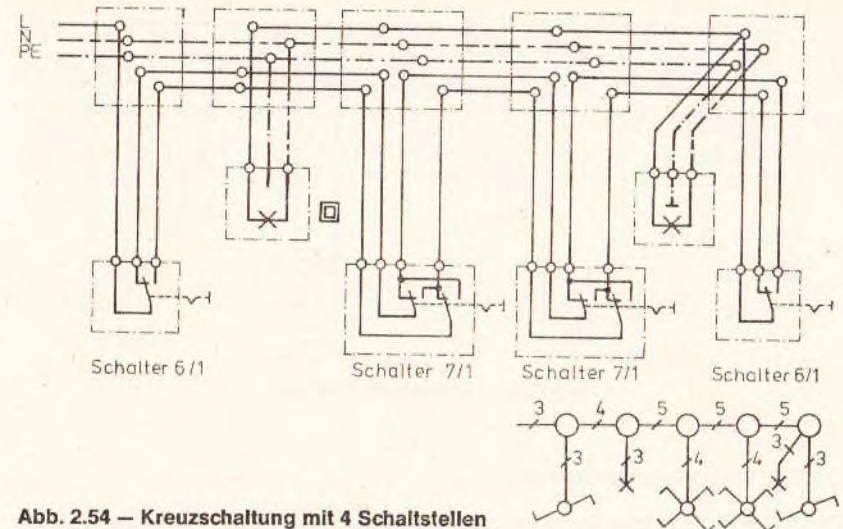
Vorteil der Schaltung B: Gleiche Schaltung für unbeleuchtete, beleuchtete und Kontrolllichtschalter. Da der spannungsführende Leiter zu jedem Schalter führt, ist bei der Installation von Steckdosen unterhalb der Schalter **kein zusätzlicher Leiter** als spannungsführender Leiter erforderlich.

2.2.7.4 Kreuzschaltung

Die Kreuzschaltung besteht aus zwei Wechselschaltern, einem oder mehreren Kreuzschaltern (Schalter 7/1) und einer oder mehreren gleichzeitig geschalteten Leuchten (vgl. Abb. 2.53).



Die Schalter sind häufig **beleuchtet**. Die Kreuzschaltung hat an den „Schaltleitungsenden“ stets zwei Wechselschalter (Schaltung A in 2.2.7.3). Dazwischen liegen ein (Abb. 2.53) oder mehrere (Abb. 2.54) Kreuzschalter, mit denen die beiden Schaltleitungen „ausgekreuzt“ werden. Die Beleuchtung kann an jedem der Schalter beliebig ein- und/oder ausgeschaltet werden. Sie kann zwischen den Wechselschaltern mit zusätzlichen Kreuzschaltern erweitert werden.



Die aufwendigen Schalter, die hohen Adernzahlen und die teilweise vorhandenen Erweiterungsschwierigkeiten führen heutzutage zum Einsatz der Stromstoßschaltung meist schon ab vier Schaltstellen, so daß in der Praxis häufig nur die Kreuzschaltung mit einem Kreuzschalter neu installiert wird. Die Kreuzschaltung wird in Wohnräumen, Fluren oder Kellern angewendet.

2.2.7.5 Stromstoßschaltung

Diese Schaltung ist auch als Tasterschaltung bekannt (vgl. Abb. 2.55).

Die Taster können **beleuchtet** werden. Die Schaltung ermöglicht das voneinander unabhängige Ein- und Ausschalten von beliebig vielen Stellen aus. Sie ist leicht an allen Stellen erweiterbar. Das Stromstoßrelais kann in eine Abzweigdose oder in einen Unterverteiler eingebaut werden. Es gibt Stromstoßrelais für die Steuerspannungen 8, 24, 110 und 220 V mit der Schaltspannung 220 V.

Die Spule des Stromstoßrelais muß stets fest mit dem Mittelleiter verbunden sein, gestastet wird der spannungsführende Leiter (vgl. Abschnitt 2.4.2). Ebenso muß mit dem Schaltkontakt stets der spannungsführende Leiter geschaltet werden.

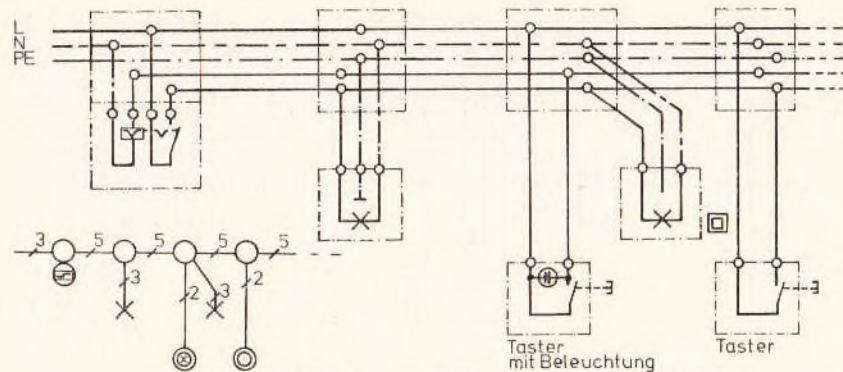


Abb. 2.55 – Stromstoßschaltung

2.2.7.6 Treppenlichtschaltung

Die Treppenlichtschaltung ist eine einstellbare Zeitschaltung. Die Taster werden stets beleuchtet.

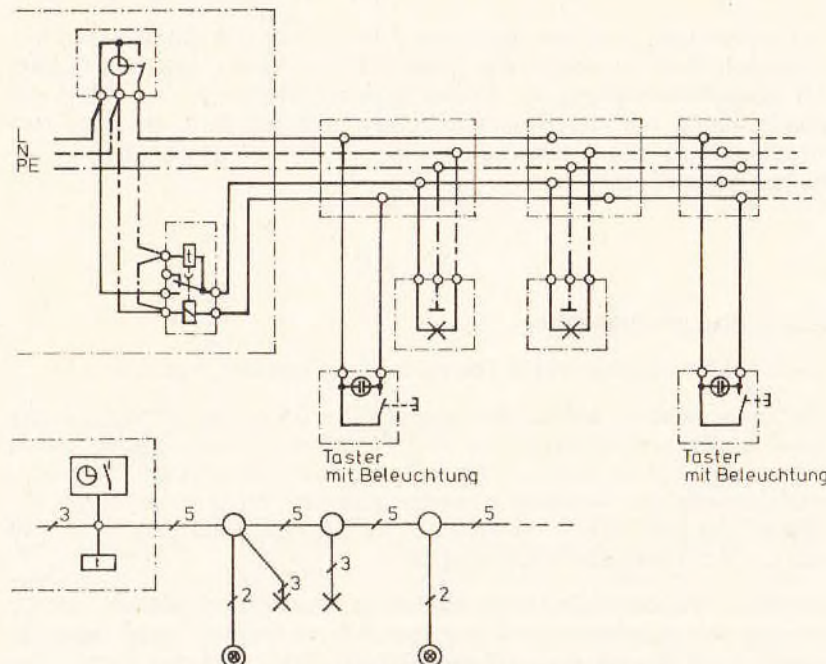


Abb. 2.56 – Treppenlichtschaltung nachschaltbar

In Abb. 2.56 ist die sogenannte „**Vierleiterschaltung**“ dargestellt, wobei der Schutzleiter nicht mitgezählt wird, da die Namensgebung aus der Zeit der „klassischen Nullung“ stammt. Tatsächlich sind heute fünf Leiter zwischen den Dosen erforderlich. Im dargestellten Fall wird die Schaltung durch eine Schaltuhr ergänzt, die das Einschalten der Treppenlichtschaltung nur während bestimmter Zeiten (z. B. abends und nachts) ermöglicht.

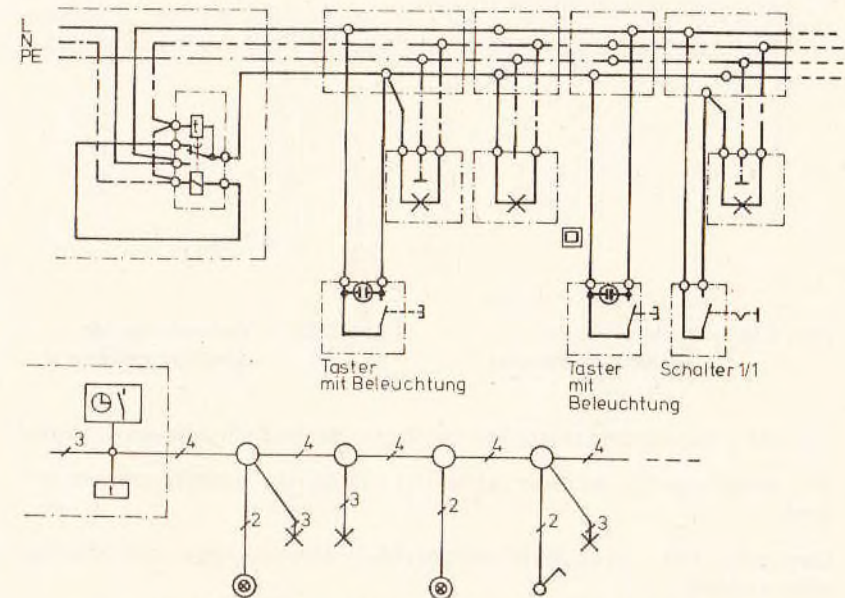


Abb. 2.57 – Treppenlichtschaltung nicht nachschaltbar

Die „**Vierleiterschaltung**“ hat gegenüber der „**Dreileiterschaltung**“ den Vorteil, daß bereits während des Zeitablaufs des Schaltrelais durch erneutes Tasten „nachgeschaltet“ werden kann. Die „**Dreileiterschaltung**“ (mit vier Leitern einschließlich Schutzleiter) ist in Abb. 2.57 dargestellt. Bei dieser Schaltung ist in der Praxis (Firmenschaltplan) zu beachten, daß zur Steuerung niemals der Mittelleiter N getastet werden darf, da dies nach VDE 0100 verboten ist (vgl. Abschnitt 2.4.2). Im dargestellten Fall ist die Schaltung korrekt ausgeführt.

Treppenlichtschaltungen haben wie Stromstoßschaltungen beliebig viele Schaltstellen. Sie lassen sich auch nötigenfalls mit einer Ausschaltung (für Keller, Bühne usw.) ergänzen (Abb. 2.57 ganz rechts).

2.2.7.7 Praktisches Beispiel einer Wohnrauminstallation

In Abb. 2.58 ist der Installationsplan und in Abb. 2.59 der Verbindungsplan für unser Beispiel dargestellt. Die Leitungsführung zur ersten Verbindungsdose für das Zimmer erfolgt im Beispiel an der linken Tür auf der Seite des Türschlosses. Oberhalb der zweiten Tür ist zur Installationsvereinfachung ebenfalls eine Verbindungsdose.

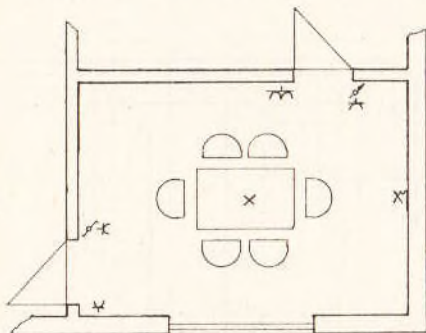


Abb. 2.58 – Installationsplan
Ausführungsbeispiel

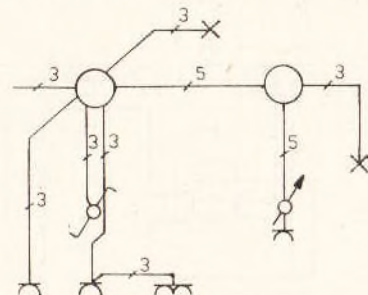


Abb. 2.59 – Verbindungsplan
Ausführungsbeispiel

Für alle 3 Ausführungen gültige Festlegungen und allgemeine Hinweise:

Die Klemmpunkte wurden numeriert, damit sie einzeln ansprechbar sind.

Deckenleuchte mit Schutzleiteranschluß, Wandleuchte ausschaltbar, schutzisoliert.

Ausschalter und Taster benötigen zwar nur einen **2adrigen Anschluß**, zur Installation stehen aber nur 3adrige Leitungen zur Verfügung. Der evtl. vorhandene Schutzleiter darf **nicht** benutzt werden und wird zurückgelegt.

Sofern **farbige Klemmen** verwendet werden, sollten die Farben wie bei der Aderkennzeichnung gewählt werden.

An einem **Mittelleiterstützpunkt** dürfen nur blaue Leiter, an einem **Schutzleiterstützpunkt** nur grüngelbe Adern angeschlossen sein. An (auch zeitweise) spannungsführenden Punkten können Leiter verschiedener Farben zusammenkommen.

Alle **Leuchtenanschlüsse** müssen stets mit Schutzleiter ausgeführt werden, da der Anschluß schutzisolierter Leuchten oder solcher mit Schutzleiteranschluß möglich sein muß.

Klemmen an Installationsgeräten (Schalter, Steckdosen) müssen stets den Strom führen können, der sich als Höchstbelastung für den Nennquerschnitt des anzuschließenden Leiters ergibt (Tabelle 2.63). Es ist ein verbreiteter Irrtum, daß an Installationsschaltern mit 10 A Schaltleistung der Klemmpunkt auch nur mit 10 A belastet werden dürfe und ein gemeinsamer Stützpunkt Schalter/Steckdose daher stets an der Steckdose sein müsse.

Auch ohne Abzweig in Dosen **durchlaufende Leiter** werden in der Regel geklemmt. Nur bei Installation mit Aderleitungen in Rohren wird von manchen Errichtern die Leitung glatt durchgezogen.

1. Ausführungsvorschlag (Abb. 2.60)

Leitungen: NYM

Die linken Steckdosen werden mit einer eigenen Leitung versorgt; die rechten Steckdosen über einen Stützpunkt am Schalter.

Der rechte Wechselschalter (Schaltung A) ist „vorn“, d. h. er erhält den Spannungsanschluß, der linke Schalter wird mit der Leuchte verbunden. Im Beispiel ist der „hintere“ Schalter und die Leuchte an dieselbe Dose herangeführt. Wäre dies nicht der Fall, müßten die Positionen „vorn“ und „hinten“ getauscht werden, oder es wäre ein 6. Leiter zwischen den Dosen erforderlich oder es müßte die Schaltung B angewendet werden.

L, N, PE: Belegung der Leiter entsprechend den Vorschriften zur Farbkennzeichnung (vgl. Abschn. 2.2.1).

Klemme 1: 4 Leiter, Schraub- oder schraubenlose Klemme 1,5 mm². Ankommender Außenleiter verbunden mit 3 Abgängen. In der 5adrigen Leitung wurde für den stets spannungsführenden Außenleiter die braune Ader gewählt, damit nicht ausgemessen werden muß, welche der beiden schwarzen Adern die richtige ist.

Klemme 2: 5 Leiter, schraubenlose Klemme oder doppelte Schraubklemme (vgl. Abb. 2.34), 1,5 mm², Mittelleiterklemme.

Klemme 3: Wie Klemme 2, jedoch Schutzleiterstützpunkt.

Klemmen 4 bis 11: Höchstens 4 Leiter, Schraub- oder schraubenlose Klemme 1,5 mm².

Klemmen 5 u. 6: Die beiden „Schaltleiter“ werden mit den beiden schwarzen Adern der 5adrigen Leitung verbunden, da eine Vertauschung ohne Folgen ist (vgl. Klemme 1). 3adrige Leitungen ohne Schutzleiter haben stets die Adernfarben sw, br, bl (vgl. Tabelle 2.23). Da in der Leitung zum Schalter kein Mittelleiter vorhanden ist, darf die blaue Ader als Schaltleiter verwendet werden. Bei der 5adrigen Leitung ist die blaue Ader durch den Mittelleiter belegt.

Klemme 7: Farbbelegung wie Klemme 1.

Klemmen 8 u. 9: Wie Klemme 2 und 3.

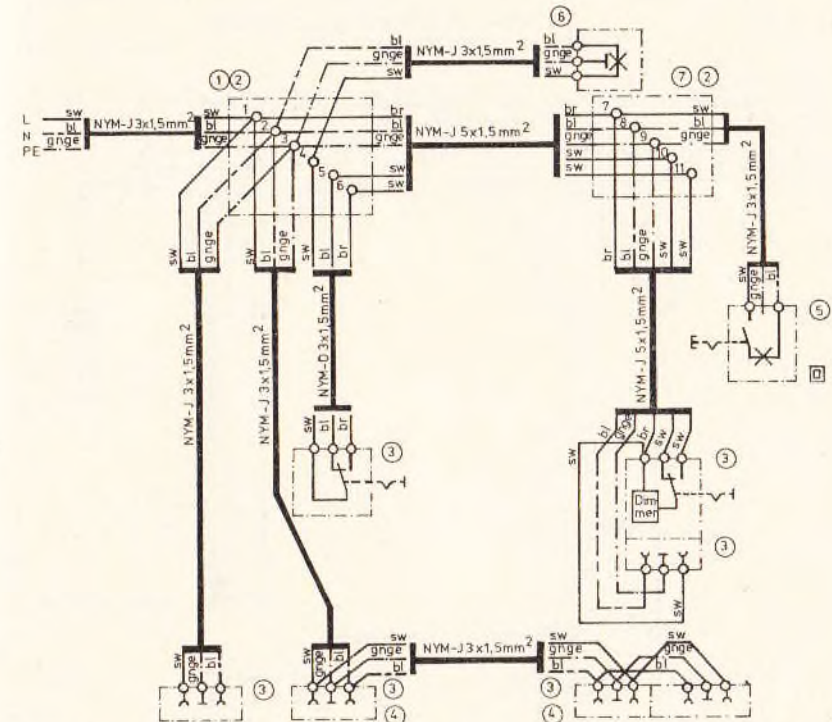
Klemmen 10 u. 11: Schwarze Leitungen werden durchverbunden.

Dimmer:

Die braune Ader ist der Außenleiter. Falls die Klemme am Dimmer eine Verbindungsklemme ist, darf wie gezeichnet durchverbunden werden. Die Leiter zur Steckdose werden als lange Adern hinter dem Dimmer vorbeigeführt.

Wandleuchte:

Schutzleiter nur in Wandauslaßdose zurücklegen, nicht abschneiden!



- ① Verbindungsdose für 6 Klemmen und 20 Leiter (z. B. für Nennquerschnitt 4 mm²: 24 Leiter und 8 Klemmen; vgl. Tabelle 2.29)
- ② Klemmen 1,5 mm²
- ③ Gerätedose (Schalterdose) 54 mm ϕ
- ④ Schukosteckdose mit Verbindungsklemmen nach VDE 0620
- ⑤ Wandauslaßdose
- ⑥ Deckenauslaß (Dose oder nur Leitungsende)
- ⑦ Verbindungsdose für Nennquerschnitt 1,5 mm²: 18 Leiter und 6 Klemmen zulässig

Abb. 2.60 – 1. Ausführungsvorschlag

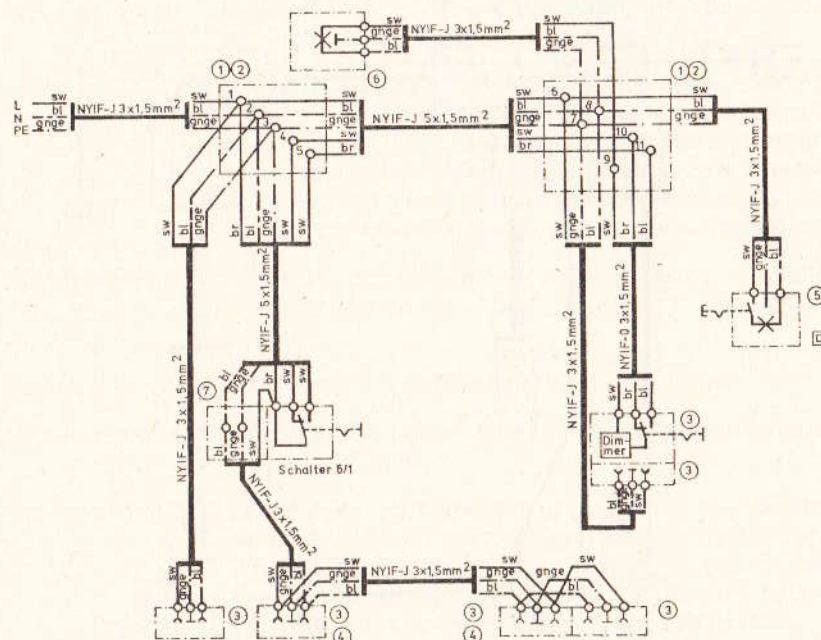
2. Ausführungsvorschlag

Leitungen: NYIF

Schalter und Steckdosenversorgung gegenüber 1. Ausführungsvorschlag vertauscht. Deckenleuchte wird von rechter Verbindungsdose versorgt.

L, N, PE:

Wie 1. Ausführungsvorschlag.



- ① Verbindungsdose für Nennquerschnitt 1,5 mm²: 18 Leiter und 6 Klemmen zulässig
- ② Klemmen 1,5 mm²
- ③ Gerätedose (Schalterdose) 54 mm Ø
- ④ Schuko Steckdose mit Verbindungsklemmen nach VDE 0620
- ⑤ Wandauslaßdose
- ⑥ Deckenauslaß (mit Endschele vgl. Abb. 2.40)
- ⑦ Geräteverbindungsdose (Schalterabzweigdose)

Abb. 2.61 – 2. Ausführungsvorschlag

- Klemmen 1 bis 11: Höchstens 4 Adern, Schraub- oder schraubenlose Klemmen 1,5 mm².
- Klemmen 1, 4, 5, 6, 10, 11: Die Farbbelegung ist für die Leitung zwischen den Verbindungsdosen schlecht gewählt (spannungsführender schwarzer Leiter muß ausgemessen werden).
- Klemmen 2, 3, 7, 8: Wie 1. Ausführungsvorschlag.
- Klemme 9: Leuchtenverbindung schwarz-schwarz.
- Wandleuchte: Wie 1. Ausführungsvorschlag.
- Linker Wechselschalter: Dieser Schalter muß in eine Geräteverbindungsdose eingesetzt werden, damit hinter dem Schalter die Leitungen zur Steckdose durchverbunden werden können.

3. Ausführungsvorschlag

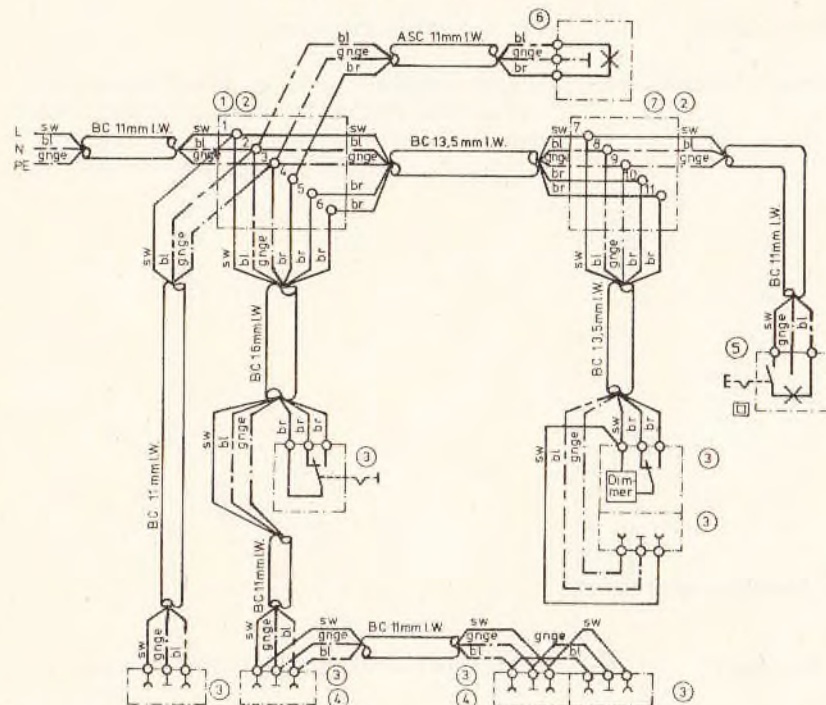
- Leitungen: H07V-U in Kunststoffrohren (Betondecke).
- Schalter u. Steckdosen: Anordnung wie in 1. Ausführungsvorschlag.
- Klemmen 1, 2 u. 5 bis 11: Höchstens 4 Leiter, Schraub- oder schraubenlose Klemmen 1,5 mm².
- Rohrweite: Nach Tabelle 2.39 festgelegt. Besser wäre mindestens lichte Weite 13,5 oder 16 mm zu verlegen. Die Rohrweite 13,5 paßt auf die Schalterdosen.

Leiterfarben:

Blau nur für Mittelleiter,
grüngelb nur für Schutzleiter,
schwarz für alle ständig Spannung führenden
Leiter,

braun für alle zeitweise Spannung führenden
Leiter (Es hätte auch schwarz gewählt werden
können.).

Bei dieser Farbfestlegung werden an den ein-
zelnen Klemmen nur gleichfarbige Leiter ver-
bunden.



- ① Verbindungsdose für 6 Klemmen und 20 Leiter (z. B. für Nennquerschnitt 4 mm²; 24 Leiter und 8 Klemmen vgl. Tabelle 2.29)
- ② Klemmen 1,5 mm²
- ③ Gerätedose (Schalterdose) 54 mm ϕ
- ④ Schukosteckdose mit Verbindungsklemmen nach VDE 0620
- ⑤ Wandauslaßdose
- ⑥ Deckenauslaß (Betondose oder nur Rohrende)
- ⑦ Verbindungsdose für Nennquerschnitt 1,5 mm²; 18 Leiter und 6 Klemmen zulässig

Abb. 2.62 – 3. Ausführungsvorschlag

2.3 Überstromschutzorgane

Leitungen und Kabel müssen gegen zu hohe **Erwärmung** geschützt werden. Diese zu hohe Erwärmung kann, abgesehen von äußeren Einflüssen, sowohl durch eine betriebsmäßige Überlastung als auch durch Kurzschluß hervorgerufen werden. Die Erwärmung der Leiter darf die Grenztemperatur der Leitung, ab der die Isolation beschädigt wird, nicht übersteigen. Die **Grenztemperatur** beträgt bei gummiisolierten Leitungen 60 °C, bei kunststoff-isolierten Leitungen (PVC) 70 °C und bei wärmebeständigen Leitungen mit Butylkautschukisolation 100 °C bzw. bei Mineralisolation 180 °C.

In diesem Abschnitt wird nur der Schutz von Leitungen und Kabeln behandelt; die Betriebsmittel zum Schutz von Verbrauchsmitteln (z. B. thermischer Motorschutz, Überstromrelais usw.) werden in Abschnitt 2.4 erläutert.

2.3.1 Dimensionierung

Bei der Dimensionierung von Überstromschutzorganen ist zu beachten, daß es Einrichtungen nur zum Überlastschutz und Einrichtungen zum gleichzeitigen Schutz gegen Überlast und Kurzschluß gibt sowie Einrichtungen, die ausschließlich zum Kurzschlußschutz eingesetzt werden. Entsprechend der Schutzaufgabe gegen Überlast oder gegen Kurzschluß, gelten für die Einrichtungen unterschiedliche Bedingungen für Einsatzort und Dimensionierung. Die zu beachtenden Bestimmungen werden daher in getrennten Abschnitten behandelt. Hinweise über die Zusammenfassung von Kurzschluß- und Überlastschutz werden in einem weiteren Abschnitt gegeben.

Einrichtungen, die gleichzeitig **Überlast- und Kurzschlußschutz** sicherstellen, sind solche, die alle Ströme zwischen ihrem kleinen Prüfstrom und dem unbeeinflussten Kurzschlußstrom einschalten, führen und ausschalten können. Dies können z. B. Schmelzsicherungen (NH-, D- und DO-Typen), Leitungsschutzschalter oder Leistungsschalter sein.

Einrichtungen, die **ausschließlich den Überlastschutz** gewährleisten, haben ein Ausschaltvermögen, das **kleiner** ist, als der unbeeinflusste Kurzschlußstrom (z. B. Schutz nur mit Überstromauslöser, Motorschutzrelais).

Einrichtungen, die **nur bei Kurzschluß** schützen, haben einen Nennstrom, der größer ist als die zulässige Belastbarkeit der Leitung und können den unbeeinflussten Kurzschlußstrom einschalten, führen und ausschalten (siehe Abschn. 2.3.1.2).

Tabelle 2.63 — Zulässige Dauerbelastung und Sicherungs-Nennströme isolierter Leitungen

Zulässige Dauerbelastung isolierter Leitungen und Zuordnungen von Überstrom-Schutzorganen bei Umgebungstemperaturen bis 25 °C						
Nennquerschnitt mm ²	Gruppe 1 Eine oder mehrere in Rohr verlegte einadrige Leitungen, z. B. H07V		Gruppe 2 Mehradritleitungen, z. B. Mantel- leitungen, Stegleitungen, bewegliche Leitungen, Rohrdrähte		Gruppe 3 Einadrige, frei in Luft verlegte Leitun- gen, wobei die Leitungen mit Zwischen- raum von mindestens Leitungsdurch- messer verlegt sind, sowie einadrige Verdrahtungen in Schalt- und Vertei- lungsanlagen und Schienenverteiler	
	Zulässige Dauerbelastung A	Sicherungs- Nennstrom A	Zulässige Dauerbelastung A	Sicherungs- Nennstrom A	Zulässige Dauerbelastung A	Sicherungs- Nennstrom A
0,75	—	—	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
1,5	16	16	20	20	25	25
2,5	21	20	27	25	34	35 (36*)
4	27	25	36	35 (36*)	45	50
6	35	35 (36*)	47	50	57	63
10	48	50	65	63	78	80
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	224	260	250
95	210	200	265	250	310	300
120	250	250	310	300	365	355
150	—	—	355	355	415	425
185	—	—	405	355	475	425
240	—	—	480	425	560	500
300	—	—	555	500	645	600
400	—	—	—	—	770	710
500	—	—	—	—	880	850

* Nennstrom 36 A gilt nur für NH-Sicherungen

2.3.1.1 Überlastschutz

Entsprechend dem Leitungsaufbau und der Verlegungsart werden bei der Festlegung der höchstens zulässigen **Dauerbelastung von Leitungen** in Tabelle 2.63 **drei Gruppen** unterschieden:

Gruppe 1: Eine oder mehrere in Rohr verlegte einadrige Leitungen, z. B. H07V

Gruppe 2: Mehraderleitungen, z. B. Mantelleitungen, Rohrdrähte, Bleimantelleitungen, Stegleitungen

Gruppe 3: Einadrige, frei in Luft verlegte Leitungen, wobei die Leitungen mit Zwischenraum von mindestens Leitungsdurchmesser verlegt sind, sowie einadrige Verdrahtungen in Schalt- und Verteileranlagen sowie Schienenverteiler.

Die entsprechend den VDE-Bestimmungen in Tabelle 2.63 genannten Stromwerte gelten für **Umgebungstemperaturen** bis 25 °C. Bei höheren Umgebungstemperaturen ist der Stromwert entsprechend der Ergänzungstabelle 2.65 für Leitungen mit erhöhter Wärmebeständigkeit bzw. Ergänzungstabelle 2.64 für die übrigen isolierten Leitungen zu reduzieren. Bei Umgebungstemperaturen von über 55 °C müssen immer Leitungen mit erhöhter Wärmebeständigkeit verlegt werden.

Beispiele:

- Umgebungstemperatur ≤ 25 °C, NYIF—J 3 $\times$ 1,5 ergibt nach Tabelle zul. Dauerbelastung 20 A, Sicherungsnennstrom 20 A

Tabelle 2.64 — Zulässige Belastbarkeit isolierter Leitungen bei Umgebungstemperaturen über 25 °C bis 55 °C

Umgebungstemperatur °C	Zulässige Dauerbelastung in % der Werte nach Tabelle 2.63	
	Gummiisolierung	Kunststoffisolierung
über 25 bis 30	92	94
über 30 bis 35	85	88
über 35 bis 40	75	82
über 40 bis 45	65	75
über 45 bis 50	53	67
über 50 bis 55	38	58

Tabelle 2.65 — Zulässige Belastbarkeit wärmebeständiger Leitungen bei Umgebungstemperaturen über 55 °C

Umgebungstemperatur °C bei Leitungen mit		Zulässige Dauerbelastung in % der Werte nach Tabelle 2.63
Grenztemperatur 100 °C	Grenztemperatur 180 °C	
über 55 bis 65	über 55 bis 145	100
über 65 bis 70	über 145 bis 150	92
über 70 bis 75	über 150 bis 155	85
über 75 bis 80	über 155 bis 160	75
über 80 bis 85	über 160 bis 165	65
über 85 bis 90	über 165 bis 170	53
über 90 bis 95	über 170 bis 175	38

- Umgebungstemperatur 40 °C, H07V-U4 in Rohren ergibt nach Tabelle zul. Dauerbelastung $82\% \cdot 27 \text{ A} = 22,14 \text{ A}$, Sicherungsnennstrom 20 A
- Umgebungstemperatur 80 °C, H05SJ-K2,5 in Rohren ergibt nach Tabelle zul. Dauerbelastung $82\% \cdot 27 \text{ A} = 22,14 \text{ A}$, Sicherungsnennstrom 20 A

Für die Festlegung der zu berücksichtigenden Umgebungstemperatur sind gegebenenfalls **Leitungsanhäufungen** zu berücksichtigen. Hierüber gibt es aber keine genaueren Bestimmungen. Es erscheint daher empfehlenswert, in solchen Fällen die für Kabel festgelegten Korrekturfaktoren zu verwenden (vgl. Tabelle 2.66), obwohl hierbei natürlich nicht zwischen A.-P.- oder U.-P.-Verlegung unterschieden ist.

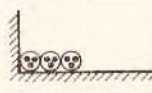
Die **zulässige Dauerbelastung** von Kabeln ist in Auszügen aus Tabelle 2.67 zu ersehen.

Wie die Belastbarkeit von Leitungen oder Kabeln in Sonderfällen, wie Aussetz- oder Kurzzeitbetrieb, besondere Anlaßverhältnisse usw., zu ermitteln ist, muß § 41 a VDE 0100 entnommen werden.

Leitungsschutzsicherungen und Leitungsschutzschalter (LS-Schalter bzw. volkstümlich Sicherungsautomaten) sind den Leitungsquerschnitten wie in Tabelle 2.63 unter Einbeziehung der Tabellen 2.64 und 2.65 zuzuordnen. Selbstschalter und Schütze mit thermisch verzögertem Auslöser sind so einzustellen, daß der eingestellte Strom dem Höchstbelastungsstrom nach Tabelle 2.63 entspricht.

Tabelle 2.66 — Umrechnungsfaktoren für die Belastbarkeit von Kabeln

Umrechnungsfaktoren bei anderen Umgebungstemperaturen						
°C	15	20	25	30	35	40
Kabel 0,6/1 kV im Erdreich	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77
Kabel 0,6/1 kV in der Luft	1,06	1,06	1,06	1,0	0,94	0,87

Umrechnungsfaktoren bei Häufung von Kabeln				
Anzahl:	1	2	3	6
auf dem Boden in Luft 	0,95	0,9	0,88	0,85
	0,95	0,84	0,80	0,75
auf Gerüsten und an der Wand in Luft 	0,9	0,78	0,73	0,68
mehrere Kabel im Graben 7 cm Zwischenraum	1,0	0,85	0,75	0,60

*) Mindestabstand = Kabeldurchmesser

Ist eine **lang andauernde Belastung** der Leitung über den maximalen Stromwert nach Tabelle 2.63 hinaus zu erwarten, ist eine geringere Sicherungsstufe zu wählen, als nach Tabelle 2.63 möglich wäre. Dies ist wegen der Streuwerte der Überstromschutzorgane und des über dem Sicherungsnennwert liegenden kleinen Prüfstroms erforderlich.

Über die Sicherungen und Schutzschalter kann ein **kleiner Prüfstrom** von $1,35 \dots 1,5 \times I_{\text{Nenn}}$ über 1...3 Stunden fließen, ohne daß die Sicherung auslöst. Eine bessere Lösung als die geringere Sicherungsstufe wäre jedoch die Wahl eines größeren Leiterquerschnitts.

Für den Überstromschutz **parallel geschalteter Leitungen** ist die Summe der Strombelastbarkeitswerte aller Leitungen maßgebend. Solche Anordnungen sind jedoch nur bei gleichen elektrischen Eigenschaften (Art, Verlegungsweise, Länge und Querschnitt) der Leitungen und ohne Abzweige zulässig.

Tabelle 2.67 – Belastbarkeit von Kabeln

Querschnitt Cu mm ²	Kabel, massegetränkte Papierisolation VDE 0255		Kunststoff- oder Gummi- Isolation VDE 0265 und 0271	
	Erde EVU-Last A	Luft A	Erde EVU-Last A	Luft A
1,5	26	22	27	18
2,5	35	30	36	25
4	47	39	46	34
6	59	50	58	44
10	80	68	77	60
16	105	90	100	80
25	135	120	130	105
35	165	150	155	130
50	195	180	185	160
70	245	230	230	200
95	290	280	275	245
120	330	325	315	285
150	375	370	355	325
185	420	420	400	370
240	480	490	465	435
300	540	560	520	500
400	620	660	600	600
Umgebungstemperatur	20 °C	30 °C	20 °C	30 °C

Werte für die Belastbarkeit einzeln verlegter Kabel bis 0,6 kV, Verlegung in Erde und Luft.

Bei EVU-Last folgt einer Periode von 10 Stunden überwiegend Vollast eine mindestens gleichlange Periode mit 60 % Vollast.

Überlastschutzorgane müssen wie die Kurzschlußschutzorgane **am Anfang** jedes Stromkreises sowie an allen Stellen eingebaut werden, an denen die Strombelastbarkeit gemindert wird (vgl. Abb. 2.68).

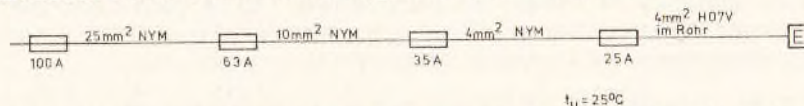


Abb. 2.68 – Überlastschutz bei Minderung der Strombelastbarkeit durch Querschnittsverringering

Dies gilt nicht für bewegliche Leitungen unter 1 mm², die über Stecker angeschlossen werden. Ursachen für diese Minderung können Querschnittsverringeringen, andere Verlegungsarten, andere Leitungsisolie-

rung, z. B. bei hohen Umgebungstemperaturen oder andere Adernzahl (vgl. Abb. 2.69) sein. Über die Selektivität der Schutzorgane wird im Abschnitt 2.3.2 eingegangen.

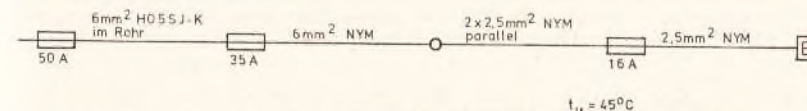


Abb. 2.69 – Überlastschutz bei Minderung der Strombelastbarkeit durch verschiedene Verlegungsart, Leitungsisolierung, Aderzahlen

Ausnahmen von dieser Grundregel sind in folgenden Fällen zulässig:

- In Netzen mit geerdetem Sternpunkt darf das Überlastschutzorgan im Zug der Leitung beliebig versetzt werden, wenn der Kurzschlußschutz getrennt vom Überlastschutz entsprechend den Bestimmungen errichtet wird und die Leitung weder Abzweige noch Steckvorrichtungen erhält (für Hausinstallationen daher weniger bedeutend, zumal bei einem Kurzschluß größere Anlagenteile als unbedingt notwendig stromlos werden).
- Der Überlastschutz darf wie der Kurzschlußschutz und daher auch zusammen mit diesem **bis zu 3 m** im Zug der Leitung versetzt werden, wenn der dadurch ungeschützte Leitungsabschnitt vor dem Schutzorgan kurzschluß- und erdschlußsicher sowie nicht unmittelbar auf brennbaren Baustoffen verlegt ist. Zur kurz- und erdschlußsicheren Verlegung kann z. B. NYM-Leitung dienen (Abschn. 4.3.5).
- In bestimmten Fällen (jedoch nie in feuer- oder explosionsgefährdeten Räumen) darf auf den Überlastschutz in der Leitung verzichtet werden:

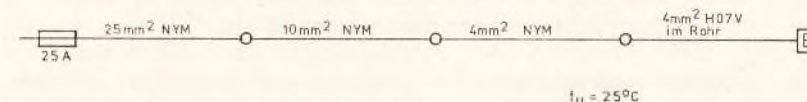


Abb. 2.70 – Schutz der Leitung durch das Überlastschutzorgan vorgeschalteter Leitungsabschnitte

- wenn die Leitung durch **Überlastschutzorgane** vorgeschalteter Leitungsabschnitte bereits (vgl. Abb. 2.70) geschützt ist (Überlastschutz ist auf den schwächsten Querschnitt abgestimmt)
- wenn mit dem Auftreten von **Überlastströmen** nicht gerechnet werden muß und ein ordnungsgemäßer Kurzschlußschutz vorhan-

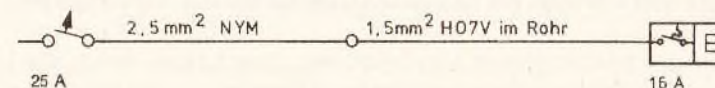


Abb. 2.71 – Schutz der Leitung durch das Überlastschutzorgan des festangeschlossenen Verbrauchsmittels

den ist. In diesen Fällen dürfen nur Leitungen **ohne** Abzweige und Steckvorrichtungen verlegt sein.

Überlast tritt z. B. nicht auf, wenn das angeschlossene Verbrauchsmittel ein eingebautes Überlastschutzorgan hat, dessen Nennwert höchstens der zulässigen Strombelastbarkeit der Leitung entspricht (vgl. Abb. 2.71).

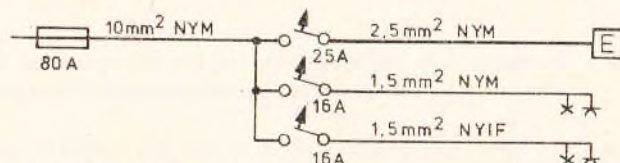


Abb. 2.72 — Schutz der Leitung durch die Überlastschutzorgane der Leitungsabzweige

Überlast tritt auch nicht auf, wenn die einzelnen Abzweige am Leitungsende je für sich gegen Überlast geschützt sind und der Summenwert der Überlastorgane geringer ist als der höchstzulässige Betriebsstrom der ungeschützten Leitung (vgl. Abb. 2.72).

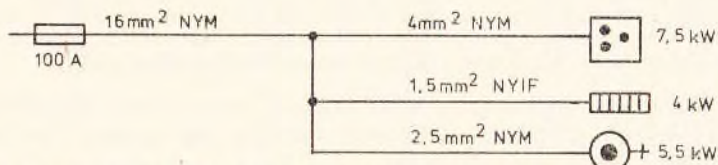


Abb. 2.73 — Wegfall des Überlastschutzes bei Verbrauchern, bei denen nicht mit Überlast gerechnet werden braucht

Überlast tritt auch nicht auf bei fest angeschlossenen Verbrauchern, die zwar nicht über einen Überlastschutz verfügen, bei denen aber **nicht mit Überlast** gerechnet werden braucht. Dies sind z. B. Herde, Raumheizgeräte, Heißwasserbereiter (vgl. Abb. 2.73) usw. Dabei darf natürlich der Betriebsstrom nicht höher sein als der höchstzulässige Belastungsstrom der Leitung. Außerdem sind dies auch Motoren, deren Strom bei blockiertem Läufer die Strombelastbarkeit der Leitung nicht überschreitet.

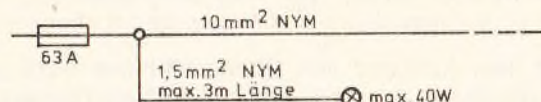


Abb. 2.74 — Wegfall des Überlastschutzes bei Meldern und Meßgeräten

- In Leitungsabzweigen von **höchstens 3 m Länge**, wenn die Leistungsaufnahme der von diesem Abzweig gespeisten Betriebsmittel **nicht mehr als 40 W** beträgt, wie Meßgeräte und Meldeleuchten (vgl. Abb. 2.74).

In folgenden Fällen muß auf den **Überlastschutz** und den **Kurzschlußschutz** verzichtet werden, wenn die Stromkreisunterbrechung eine Gefahr darstellen kann:

- Erregerstromkreise von umlaufenden Maschinen,
- Ankerstromkreise von Wechselstrommaschinen,
- Speisestromkreise von Hub- und Fördermagneten,
- Sekundärstromkreise in Stromwandlern,
- Steuer- und Regelstromkreise,
- Stromkreise für Spannungsregelung und
- Signalstromkreise

2.3.1.2 Kurzschlußschutz

Beim Kurzschlußschutz kommt es darauf an, durch das Schutzorgan den **Kurzschlußstrom**, der durch mindestens einen Leiter fließt, so schnell abzuschalten, daß die Leiter nicht beschädigt werden.

Als **Kurzschlußschutzorgane** dürfen dieselben Betriebsmittel wie für den Überlastschutz verwendet werden:

- Schmelzsicherungen (NH-, D- und DO-Typen),
- Leitungsschutzschalter und
- Leistungsschalter.

Kurzschlußschutzorgane müssen mindestens den unbeeinflussten Kurzschlußstrom am Einbauort ausschalten können. Hat ein Schutzorgan ein kleineres Ausschaltvermögen (Angaben des Herstellers in den Katalogen) als es dem maximalen Kurzschlußstrom am Einbauort entspricht, muß ihm ein anderes Schutzorgan mit mindestens dem erforderlichen Ausschaltvermögen **vorgeschaltet** werden. Im Falle von Leitungsschutzschaltern (LS-Schaltern), deren Ausschaltvermögen zu gering ist, muß eine Schmelzsicherung von **höchstens 100 A** vorgeschaltet werden.

Kurzschlußströme können ermittelt werden

- durch Berechnung,
- durch Untersuchung an einer Netznachbildung,
- durch Messung in der Anlage und
- anhand von EVU-Angaben.

In Kabelnetzen muß **am Hausanschluß** mit **Kurzschlußströmen** von einigen 1000 A gerechnet werden. In Freileitungsnetzen treten wegen des induktiven Widerstandes der Leiter aufgrund des großen Leiterabstands Kurzschlußströme nur in der Größenordnung von einigen 100 A auf. Bei Kabelnetzen kommt es für die Größe des Kurzschlußstroms außerdem stark auf die Nähe der Trafostation und die Bebauungsdichte an.

In unmittelbarer Trafonähe kann man, falls keine anderen Werte bekannt sind, folgende Werte für die dreiphasigen Kurzschlußströme 380 V annehmen:

- auf der Kabelseite des Hausanschlusses ca. 25 kA,
- an der Hauptleitungsabzweigklemme vor dem Zähler ca. 10 kA und
- an der Wohnungsverteilung ca. 6 kA ($\approx 3,5$ kA einphasig).

Kurzschlußschutzorgane werden nach derselben Tabelle wie die Überlastschutzorgane bemessen (Tabelle 2.63).

Vorläufig darf das Kurzschlußschutzorgan auch noch bis zu drei Stufen höher gewählt werden, wenn ein bestimmter Mindest-Kurzschlußstrom fließen kann und der Überlastschutz im Verlauf der Leitung sichergestellt ist.

Wird das Kurzschlußschutzorgan eine Stufe höher als nach Tabelle 2.63 gewählt, muß als Kurzschlußstrom bei Kurzschluß am Leitungsende mindestens der 3fache Wert des Nennstroms der Kurzschlußsicherung zum Fließen kommen.

Wird das Kurzschlußschutzorgan um zwei Stufen höher gewählt, muß der 6fache Wert des Nennstroms zum Fließen kommen. Wird das Kurzschlußschutzorgan um drei Stufen höher gewählt, muß mindestens der 9fache Wert des Nennstroms zum Fließen kommen. Diese Lösung kann aber besonders bei kleinen Kurzschlußströmen mit verhältnismäßig langen Abschaltzeiten die Zerstörung der Leitung durch Übertemperatur nicht verhindern. Künftig wird daher in solchen Fällen die Ausschaltzeit nach VDE 0100 m 2.3.4 zu ermitteln sein.

Kurzschlußschutzorgane müssen **am Anfang** jedes Stromkreises sowie an allen Stellen eingebaut werden, an denen die Kurzschlußstrom-Belastbarkeit gemindert wird (siehe auch Überlastschutz).

Ausnahmen:

Das Kurzschlußschutzorgan darf **bis zu 3 m im Zuge der Leitung** versetzt werden, wenn dieser Leitungsabschnitt vor dem Kurzschlußschutzorgan nicht auf brennbaren Baustoffen sowie kurzschluß- und erdschlußsicher verlegt ist (siehe Überlastschutz). Kurzschlußschutzorgane dürfen entfallen

- für Stromkreise, deren Unterbrechung den Betrieb der entsprechenden Anlage gefährden könnte (siehe auch Überlastschutz, letzter Absatz),
- für Meßstromkreise, wenn die Leitung kurzschluß- und erdschlußsicher und nicht unmittelbar auf brennbaren Baustoffen verlegt ist sowie
- für Leitungen zwischen Schalttafeln und elektrischen Maschinen, Transformatoren, Gleichrichtern und Akkumulatoren.

2.3.1.3 Zusammenfassung von Kurzschluß- und Überlastschutz

Wird ein Überlastschutzorgan verwendet, dessen **Schaltvermögen** mindestens dem unbeeinflussten Kurzschlußstrom entspricht, ist bei Einbau am Anfang der Leitung sowohl der Kurzschluß- als auch der Überlastschutz sichergestellt. Dieser Lösung sollte nach Möglichkeit der **Vorzug**

gegeben werden. Dies trifft für alle Leitungsschutzsicherungen und für Leitungsschutzschalter mit entsprechend großem Ausschaltvermögen zu. Es gibt LS-Schalter mit Schaltvermögen von 1,5 kA, 3 kA, 6 kA, 10 kA und 15 kA (vgl. Abschn. 2.3.2 und 2.6.5).

Muß der Kurzschlußschutz wegen des zu geringen Ausschaltvermögens des Überlastschutzes mit getrennten Betriebsmitteln vorgenommen werden (z. B. bei LS-Schaltern mit zu geringem Ausschaltvermögen), wird dieser im allgemeinen durch **Schmelzsicherungen** durchgeführt. Bei **kleinen Verhältnissen**, wie in Einfamilienhäusern mit Kabelanschluß, wäre es nach den VDE-Bestimmungen möglich, die unter 100 A liegende Hausanschlußsicherung als Kurzschlußschutz zu verwenden. Dies ist jedoch nach den Technischen Anschlußbedingungen (TAB) der EVUs **nicht zulässig**.

2.3.1.4 Schutz des Mittelleiters

Sofern der Mittelleiter mindestens denselben **Querschnitt** wie der Außenleiter hat, braucht für ihn kein besonderer Schutz vorgesehen zu werden.

Hat der Mittelleiter einen geringeren Querschnitt als die Außenleiter, muß er mindestens gegen Kurzschluß durch das Schutzorgan des Außenleiters geschützt sein (Sicherungsabstufung entsprechend dem Leiterquerschnitt und Mindestkurzschlußstrom). Wird die übertragene Leistung möglichst gleichmäßig auf die Außenleiter verteilt, ist der Höchststrom im Mittelleiter meist beträchtlich geringer, als nach seinem Querschnitt zulässig wäre. In diesem Fall darf ebenfalls auf den Schutz des Mittelleiters verzichtet werden.

Ist in bestimmten Fällen (z. B. FU- und FI-Schutzschaltung) die **Abschaltung des Mittelleiters** vorgeschrieben, darf er auf keinen Fall vor den Außenleitern aufgetrennt oder nach diesen zusammengeschaltet werden. Die Abschaltbestimmungen gelten sinngemäß auch für Nullleiter.

2.3.1.5 Licht- und Steckdosenstromkreise

Beleuchtungsstromkreise in Hausinstallationen dürfen nur mit Überstromschutzorganen bis 16 A gesichert werden.

Die früher vorhandene Beschränkung auf 10 A bei LS-Schutzschaltern Typ L oder Sicherungen ist entfallen. Dem schon früher zur Absicherung in Hausinstallationen bis 16 A zugelassene LS-Schalter Typ H kommt daher heute nicht mehr dieselbe Bedeutung wie früher zu (vgl. auch Abschnitt 2.3.2.2 und 2.6.5.1). Durch die Verwendung von LS-Schaltern Typ L dürfen auch die in Hausinstallationen früher vorhandenen Probleme des Schutzschalterauslösens durch den hohen Anlaufstrom von Elektrowerkzeugen oder Rasenmähern beseitigt sein.

Bei **Steckdosenstromkreisen** muß nicht nur auf die zulässige Belastung der Leitung, sondern auch auf den Nennstrom der angeschlossenen zwei- oder mehrpoligen Steckdosen geachtet werden. Der Nennstrom des Überstromschutzorgans darf nur dem **geringeren** der beiden Werte entsprechen.

Beleuchtungsstromkreise außerhalb von Hausinstallationen, z. B. in Fertigungsbetrieben, Bürobauten, Fernmeldedienstgebäuden usw., dürfen nur bis 25 A gesichert werden. Dies gilt nicht für Leuchtstofflampen- und Leuchtstoffröhrenstromkreise oder Stromkreise mit E-40-Fassungen. Hier können entsprechend dem Leiterquerschnitt auch höhere Absicherungen installiert werden.

2.3.2 Arten der Überstromschutzorgane

Aufgrund der Bauart sind zwei große Gruppen von Überstromschutzorganen zu unterscheiden: die Sicherungen (oder deutlicher die Schmelzsicherungen) und die Schutzschalter.

Beide Gruppen haben Vor- und Nachteile, weshalb ihr üblicher Einsatzbereich auch unterschiedlich ist. Eine **Sicherung** unterbricht durch Abschmelzen eines oder mehrerer Stromleiter den Stromkreis, in dem sie eingesetzt ist, wenn dort der Strom während einer bestimmten Zeit vorgegebene Werte überschritten hat. **Schutzschalter** können Strompfade beim Überschreiten vorgegebener Werte unterbrechen. Aufgrund ihrer Bauart können sie die Strompfade aber auch wieder miteinander verbinden, da sie mehrmals schalten können.

Vorzüge der Sicherungen sind das höhere Schaltvermögen, die schnelle Auslösung bei Kurzschluß und der relativ niedrige Preis. **Nachteile der Schmelzsicherungen** sind: Mit ihnen lassen sich Leiter nur einzeln absichern, was bei dreiphasigen Verbrauchsmitteln zu Unfallgefahren und Betriebssicherheitsstörungen führen kann; der Schmelzeinsatz kann nur einmal schalten, beim Einsetzen oder Auswechseln können Unfälle entstehen; eine Stückprüfung ist ebenfalls nicht möglich.

Die Nachteile der Sicherungen sind gleichzeitig die Vorzüge der Schutzschalter, für die diese Nachteile nicht zutreffen. Weitere **Vorzüge der Schutzschalter** sind: Bei mäßigen Überströmen schalten sie erheblich schneller als Sicherungen, Zusatzausrüstungen zum Verriegeln, Signalisieren, Fernaus- und -einschalten sind möglich. Der **Nachteil der Schutzschalter** ist vor allem das nicht in allen Fällen ausreichende Schaltvermögen. Für die in Hausinstallationen vorkommenden Kurzschlußströme reicht das Schaltvermögen der Schutzschalter jedoch aus. Bei genügender Selektivität zu den vorgeschalteten Sicherungen sind Schutzschalter stets zu bevorzugen.

2.3.2.1 Sicherungen

Zur Sicherung gehören alle Teile, die das vollständige Schutzorgan bilden:

- das **Sicherungsunterteil** mit den Anschlüssen,
- der **Sicherungseinsatz** mit dem Schmelzleiter und dem Anzeiger für den Schaltzustand,
- der **Paßeinsatz** bei Schraubsicherungen, mit dem das Einsetzen eines Sicherungseinsatzes, der einen höheren Nennstrom als der Paßeinsatz hat, verhindert wird,
- der **Sicherungseinsatzhalter** (Schraubkappe) mit der Beobachtungsöffnung aus Glas oder Glimmer und evtl. einem Loch für Prüfzwecke, das aufgrund seiner geringen Größe den Berührungsschutz nicht beeinträchtigt.

Es gibt verschiedene **Sicherungssysteme**, in denen ein Auswechseln der genormten Sicherungseinsätze untereinander unter gewissen Voraussetzungen möglich ist.

Die neuen VDE-Vorschriften, die bei den einzelnen Sicherungssystemen genannt werden, waren wegen des zu geringen Schaltvermögens (bisher nur 4...16 kA), der geforderten Selektivität bei Nennströmen von 1:1,6, der Kennlinienbeständigkeit und einiger Anpassungen an internationale Bestimmungen erforderlich. Künftig sind folgende **Betriebsklassen** zu unterscheiden, wobei der erste Buchstabe die Funktionsklasse, der zweite das zu schützende Objekt bezeichnet:

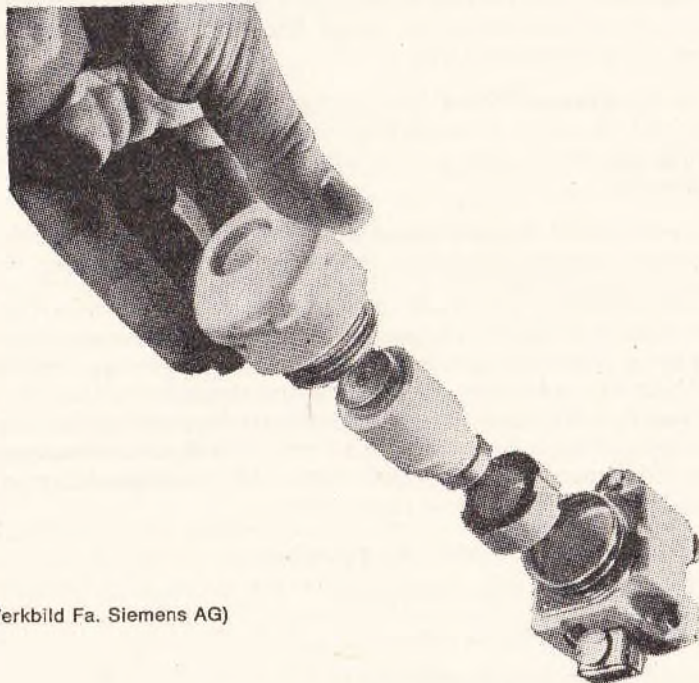
- gL Ganzbereichs-Kabel und Leitungsschutz
- aM Teilbereichs-Schaltgeräteschutz
- aR Teilbereichs-Halbleiterschutz
- gR Ganzbereichs-Halbleiterschutz
- gB Ganzbereichs-Bergbauanlagenenschutz

Bisher sind erst die Vorschriften der gL-Typen in Kraft. Im übrigen sind die Kennlinien den entsprechenden Herstellerunterlagen zu entnehmen.

Die Stromzeitkennlinien für das D-System, die denen des DO-Systems ähnlich sind, zeigt Abb. 2.77.

Es gibt „flinke“ und „träge“ Sicherungen und für Sonderfälle auch Mischformen. Flinke Sicherungen haben einen k-Faktor von 3,5. Träge Sicherungen haben bis 50 A Nennstrom einen k-Faktor von 3,5 und über 50 A einen k-Faktor von 5,0.

Das D-System und das DO-System haben Schraubkappen und vor allem eine Unverwechselbarkeitseinrichtung für den Sicherungseinsatz, den Paßeinsatz, wobei die Farbe des Paßeinsatzes mit der Farbe des Sicherungs-Kennmelders übereinstimmt. Sie sind für industrielle Anwendungen und für Hausinstallationen geeignet. Bei eingeschraubter Schraubkappe ist **Berührungsschutz** gegeben, so daß ein gefahrloses Auswechseln des Sicherungseinsatzes möglich ist. Die Unverwechselbarkeit der Sicherungen ist ab 6 A gesichert.



(Werkbild Fa. Siemens AG)

Abb. 2.75 – Sicherung des D-Systems

Daten des D-Systems

Nennspannung beim D-System: 500 V

Nennausschaltströme: $I_{eff} = 50$ kA Wechselstrom
 $I = 8$ kA Gleichstrom

Zulässige Nennverlustleistung der Sicherungseinsätze zwischen 2,3 W und 3,9 W in Gruppe D II, zwischen 5,2 W und 7,1 W in Gruppe D III und zwischen 8,5 W und 9,1 W in Gruppe DIVH.

Farben der Anzeiger (Kennmelder) und Paßschrauben vgl. Tabelle 2.76.

Tabelle 2.76 – Farben der Kennmelder und Paßeinsätze der D- und DO-Sicherungen

Stromstärke A	Kennfarbe	Stromstärke A	Kennfarbe
2	rosa	50	weiß
4	braun	63	kupfer
6	grün	80	silber
10	rot	100	rot
16	grau	125 *	gelb *
20	blau	160 *	kupfer *
25	gelb		
35	schwarz	200 *	blau *

* Nur für auslaufende Typen

Bauformen beim D-System: (vgl. Abb. 2.75)

- Größe D II: Schraubsicherung mit E-27-Gewinde
 Baubreite des Sicherungssockels: 38 mm
 Nennströme: Sicherungssockel und Schraubkappe 25 A
 Sicherungseinsätze und Paßschrauben: 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25 A.
- Größe D III: Schraubsicherung mit E-33-Gewinde
 Baubreite des Sicherungssockels: 46 mm
 Nennströme: Sicherungssockel und Schraubkappe: 63 A
 Sicherungseinsätze und Paßschrauben: 35, 50, 63 A
 Anmerkung: Mit Haltefuttern können auch die Sicherungseinsätze der Bauform D II verwendet werden.
- Größe D IV: Schraubsicherung mit R-1 1/4"-Gewinde
 Baubreite des Sicherungssockels: 60 mm
 Nennströme: Sicherungssockel und Schraubkappe 100 A
 Sicherungseinsätze und Paßhülsen: 80, 100 A
 Anmerkung: Mit Haltefuttern und Paßpfropfen können auch Sicherungseinsätze der Bauform D III eingesetzt werden.

Andere Größen: In den neuen VDE-Bestimmungen sind keine weiteren Bauformen enthalten. Die Übergangsfrist für die bisherigen Typen und zusätzlichen Bauformen (Schraubsicherungen mit E-16-Gewinde und Größe DVH mit R-2"-Gewinde) laufen zum 31. 03. 1980 aus.

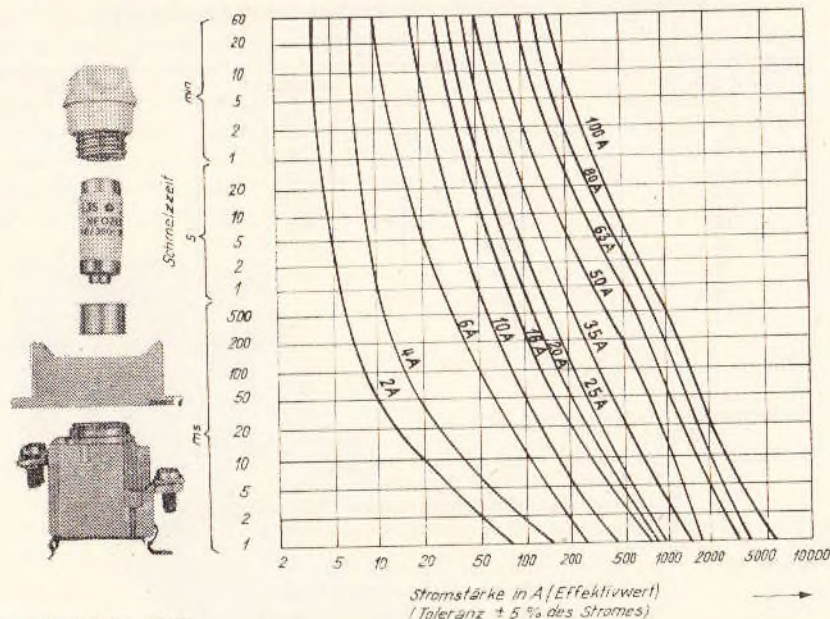
Daten des DO-Systems

Nennspannung beim DO-System: Für Sicherungseinsätze 380 V~, 250 V—
 für Sicherungssockel- und Schraubkappen 380 V

Nennausschaltströme: $I_{eff} = 50$ kA Wechselstrom
 $I = 8$ kA Gleichstrom

Zulässige Nennverlustleistung der Sicherungseinsätze: 1,8 W bis 2,5 W in Gruppe D01, 2,5 W bis 5,5 W in Gruppe D02 und 6,5 W bis 7 W in Gruppe D03. Farben der Anzeiger (Kennmelder) und Paßeinsätze siehe Tabelle 2.76.

DO-Sicherungen werden in Normalbautiefe 69 mm bei D01/D02 und 76 mm bei D03 und Niedrigbautiefe 53 mm bei D01/D02 hergestellt.



(Werkbilder Fa. BBC)

Abb. 2.77 — Sicherungen des DO-Systems und Stromzeitkennlinien

Bauformen beim DO-System: vgl. Abb. 2.77

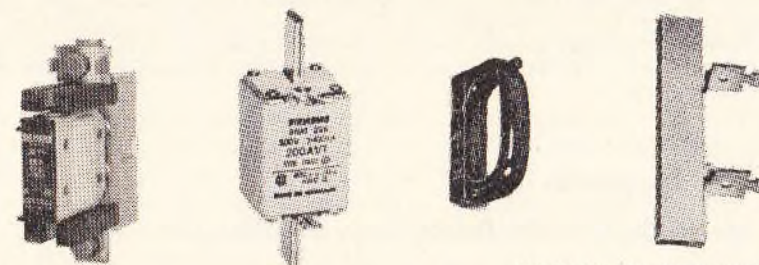
Größe D01: Schraubsicherung mit E-14-Gewinde
Baubreite des Sicherungssockels 27 mm (1,5 Teilungseinheiten zu 18 mm)
Nennströme: Sicherungssockel und Schraubkappe 16 A
Sicherungssätze: 2, 4, 6, 10, 16 A
Hülsen-Paßeinsätze: 2, 4, 6, 10 A.

Größe D02: Schraubsicherung mit E-18-Gewinde
Baubreite des Sicherungssockels: 27 mm (1,5 Teilungseinheiten zu 18 mm)
Nennströme: Sicherungssockel und Schraubkappe 63 A
Sicherungseinsätze: 20, 25, 35, 50, 63 A
Hülsen-Paßeinsätze: 20, 25, 35, 50 A

Anmerkung: Mit Spezialhülsen-Paßeinsätzen können D01-Sicherungseinsätze auch in D02-Sicherungssockeln und mit Spezial-Haltefedern in D02-Schraubkappen eingesetzt werden.

Größe D03: Schraubsicherung mit M 30×2 Gewinde
Baubreite des Sicherungssockels: 45 mm (2,5 Teilungseinheiten zu 18 mm)
Nennströme: Sicherungssockel und Schraubkappe 100 A
Sicherungseinsätze: 80, 100 A
Hülsen-Paßeinsatz: 80 A.

Auslauffrist der VDE-Bestimmungen für bisherige Typen (kleineres Schaltvermögen)
31. 3. 1980



(Werkbilder Fa. Siemens AG)

Abb. 2.78 — Sicherungen des NH-Systems, Aufsteckgriff und Trennlasche

Das **NH-System** (Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungssystem) ist für industrielle Anwendungen vorgesehen. Da man die NH-Sicherungen jedoch auch in Hausanschlußkästen eingebaut hat, sollen deren Merkmale hier erläutert werden. **NH-Sicherungen haben messerförmige Kontaktstücke, sind nicht unverwechselbar und haben keinen Berührungsschutz.** Mit den vorgesehenen Bedienungselementen (Aufsteckgriffe, Einschwenkvorrichtung, Sicherungsschalter) ist jedoch auch unterwiesenen Personen ein gefahrloses Bedienen möglich (vgl. Abb. 2.78).

Daten des NH-Systems

Nennspannung: 500 V~ oder 500 V~/440 V— oder 660 V~

Nennausschaltströme: mind. $I_{eff} = 50$ kA Wechselstrom

ggf. $I = 25$ kA Gleichstrom

Meist werden von den Herstellern NH-Sicherungen mit Ausschaltströmen von > 100 kA angeboten.

Nennverlustleistung der Sicherungseinsätze: Je nach Baugröße, z. B. 7,5 W bei Größe 00, 16 W, bei Größe 0, 23 W, bei Größe 1 usw. bis 110 W bei Größe 4a.

Sicherungseinsätze		
Größe	Nennströme für	
	Unterteile A	Einsätze A
00	100	6 bis 100
0	160	6 bis 160
1	250	80 bis 250
2	400	125 bis 400
3	630	315 bis 630
4	1000	500 bis 1000
4a	1250	500 bis 1250

NH-Sicherungseinsätze gibt es inzwischen auch in „isolierter“ Form, bei denen die Bedienungssicherheit durch spannungsfreie Griffaschen und fehlende metallische Gehäuseteile beträchtlich erhöht wurde. Schmelzzeiten von NH-Sicherungseinsätzen liegen bei großen Kurzschlußströmen unter 5 ms.

Neben den nach den VDE-Vorschriften vorgesehenen Typen sind noch eine ganze Reihe spezieller Sicherungseinsätze auf dem Markt, deren Strom/Zeit-Kennlinien besonderen Anwendungen gerecht werden, z. B. für Bergbau, für höhere Spannungen usw. Die früheren VDE-Bestimmungen für NH-Sicherungen sind seit dem 31. 07. 1979 nicht mehr gültig.

2.3.2.2 Schutzschalter

Im wesentlichen sind drei **Bauformen** zu unterscheiden:

- Leitungsschutzschalter (LS-Schalter),
- Motorschutzschalter (vgl. Abschn. 2.4.1) und
- Leistungsselbstschalter (Leistungsschalter)

Die verschiedenen Merkmale der einzelnen Schutzschalter sind nachstehend erläutert.

Nach dem Arbeitsprinzip unterscheidet man zwischen folgenden **Leitungsschutzschaltern**:

- LS-Schalter mit Nullpunktlöschung und
- strombegrenzende LS-Schalter.

LS-Schalter mit Nullpunktlöschung haben eine niedrige Lichtbogen-Spannung und nutzen die natürliche Löschung des Lichtbogens beim nächsten Nulldurchgang des Wechselstromes aus. Wegen der großen durchgelassenen Energie bis zur Abschaltung sind diese Schalter nicht selektiv.

Strombegrenzende LS-Schalter erzeugen nach kurzer Öffnungszeit bereits eine sehr hohe Lichtbogen-Spannung mit der bei großen Kurzschlußströmen schon nach 1 bis 2 ms die treibende Netzspannung kompensiert und der durchgelassene Strom begrenzt und rasch zum Abklingen gebracht wird. Strombegrenzende LS-Schalter haben daher höhere **Selektivität** gegenüber Vorsicherungen und ein größeres Schaltvermögen. Im günstigsten Fall beträgt die durchgelassene Energie nur 3 % des Wertes, den ein Nullpunktlöscher durchläßt.

Früher war mit den **VDE-Vorschriften** nur ein Schaltvermögen von 1,5 kA gefordert. Heute sind auch aufgrund der zunehmenden Netzvermaschung vielfach höhere Schaltleistungen erforderlich, was zur entsprechenden Änderung der VDE-Bestimmungen und der Schutzschalter führte.

Im Bereich des Überstromschutzes arbeiten LS-Schalter mit thermischer Auslösung. Ab den Werten $I_A = k \cdot I_{\text{Nenn}}$ setzt die magnetische Auslösung ein.

Selektivität zwischen zwei hintereinander geschalteten Sicherungen ist vorhanden, wenn bei einem Kurzschluß nur die Sicherung, die schalten soll, auch tatsächlich schaltet.

Für **Schmelzsicherungen** bedeutet dies im allgemeinen, daß im Netz nacheinander liegende Sicherungen im Nennstromwert abgestuft sein müssen (vgl. Abb. 2.77). Im Regelfall ist dann trotz der durch Fertigungsungenauigkeiten bedingten Streuwerte der einzelnen Kennlinien die Abschalteselektivität gegeben. Für hintereinander liegende Schutzschalter gilt sinngemäß das gleiche.

Schwieriger werden die Überlegungen bei **Schutzschaltern**, die nach Schmelzsicherungen liegen. Durch den unterschiedlichen Kennlinienverlauf (vgl. Abb. 2.77 und 2.79) ist die Beurteilung schwieriger, wodurch es notwendig wurde, die LS-Schalter in Selektivitätsklassen einzuteilen.

Bei der **Beurteilung der Selektivität** von LS-Schalter sind verschiedene Stellen der Strom/Zeit-Kennlinien zu betrachten.

1. Es muß sichergestellt sein, daß der **kleine Prüfstrom** des betrachteten Schutzschalters (bei dem ein Schutzorgan gerade noch nicht auslöst; bei LS-Schaltern Typ L 1,35...1,5 $\times I_{\text{Nenn}}$) noch nicht die vorgeschaltete Sicherung auslöst.
2. Beim **großen Prüfstrom** (bei dem die Schutzeinrichtung in 1 bis 2 Stunden auslöst) darf die vorgeschaltete Sicherung ebenfalls nicht auslösen. Für beide Bereiche sind die Streuwerte der Kennlinien zu berücksichtigen. Es kann daher vereinfacht auch gesagt werden: **Die Kennlinienbänder der hintereinander geschalteten Sicherungen dürfen sich nicht berühren.**
3. Bei den sehr kurzen Schaltzeiten **sehr großer Ströme** ist vor allem die vom LS-Schalter bis zur Abschaltung durchgelassene Energie maßgebend. Wesentlich ist, ob diese Energie ausreicht, um die vorgeschaltete Sicherung zum Schmelzen zu bringen. Der Energiewert wird durch $R \cdot I_k^2 \cdot t$ bestimmt, wobei
 - R der sehr kleine Durchlaßwiderstand des Schmelzleiters,
 - I_k der Kurzschlußstrom und
 - t die Abschaltzeit des Schutzschalters ist.

Da die nach der neuen VDE 0641 gebauten LS-Schalter alle strombegrenzend sind (wie vorn beschrieben) und die Durchlaßenergie daher nur von I_k und t des Schutzschalters beeinflusst wird, können die LS-Schalter aufgrund der von ihnen durchgelassenen Energie in Selektivitätsklassen eingeteilt werden. Es gibt drei Selektivitätsklassen, wobei **Selektivität 3** die größte Selektivität (= kleinste Durchlaßenergie) bedeutet.

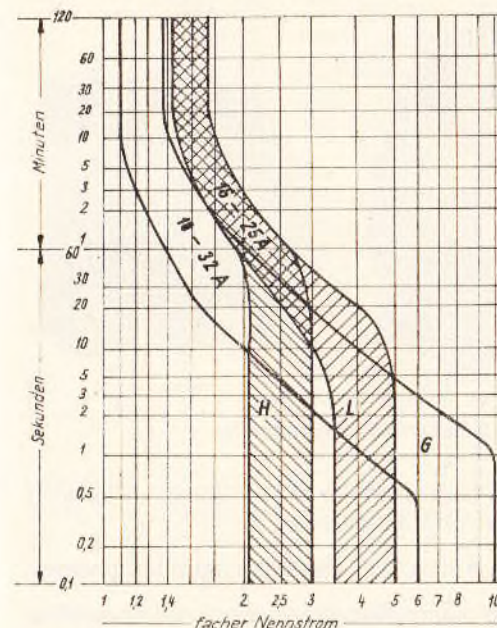
So darf z. B. ein LS-Schalter der Selektivitätsklasse 3 bei 16 A Nennstrom 35 000 A²s und bei 25 A Nennstrom 45 000 A²s durchlassen. Die Werte für Selektivitätsklasse 2 liegen doppelt so hoch. Der entsprechend höchstens zugelassene Wert für kunststoff-isolierte Leitungen mit 1,5 mm² Querschnitt beträgt 29 000 A²s. Das zeigt, daß selbst mit diesen Bestimmungen noch kein vollständiger Schutz der Leitung erreicht wird.

Wie auch in Abschnitt 2.3.1.2 erläutert, müssen LS-Schalter zum Schutz gegen Beschädigungen durch zu hohe Kurzschlußströme durch Schmelzsicherungen von höchstens 100 A oder gemäß Herstellerangaben geschützt werden, wenn ihr Schaltvermögen kleiner ist als der zu erwartende Kurzschlußstrom. Dieser Schutz wird auch mit „Back-up-Schutz“ bezeichnet.

In dieser Schaltanordnung ist der LS-Schalter mit 6000 A Schaltvermögen bei einer 100 A Vorsicherung bis ca. 35 kA Kurzschlußstrom geschützt, was in der Praxis immer ausreicht. In solchen Fällen schaltet bei sehr großen Kurzschlußströmen die Vorsicherung den Strom ab. Dies kann in Kauf genommen werden, da ca. 91 % aller Kurzschlüsse <1000 A sind und 97 % der Fälle weiter als 2 m nach dem LS-Schalter liegen und der Strom durch den Schleifenwiderstand begrenzt ist.

LS-Schalter gibt es mit einem Schaltvermögen von 1,5, 3, 6, 10 und 15 kA (vgl. Abb. 2.80). Kurzschlußstromwerte wurden in Abschn. 2.3.1.2 genannt. Empfohlen wird, Schutzschalter mit mindestens 6 kA Schaltvermögen der Selektivitätsklasse 3 einzubauen (vgl. Abschn. 2.6.5.1).

Es gibt verschiedene LS-Schalter-Typen, die sich in der Kennlinie unterscheiden (Abb. 2.79).



Gültig für H- und L-Typen von 16...25 A und G-Typen von 10...32 A mit Wechselstrom bei 20 °C

Abb. 2.79 – Auslöseebänder von LS-Schaltern

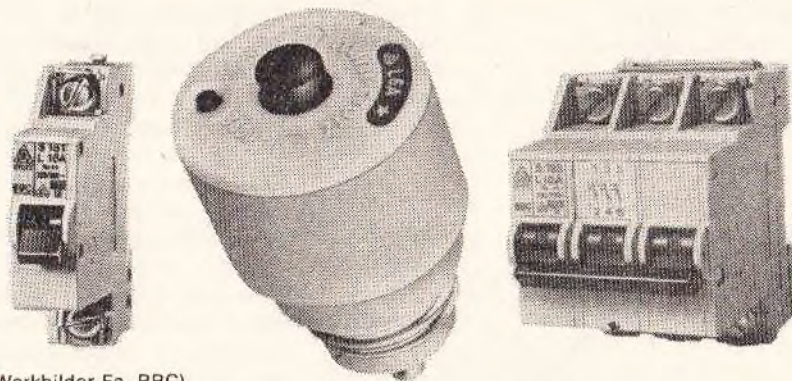
LS-Schalter Typ H: Bisher für den Einsatz in Hausinstallationen mit Nennstromwerten von 10 bis 25 A. Der k-Faktor beträgt 2,5, was seinen Einsatz in schwierigen Verhältnissen bei Nullung oder Schutzerdung auch künftig möglicherweise erfordert. Da eine genügend große Selektivität mit diesem Schutzschalter nicht erreicht werden kann, wurde die H-Charakteristik auch nicht in die neue VDE 0641 aufgenommen. Die Bestimmungen bezüglich der Absicherung von Steckdosenstromkreisen in Hausinstallationen wurden inzwischen erleichtert (vgl. Abschn. 2.3.1.5). Die Technischen Anschlußbedingungen (TAB)

schreiben inzwischen für Neuinstallationen Schutzschalter mit 6000 A Schaltvermögen und Selektivitätsklasse 3 vor (vgl. Abschn. 2.6.5.1). Daher wird heute der LS-Schalter Typ L verwendet, obwohl es LS-Schalter Typ H bis 15 000 A Schaltvermögen gibt.

LS-Schalter Typ L: Überlast- und Kurzschlußstromschutz von Kabeln und Leitungen, inzwischen auch für Hausinstallationsstromkreise. Nennstromwerte liegen zwischen 6 A und 35 A. Der k-Faktor beträgt 3,5. LS-Schalter Typ L sind in der Selektivitätsklasse 3 und mit Schaltvermögen von 6, 10 und 15 kA erhältlich.

LS-Schalter Typ G: Für den Geräteschutz. Der k-Faktor beträgt 9, was bei der Einhaltung der ersten Nullungsbedingung zu beachten ist. LS-Schalter Typ G sind nicht nach VDE-, sondern nach internationalen Bestimmungen gebaut. Sie haben vor allem im Überstromschutzbereich kleine Prüfströme, die nur $1,05 \times I_{Nenn}$ betragen und sind daher für den Schutz von Geräten geeignet und mit Nennstromwerten von 0,5 A bis zu 63 A erhältlich.

Der **LS-Schalter Typ K** hat eine Kennlinie entsprechend dem Motorschutzschalter.



(Werkbilder Fa. BBC)

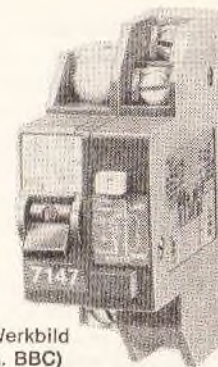
Abb. 2.80 – LS-Schalter ein- und dreipolig

LS-Schalter Typ Z haben eine, besonders im Kurzschlußschutzbereich, schnelle Auslösung zum Schutz von Halbleitern.

Die Typen K und Z sind nicht in den VDE-Bestimmungen vorgesehen.

LS-Schalter gibt es als ein- und mehrpolige Schalter mit und ohne Hilfskontakte, bei denen die Auslösung in einem Strompfad die Abschaltung aller Strompfade zur Folge hat. LS-Schalter sind auch als Einschraub-LS-Schalter für Sicherungsunterteile erhältlich, um in älteren Installationen auf LS-Schalter umstellen zu können. LS-Schalter gibt es für Wechselstrom, für Gleichstrom und für Gleich- und Wechselstrom. Ihre Nennspannung beträgt 380 V. Es gibt normal hohe und niedrig gebaute Typen für den Einsatz in entsprechenden Verteilungen. Die Baubreite einpoliger LS-Schalter beträgt 18 mm (1 Teilungseinheit); mehrpolige LS-Schalter benötigen ein entsprechendes Vielfaches davon.

LS-Schalter sind für Umgebungstemperaturen von 20 bis 25 °C ausgelegt. Wenn in Verteilern, z. B. wegen der **Verlustwärme**, eine höhere Temperatur erreicht wird, hat dies eine Reduzierung der Belastbarkeit zur Folge. Bei Anreihung vieler gleichzeitig voll ausgelasteter Schutzschalter sollte die Reduzierung 15% bei einer Reihe und 25% bei drei Reihen in einem Verteiler betragen. **Lichtstromkreise** müssen wegen der möglichen Einschaltströme besonders bemessen werden. Bei Belastung nur mit gemeinsam geschalteten Glühlampen oder mit parallelkompensierten NL-Lampengruppen können die Schutzschalter daher nur bis zum 0,6fachen Wert des Nennstroms belastet werden. Nicht parallelkompensierte NL-Lampen können unberücksichtigt bleiben.



(Werkbild
Fa. BBC)

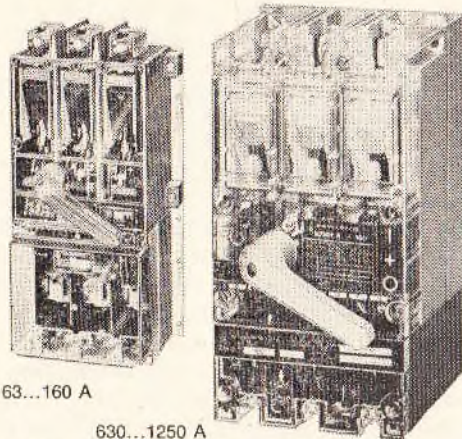
Abb. 2.81 – Personenschutzschalter

Der **Personenschutzschalter** (vgl. Abb. 2.81) ist eine konstruktive Kombination aus einem LS-Schutzschalter und einer Differenzstromeinrichtung zur Überwachung des Fehlerstroms ähnlich der FI-Schutzschaltung.

Der Personenschutzschalter löst daher außer bei **Überlast** und **Kurzschluß** auch bei **Fehlerströmen** von nur ca. 6 bis 10 mA in genullten oder schutzgerechten Anlagen aus. Damit ein vollständiger Personenschutz erreicht wird, ist in den Personenschutzschalter eine Einrichtung zur Überwachung des Mittelleiters auf Erdschlüsse eingebaut. Im Falle eines **Mittelleitererdschlusses** ist eine Abschaltung durch die Fehlerstromüberwachung nicht sichergestellt, da der Fehlerstrom je nach den örtlichen Verhältnissen evtl. über den Erdschluß und damit den Mittelleiter zurückfließt. Bei Erdschlüssen des Mittelleiters wird daher der Schalter ebenfalls ausgelöst. Man spricht deshalb bei dieser Schaltungskombination auch vom „Schutz bei direktem Berühren“.

Da der Personenschutzschalter kein FI-Schalter ist, wird der Mittelleiter nicht abgeschaltet. Trotzdem muß wegen der Differenzstrommessung der Mittelleiter über den Schutzschalter geführt und darf nach dem Schutzschalter nicht wieder mit dem Schutzleiter vereinigt werden (moderne Nullung). Für die Funktionsprüfung steht eine Prüftaste zur Verfügung. Er ist mit einem Kurzschlußschaltvermögen von 6 kA und Selektivitätsklasse 3 einpolig für Nennströme von 6 bis 25 A erhältlich. Die Baubreite entspricht mit 36 mm zwei Teilungseinheiten (vgl. Abb. 2.81). Nach Herstellerangaben muß er mit Versicherungen geschützt werden.

Er ist besonders in Hausinstallationen über den Schutz durch Nullung oder Schutzerdung zum **Schutz von Personen** geeignet. Eine Installation des Schalters für Räume mit erhöhter Gefährdung von Personen, wie Baderäume, Küchen, Hausarbeitsräume, Kinderzimmer usw., ist daher empfehlenswert.



63...160 A

630...1250 A

(Werkbilder Fa. Klöckner-Moeller)

Abb. 2.82 – Leistungsselbstschalter

Leistungsselbstschalter können auch **kurzverzögert** geliefert werden, so daß auch bei großen Strömen gute Selektivität erreicht wird (vgl. Abb. 2.82).

Leistungsselbstschalter gibt es in offenbar und geschlossener Ausführung mit Nennspannungen von 220 V~ bis 660 V~ und 220 V— bis 440 V—.

Zusatz-ausrüstungen wie Unterspannungsauslöser, Hilfskontakte usw. sind vielfältig möglich. Die bei Schutzschaltern genannten Vorzüge gegenüber Sicherungen treffen auch im Bereich hoher Stromwerte uneingeschränkt zu.

2.4 Einbaugeräte

2.4.1 Motor-Schutzschalter

Motor-Schutz kann auf vielfältige Weise durchgeführt werden. Mit dem **Motorschutzschalter** kann man Motoren betriebsmäßig allpolig aus- und einschalten und den Motor gegen Überlastung schützen. Dadurch soll die Zerstörung des Motors infolge Nichtanlaufens, Überlastung während des Laufens und durch Auswirkungen von Kurzschlüssen verhindert werden. Da der Motorschutzschalter mindestens zusammen mit der vorgeschalteten Sicherung auch den Kurzschlußschutz des Motors übernimmt, ist er als Schaltgerät besonders geeignet. Die Auslösezeiten des Motorschutzschalters sind entsprechend festgelegt (vgl. Abb. 2.83).

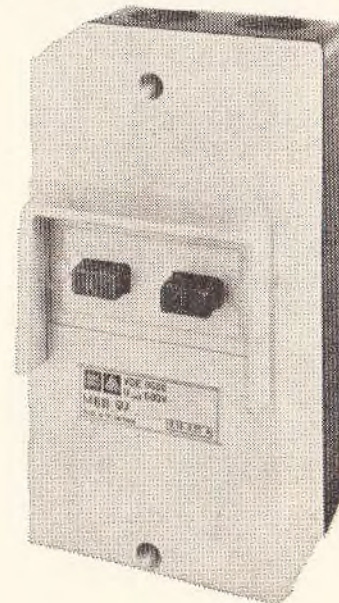
Die **Leistungsselbstschalter** sind ähnlich konstruiert wie Motorschutzschalter. Sie haben jedoch einen wesentlich höheren **Nennstrombereich** (von 63 bis 4000 A) und ein erheblich höheres **Schaltvermögen** von 30 bis 80 kA. Sie haben zum Überstromschutz einstellbare thermische Auslöser, die beim 1,2fachen Wert des eingestellten Stromes ansprechen (übliche Sicherung 1,6facher Wert). Auch der magnetische Kurzschlußstromauslöser ist in weiten Bereichen einstellbar (oberhalb von ca. 2 bis $3 \times I_{\text{Nenn}}$). Leistungs-

Der Überlastschutz wird durch Bimetallauslöser gesichert, mit denen die Temperaturverhältnisse im Motor „nachgebildet“ werden. Der Kurzschlußschutz wird mit magnetischen Schnellauslösern hergestellt, die beim ca. 11fachen Wert des Schalterennstroms ansprechen. Motorschutzschalter sind bis zu bestimmten Nennstromwerten **eigenfest**, d. h., sie begrenzen den Kurzschlußstrom so, daß er das Schaltvermögen nicht übersteigt. Bei höheren Nennstromwerten sind die Schalter nicht mehr eigenfest und müssen mit vorgeschalteten trägflinken Sicherungen geschützt werden, deren Größen auf den Schaltern selbst und in den Herstellerkatalogen angegeben sind (vgl. Abb. 2.83). Motorschutzschalter gibt es von 0,1 bis 16 A Nennstrom.

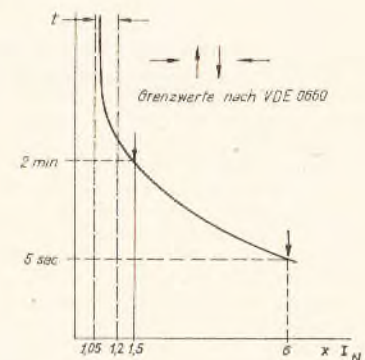
Anspruchstrom als Vielfaches des Einstellstromes	Verzögerungszeit	Betriebszustand
1,05	$> 2h$	kalt
1,20	$< 2h$	warm
1,50	$< 2 \text{ min}$	warm
6,00	$> 2s^1)$	kalt
	$> 5s^2)$	kalt

¹⁾ Trägheitsgrad TI bei Motoren mit leichten Anlaufbedingungen

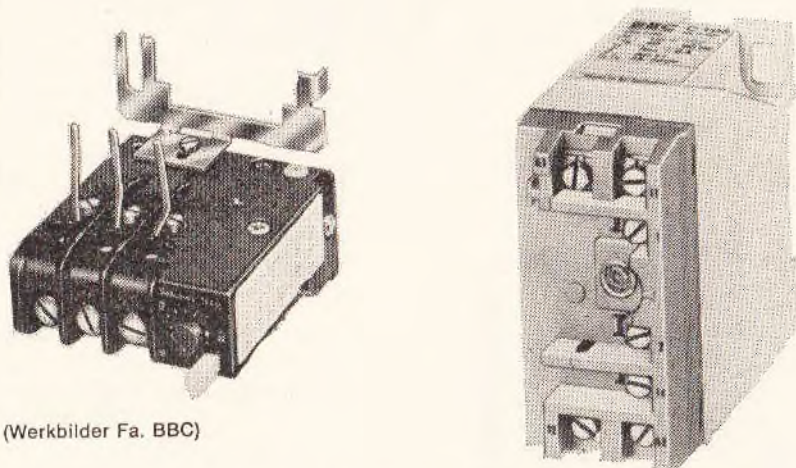
²⁾ Trägheitsgrad TII bei Motoren mit schweren Anlaufbedingungen



(Werkbild Fa. BBC)

Abb. 2.83 – Motorschutzschalter

Motorschutzrelais haben nur eine thermische Auslösung, deren Erwärmung von dem durch den Motor fließenden Strom abhängig ist (Abb. 2.84). Die Auslösezeiten im Überlastbereich entsprechen denen des Motorschutzschalters. Motorschutzrelais werden üblicherweise zusammen mit Schützen eingesetzt, welche die Schaltaufgabe übernehmen. Der Kurzschlußschutz wird in solchen Fällen durch Schmelzsicherungen erreicht. Bei Kurzschluß tritt hier jedoch Einphasenlauf ein, der nur bei vollbelastetem Motor durch das Motorschutzrelais abgeschaltet wird. Zur Überwachung des Phasenausfalls sind als Zubehör **Phasenausfall-schutzeinrichtungen** erhältlich.



(Werkbilder Fa. BBC)

Abb. 2.84 — Motorschutzrelais (thermischer Überstromrelais) für Schützenbau und Steuergerät für Temperaturfühler

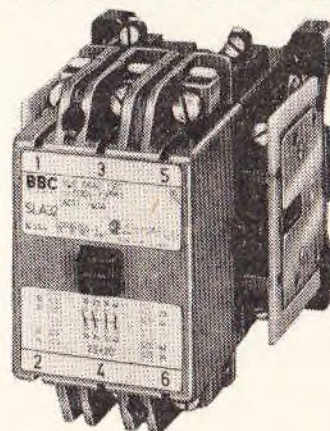
Neben den beiden vorerwähnten Schutzmöglichkeiten sind außerdem Schutzgeräte im Handel, die mit **Temperaturfühlern** in den Wickelköpfen an der Abluftseite des Motors arbeiten. Diese Temperaturfühler müssen vom Maschinenhersteller bereits mit eingebaut werden. Auslösegeräte übernehmen dann in Abhängigkeit von der Motortemperatur die Auswertung und über Schütze die Abschaltung des Motors. Da diese Geräte meist erheblich teurer sind, werden sie erst bei Motoren mit größeren Leistungen (über 7 kW) eingesetzt (vgl. Abb. 2.84).

Die **Prüfung der Motorschutzeinrichtung** geschieht am besten beim Einphasenlauf des vollbelasteten Motors (Auslösung in Sekunden) oder durch Abbremsung des angeschlossenen Motors (Auslösung in Minuten). Ungeeignet als Prüfmethode ist der Einphasenlauf des hochgelaufenen Motors, da der Motor in diesem Zustand wenig Strom aufnimmt.

2.4.2 Schütze

Drehstromschütze dienen meist der Steuerung von Motoren, die häufig nur bei kleiner Leistung von Hand geschaltet werden. Für die automatische Steuerung sind Schütze unentbehrlich. Es gibt Schütze für Gleich- und für Wechselstrom mit einer Betätigung durch Gleich- oder durch Wechselstrom.

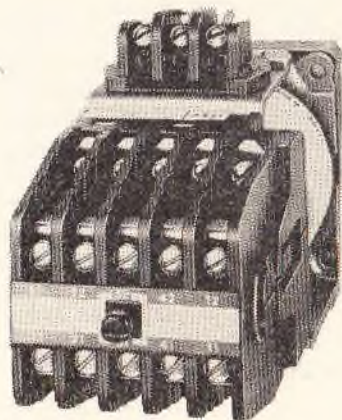
Schütze sind für 220 V, 380 V, 500 V und 1000 V mit Schaltströmen bis mehrere 1000 A gängig (vgl. Abb. 2.85). Für Wechsel- und Drehstromschütze 220/380 V wird üblicherweise



(Werkbild Fa. BBC)

Abb. 2.85 — Drehstromschütz

neben der schaltbaren Nennleistung des Motors die je nach Gebrauchskategorie und Belastung unterschiedliche Schaltspielzahl angegeben. Bei den Gebrauchskategorien wird in feiner Abstufung zwischen leichten Schaltbedingungen (z. B. nicht motorische Verbraucher) über normale Schaltbedingungen (Anlassen von Schleifringläufer- und Käfigläufermotoren ohne beabsichtigtes Tippen) und schwere Schaltbedingungen (mit betriebsmäßigem Tippen) bis zu extremen Schaltbedingungen (mit Tippen, Gegenstrombremsen und Reversieren) unterschieden. Der Motoreinsatz und damit die Schalthäufigkeit des Schützes spielen bei der Auswahl des Schützes ebenso eine Rolle wie die Steuerspannung und die Spannungssicherheit der Betätigungsspule beim Schalten in schwachen Netzen. Schütze werden meist durch Anbauten mit Hilfskontakten oder Motorschutzrelais usw. universell einsetzbar gebaut.



(Werkbild Fa. BBC)

Abb. 2.86 — Hilfsschütz

(Werkbild Fa. BBC)

Abb. 2.87 — Heizungs- und Installationsschütz

Im Spulenstromkreis der Schütze liegen **Hilfsschütze** oder Befehlsgeräte (vgl. Abb. 2.86). Hilfsschütze bilden wegen der geringeren Schaltleistung und der häufig hohen Kontaktzahl eine besondere Gruppe von Schützen.

Für die **Heizungs- und Installations-technik** ist eine weitere Gruppe von Schützen vorhanden (vgl. Abb. 2.87). Diese Schütze sind meist für 220 V Steuerspannung und den Einbau in Verteilungen geeignet.

Bei der **Installation von Schützen** sind die Bestimmungen für Hilfsstromkreise zu beachten. Bei Netzen mit Sternpunktleitern (Mittel- oder Nulleiter) muß die **Spule stets fest** mit dem Sternpunkt verbunden sein, der Taster oder Kontakt demnach an den Außenleiter angeschlossen werden. Dadurch soll bei Erdschlüssen der Schalter eine ungewollte Schützbetätigung vermieden werden (Dies gilt auch für **Stromstoßschalter**). In genullten oder Schutzgeerdeten Netzen soll die Spule **nicht zwischen zwei Außenleiter** geschaltet werden, da nach Erdschlüssen und dem Abschmelzen der Sicherung ein Abschalten des Schützes nicht gewährleistet ist. Sind mehr als 5 Betätigungsspulen im Steuerstromkreis, so wird nach VDE die Versorgung der Steuerstromkreise über Steuertransformatoren empfohlen. Die Hilfsstromkreise müssen dann jedoch einseitig geerdet oder mit einer Isolationsüberwachung gesichert sein, damit ein unbeabsichtigtes Anlaufen durch Erdschlüsse vermieden wird. Bei Hauptstromsicherungen bis 25 A und Steuerleitungsquerschnitt von 1,5 mm² sind **Steuerstromsicherungen** zum Schutz der Steuerleitung nicht erforderlich. Liegt im Steuerkreis aber der Hilfsschalter eines **Motorschutzes**, dann darf die Hauptstromsicherung höchstens 10 A sein.

2.4.3 Überstrom- und Zeitrelais, Schaltuhren

Überstromrelais dienen der Überwachung auf zu große Betriebsströme. Sie sind auf den jeweils für das Gerät erforderlichen Wert einstellbar. Im wesentlichen entsprechen sie den Motorschutzrelais (vgl. Abb. 2.84). **Zeitrelais** dienen in Steuerstromkreisen vielfältigen Aufgaben. Es gibt Zeitrelais in elektronischer und elektromotorischer Ausführung. Der Zeitbereich der verschiedenen **ansprechverzögerten Typen** reicht von 0,05 Sekunden bis zu 30 Stunden, wobei je nach Relais der einstellbare Zeitbereich ca. 1:10 bis ca. 1:1000 beträgt.

Abfallverzögerte Relais sind von 0,05 bis 60 Sekunden üblich. Weiter sind **Umschaltrelais** als Stern-Dreieck-Zeitrelais mit einstellbarer Verzögerung handelsüblich. Für Umsetzaufgaben sind **Wischerrelais** erhältlich, die als Einschaltwischer oder Ausschaltwischer aus einer Zustandsänderung (Ein oder Aus) einen Schaltimpuls von ca. 0,5 Sekunden Dauer erzeugen. Für besondere Zwecke sind auch **Blinkrelais** mit Kontakt oder vollelektronisch lieferbar, die im Sekundenbereich einstellbar sind und ein Impuls-Pausenverhältnis von ca. 1:1 haben. Die Zeitrelais werden in Bauformen der Hilfsschütze angeboten, so daß ein übersichtlicher Aufbau der Steuerungen möglich ist.

Für Steuerungen entsprechend dem Tages- oder Wochenablauf werden **Schaltuhren** verwendet. Da solche Uhren auch in der Hausinstallations-technik benötigt werden, gibt es sie auch als Kleinschaltuhren für den Einbau in Verteilern. Schaltuhren sind mit oder ohne Gangreserve erhältlich. Mit Gangreserve kann der Netzausfall meist bis zu 12 Stunden überbrückt werden. Die Ganggenauigkeit der Schaltuhren, die früher nur mit Synchronuhren erreicht wurde, ist heute auch mit quartz gesteuerten Uhren möglich. Entsprechend der Schaltaufgabe sind zur Steuerung eine bis drei Tages- oder Wochenscheiben meist mit je einem Umschaltkontakt an der Uhr angebaut. Die Scheiben haben meist mehrere Schaltstücke zur Betätigung der Umschaltkontakte, wodurch ein mehrfaches tägliches oder wöchentliches Schalten möglich wird.

2.4.4 Schalter

Zu den „Schaltgeräten“ gehören nach VDE 0100 Schalter, Steckvorrichtungen und Überstromschutzorgane.

Schalter werden in **zwei große Gruppen**, entsprechend den für sie geltenden VDE-Vorschriften, eingeteilt.

Schalter mit Nennspannungen von 250 V bis 750 V und Nennströmen von 1 A bis 63 A werden nach den Vorschriften der VDE 0632 gebaut. Hierzu gehören auch die Installationsschalter und Einbauschalter für Verteilungen.

Schalter mit Nennspannungen bis 1000 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung bzw. 10 000 V Wechselspannung für Steuerschalter unterliegen der VDE 0660.

Schalter nach VDE 0660 werden u. a. nach dem **Schaltvermögen** unterschieden. Dazu teilt man sie in Leerschalter, Lastschalter, Motorschalter und Leistungsschalter ein. **Leerschalter** sind Schalter zum annähernd stromlosen Ein- und Ausschalten bzw. zum Schalten bei geringer Spannung im Schaltmoment. **Trennschalter** sind Schalter, die einen Stromkreis in allen Strompfaden auftrennen und eine zuverlässige **Schaltzustandsanzeige** haben. Im allgemeinen sind sie Leerschalter. **Lastschalter** sind Schalter zum Ein- und Ausschalten von Betriebsmitteln (nicht Motoren) und Anlagenteilen im ungestörten Betriebszustand. Sie haben ein Schaltvermögen vorwiegend in der Größenordnung des **Nennstromes**. Das Schaltvermögen wird vom Hersteller angegeben. **Motorschalter** sind Schalter zum Schalten von Motoren mit einem Schaltvermögen, das den **Anlaufströmen** von Motoren entspricht.

Leistungsschalter sind Schalter mit einem Schaltvermögen, daß für Ein- und Ausschaltvorgänge im gestörten und ungestörten Betriebszustand und insbesondere auch für **Kurzschlußbedingungen** ausreichend ist (vgl. Abschn. 2.3.2.2).

Leerschalter sind üblich als Hebel- und Hebelumschalter, als Trennschalter mit Dauerströmen bis 4000 A und als Sicherungstrenner mit Dauerströmen, entsprechend der Größe des Sicherungsunterteils (vgl. Abschn. 2.3.2.1).

Lastschalter gibt es mit Nennbetriebsströmen bis einigen 1000 A und als Sicherungslastschalter und Sicherungslasttrenner bis 630 A. Für kleine bis mittlere Schaltleistungen gibt es außerdem Nockenschalter, die als Last- oder Motorschalter verwendet werden können. Motorschalter werden vor allem für die unterschiedlichen Gebrauchskategorien entsprechend der Motorbetriebsart bemessen. Da das Ein- und Ausschalten bei großen Leistungen mit Schützen üblich ist, werden Motorschalter kleinerer Leistung nur als Motorschutzschalter oder als Lastschalter, die aufgrund ihres Schaltvermögens auch als Motorschalter geeignet sind, angeboten. Dies trifft z. B. für den oben erwähnten Nockenschalter zu.

Leistungsschalter werden als Schutzschalter (Leistungsselbstschalter) gebaut (vgl. Abb. 2.82).

Installationsschalter sind als Ausschalter (ein- bis dreipolig), Gruppenschalter, Serienschalter, Wechselschalter, Kreuzschalter und Tastschalter gebräuchlich. Es gibt Installationsschalter mit Beleuchtung oder mit Kontrollleuchte. Die wichtigsten Schaltungen mit Installationsschaltern sind in Abschnitt 2.2.7 beschrieben.

Die Installationsschalter haben Schraubenklemmen oder schraubenlose Klemmen, die als Anschluß- oder als Verbindungsklemmen ausgeführt sind. Klemmen von VDE-geprüften Schaltern müssen das Anschließen von Leitern ohne besonderes Zurichten des Leiters erlauben. Die Abdeckungen der Schalter werden meist nur aufgesteckt, seltener festgeschraubt.

Installationsschalter haben meist nur einen Nennstrom von 10 A. Werden größere Schaltleistungen benötigt oder sind Schalter in größeren Gruppen zusammenzufassen (z. B. Gastwirtschaften, Hallen, Freigeländebeleuchtung), sind **Einbauschalter** für den Einbau in Verteilungen zu verwenden. Diese Schalter gibt es ebenfalls ein- und mehrpolig mit Nennströmen bis zu 63 A. In ihrer Bauform sind sie den LS-Schaltern angepaßt (Raster 18 mm Breite, Normal- und Niedrig-Einbautiefe). Kontrollleuchten gleicher Bauform sind ebenfalls erhältlich (vgl. Abb. 2.88).



(Werkbilder Fa. BBC)

Abb. 2.88 — Einbaugeräte in Verteilungen

Zu den Schaltern gehören auch die **Stromstoß-Fernschalter**, deren Betätigungsspule über Taster gesteuert wird und mit deren Kontakt bis zu 16 A Nennstrom für Leuchten geschaltet werden können. Stromstoß-Schalter für den Einbau in Verbindungsdosen und in Verteilungen gibt es meist im LS-Schalterformat. Bezüglich des Anschlusses dieser Schalter verweisen wir auf den Abschnitt 2.4.2.

Daneben werden in Verteilungen auch Schalter für spezielle Zwecke eingebaut, z. B. **Heizungsfernschalter** (meist als Heizungs- und Installationsschutz üblich), **Treppenlicht-Zeitschalter** (für Drei- und Vierleiterschaltungen, einstellbare Laufzeit und auf Dauerlicht umschaltbar) und **Vorrangschalter** (zur Netzabtrennung von Geräten wie Heizungen beim Einschalten der momentan wichtigeren Verbrauchern wie Durchlauferhitzern).

Bei der **Installation aller Schalter** sind folgende Bestimmungen zu beachten:

- Schaltgeräte müssen so befestigt sein, daß betriebsmäßige Erschütterungen nicht zum unbeabsichtigten Schalten führen. Damit die Verbrauchsmittel auch bei Verwendung von einpoligen Schaltern **spannungsfrei** geschaltet werden können, müssen in festverlegten Leitungen die Schalter **immer** im nichtgeerdeten Leiter liegen. Diese Bestimmung gilt auch für die Taster für Betätigungsspulen von Zeitschaltern oder Stromstoßschaltern. Sparschaltungen durch getastete Mittelleiter sind also **unzulässig**. Unzulässig sind auch **Sparwechselschaltungen**, da für die Wechselschaltung weder der Mittelleiter noch ein zweiter Außenleiter verwendet werden darf. Damit soll die Kurzschlußgefahr innerhalb des Schalters unterbunden werden. Außerdem ist bei der Sparwechselschaltung das Spannungsfreischnitten des Verbrauchers nicht möglich, da, je nach Schalterstellung, auch im ausgeschalteten Zustand Spannung anliegt. Bei Einbau von Installationsschaltern in U.-P.-Dosen ist darauf zu achten, daß die Betriebsisolation der Leiter nicht durch die Befestigungsmittel des Schalters beschädigt wird.

Die **Arten der Steckvorrichtungen** werden in Abschnitt 4.3.3 behandelt.

Bei der **Installation von Steckvorrichtungen** ist zu beachten: Steckdosen und Stecker müssen im Leitungszug so angebracht sein, daß die freien **Steckerstifte** nicht unter Spannung stehen (Stifte zeigen stets zum Netz). **Drehstromsteckvorrichtungen** müssen im Rechtsdrehfeld angeschlossen werden, wenn man auf die Buchsen der Steckdose blickt. An Steckern darf nur **eine** Leitung angeschlossen werden, ausgenommen Spezialstecker. Auch bei der Montage der Steckdoseneinsätze ist darauf zu achten, daß mit den Befestigungsmitteln die Adernisolation nicht beschädigt wird.

Die bis zum 31. 12. 1974 erlaubten **Kragensteckvorrichtungen** nach VDE 0620 (ovale Form) dürfen, wo sie installiert sind, noch bis zum 31. 12. 1980 weiterverwendet werden. Bei der Auswechslung braucht bis zu 32 A die vieradrige Leitung nicht gegen eine fünfadrige ausgewechselt werden. Bei **Drehstromanschlußstellen** für Verbrauchsmittel, die an verschiedenen Orten eingesetzt werden, sind bis 32 A 5polige CEE-Kragensteckvorrichtungen*) und Verlängerungsleitungen zu verwenden (über 32 A werden im allgemeinen nur symmetrische Verbrauchsmittel über Steckvorrichtungen angeschlossen, weshalb eine Festlegung hierfür nicht getroffen wurde).

*) CEE = Comité electric europeen = Int. Kommission für Regeln zur Begutachtung elektrotechnischer Erzeugnisse

2.5 Verteilungen

Verteilungen gibt es entsprechend der Größe des zu verteilenden Stromes und des Einsatzortes in verschiedenen Ausführungen. Für große Nennströme werden im allgemeinen Verteilungen in Gerüstbauform, Tafelbauform, Schrankbauform, Einschubbauweise und Kastenbauform verwendet. Die Kastenbauform ist auch für mittlere Nennströme üblich. Die **Auswahl** der Verteilung richtet sich im wesentlichen nach dem **Nennstrom** der Sammelschiene. Darüber hinaus ist aber auch die **Schutzart** gegen Berühren und Eindringen von Fremdkörpern und Wasser und in diesem Zusammenhang auch der **Aufstellungsort** (z. B. elektrische Betriebsstätte) ein wesentliches Auswahlkriterium.

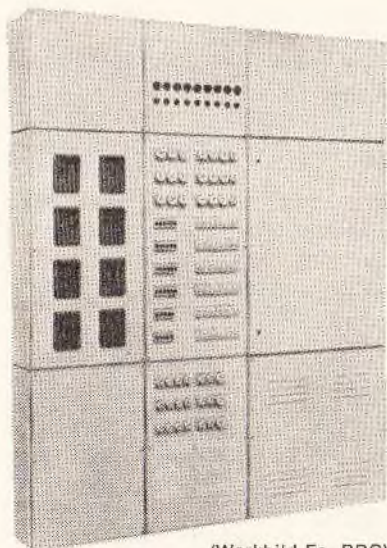
In Räumen, die jedermann zugänglich sind, muß mindestens die Schutzart IP 20 als Schutz gegen zufälliges Berühren gegeben sein. Außerdem ist auch die Schutzklasse (Maßnahme mit Schutzleiteranschluß oder Schutzisolation) zu beachten. Unter Umständen kann auch **Kapselung** durch Isolierstoff oder Metall erforderlich sein. **Verteilungssysteme** sind nach dem Bausteinprinzip aufgebaut. Sie entsprechen der Kastenbauform mit unterschiedlichen lagermäßigen Größen, deren Maße in Länge und Breite so aufeinander abgestimmt sind, daß sich benachbarte Größen problemlos anbauen lassen. Für jedes System gibt es ein Sortiment von Stromschienen, Befestigungsmitteln und Abdeckungen, die meist eine universelle Einsetzbarkeit ermöglichen.

2.5.1 Stahlblechverteilungen

Stahlblechverteilungen in Bausteinform gibt es bis zum Sammelschienen-Nennstrom von 1000 A. Sie sind für Verteilungen, Steuerungsschränke und auch als Verteilungen in großen Zählerräumen usw. einsetzbar (vgl. Abb. 2.89).

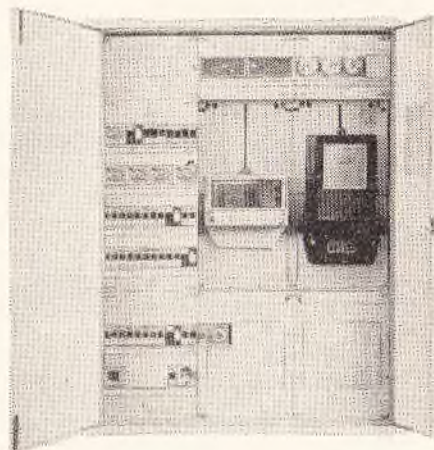
Beim Einsatz solcher Verteiler sind die Projektierungsunterlagen der Hersteller genau zu beachten, da meist **verschiedene Rastermaße** verwendet werden. Dies gilt auch für die Universalverteiler der einzelnen Hersteller. Stahlblechschränke werden üblicherweise für U.-P.-Montage hergestellt, lassen sich aber durch Rahmen in A.-P.-Schränke umbauen (oder umgekehrt). Sie werden mit Blendrahmen für 14 cm Nischentiefe und mit Einputzrahmen auch für größere Tiefen angeboten. Die Einbauteile sind hauptsächlich aus Kunststoff, um die Schutzmaßnahme Schutzisolation sicherzustellen. In allen Programmen gibt es Verteiler-einsätze und Zählertragplatten und ggf. weitere spezielle Einbauteile (vgl. Abb. 2.90).

Stahlblech-Zählerschränke sind in diesen Programmen ebenfalls enthalten.



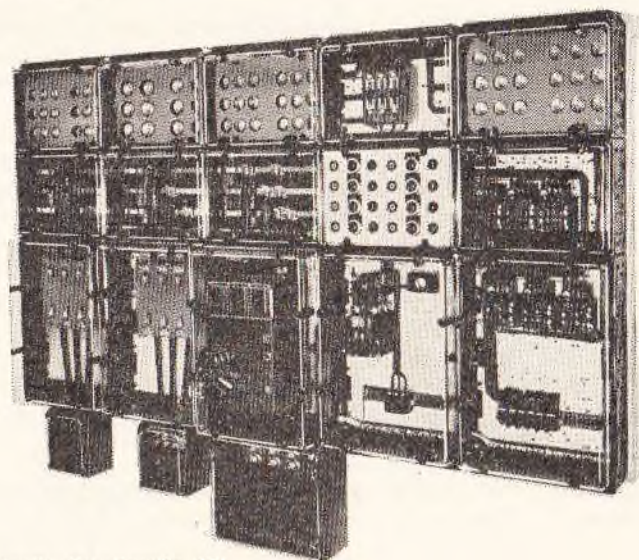
(Werkbild Fa. BBC)

Abb. 2.89 — Stahlblechverteilung in Bausteinform



(Werkbild Fa. BBC)

Abb. 2.90 — Stahlblech-Zählerverteilschrank



(Werkbild Fa. H. Moeller Schaltgeräte KG)

Abb. 2.91 — Isolierstoff-Verteilungen

2.5.2 Isolierstoff-Verteilungen

Isolierstoff-Verteilungen sind gekapselte Verteilungen bis zum Sammelschiennennennstrom von 630 A. Das Gehäusematerial ist flammwidrig. Sie sind durch die **hohe Schutzart IP 65** in fast allen Fällen einsetzbar und können daher nahezu immer im Belastungsschwerpunkt eingesetzt werden. Durch die Kapselung gegen Staub und Feuchtigkeit sind die Isolierstoffverteiler auch für **rauhe Betriebsverhältnisse** oder Fertigungsstätten mit **aggressiver Atmosphäre** einsetzbar. Sie werden als Industrieverteiler und als Installationsverteiler in Kaufhäusern und Bürogebäuden eingesetzt. Eine Aufstellung im Freien ist ebenfalls möglich. Durch das Bausteinsystem sind sie leicht erweiterbar. Auch hier ist zu beachten, daß die verschiedenen Hersteller **nur ungefähr gleiche Maße** als Raster verwenden und ein Zusammenbau verschiedener Fabrikate nicht ohne weiteres möglich, wenn nicht gar ausgeschlossen ist. Die **Abdeckungen** sind häufig durchsichtig und werden mit 4 oder mehr Schrauben befestigt. Zwischen Gehäuse und Unterteil ist eine Dichtung eingelegt. Ebenso werden benachbarte Gehäuse mittels eingelegter Dichtung verbunden. Die Isolierstoff-Kästen gibt es auch in plombierbarer Ausführung. Für häufiges Öffnen gibt es auch Knebel für die Schrauben. Die **Gehäuseformate** reichen von ca. 180 x 250 mm bis zu ca. 360 x 500 mm mit meist drei verschiedenen Breiten, drei Längen und drei Tiefen, wodurch quadratische und rechteckige Gehäuseformen möglich sind (vgl. Abb. 2.91).

Isolierstoffverteilungen werden auch bereits mit Einbaugeräten (LS-Schaltern oder Sicherungen usw.) angeboten. Auch für Zähler sind spezielle Gehäuse im Handel.

2.5.3 Kunststoff-Kleinverteilungen

Kleinverteilungen gibt es in Stahlblech- und Kunststoffausführungen. **Stahlblech-Kleinverteilungen** sind Sonderformen der Stahlblech-Universalverteilungen. Die Formate sind ähnlich den Kunststoff-Kleinverteilungen.

Kunststoff-Kleinverteilungen gibt es in verschiedenen Größen. Hauptsächlich werden jedoch Verteilungen mit 1 bis 4 Reihen zu je 12 Teilungseinheiten (18 mm Breite), also bestückbar mit z. B. 12 LS-Schaltern oder 8 DO-Sicherungen je Reihe verwendet. Die Verteiler sind in A.-P.- und in U.-P.-Ausführungen jeweils mit Türen erhältlich. Für die zunehmend angebotenen Einbaugeräte in **Niedrigbauweise** mit nur 53 mm Einbautiefe (anstelle von 87 bis 93 mm) werden auch Verteilungen mit geringer Einbautiefe von nur 65 mm Nischentiefe (anstelle von 110 mm) geliefert. Daher werden A.-P.-Verteilungen zunehmend auch dort ver-

drängt, wo dies bisher wegen der zu geringen Wandstärke nicht möglich war. In den Verteilungen sind **Montageschienen** zur Aufsnappbefestigung der Geräte ebenso enthalten wie N(Mp)- und PE(SL)-Schienen. Schutzschalter können mit speziellen Cu-Anschlußschienen verdrahtet werden.

Die Mittelleiterklemmen müssen **isoliert** angeordnet sein. Die N- und PE-Leiter müssen **einzeln** lösbar sein. Eine Aufteilung auf mehrere Klemmkörper ist für Mittelleiter- oder Schutzleiter-Schienen nur zulässig, wenn die räumliche Anordnung keine andere Ausführung zuläßt. **Die Anschlüsse für Mittelleiter und Schutzleiter sind vom Errichter so anzuordnen oder zu kennzeichnen, daß ihre Zugehörigkeit zu den einzelnen Stromkreisen erkennbar ist.** Für kleine Verteilungen mit wenigen Stromkreisen kann sicher die eingeprägte Numerierung auf der Kunststoffhalterung der N- oder PE-Schiene hierfür benutzt werden.

Bei größeren Verteilungen ist dies häufig aus verschiedenen Gründen **nicht** möglich (auf dem Kopf stehende und lesbare Zahlenreihen laufen gegeneinander, Zählung beginnt nicht bei 1, Zählung läuft zwar durch, ist jedoch wegen Befestigungsschrauben nicht an allen Stellen für Anschlüsse frei usw.). In nicht ganz eindeutigen Fällen wird dem Errichter **dringend** geraten, die geforderte Kennzeichnung der N- und PE-Leiter am Leiter selbst und am Sicherungsorgan vorzunehmen. Letztere sollte mit der Einbauplatznumerierung übereinstimmen, damit auch die Kennzeichnung im Kleinverteiler ordnungsgemäß und übersichtlich durchgeführt werden kann.

Da die Kleinverteiler aus Kunststoff sind, brauchen sie nicht in eine Schutzleiter-Schutzmaßnahme einbezogen werden.

Bei Auf-Putz-Verteilern sind nicht benutzte **Einführungsöffnungen** zu verschließen. Der Verschluß darf nur mit Werkzeug entfernbar sein. Bei der Installation in Kleinverteilern können sich Sicherungen oder LS-Schalter durch die Verlustwärme erwärmen. Die Mindestgrößen von Wohnungsverteilern sind aus Tabelle 5.1 ersichtlich.

2.5.4 Gußverteilungen

Gußverteilungen werden im allgemeinen in Kastenform aus Grauguß gefertigt und haben wie die Isolierstoff-Verteilungen die Schutzart IP 65 (staubdicht und strahlwassergeschützt). Sie können in Gewerbe- und Industriebetrieben, in der Landwirtschaft und in Kraftwerken bei Sammel-schienen-Nennströmen bis zu 630 A eingesetzt werden. Aufgrund der hohen **mechanischen Festigkeit** der einzelnen Gußkästen sind sie bei hohen mechanischen Beanspruchungen eingesetzt. Die Aufteilung

in Standard-Bausteinkästen ist ähnlich wie bei Stahlblechverteilungen. Eine leichte Erweiterungsmöglichkeit ist auch hier gegeben. Gußverteilungen sind sehr korrosionsbeständig.

Neben den Gußverteilungen gibt es auch noch spezielle **explosionsgeschützte Verteiler** zum Einbau explosionsgeschützter Schaltgeräte. Sie bestehen aus geschweißten Stahlblechgehäusen und haben Leichtmetall-Deckel. Explosionen im Gehäuseinneren hinterlassen keine bleibenden Veränderungen an diesen Gehäusen, und außerdem ist sichergestellt, daß sich diese Explosion nicht nach außen fortpflanzt. Sie werden in explosionsgefährdeten Betriebsstätten, wie Lackierbetrieben, chemischen Fabriken, Erdölraffinerien usw., eingesetzt.

2.6 Hausanschluß und Zähler

Die **Übergabestelle** zwischen der Netzanlage des Energie-Versorgungs-Unternehmens (EVU) und der Verbrauchereinrichtung ist der Hausanschluß (vgl. Abschn. 1.4). Je nach der **Art der Leitungszuführung** werden Freileitungshausanschlüsse von den Kabelhausanschlüssen unterschieden. Beide Arten enden in sogenannten Hausanschlußkästen, in denen die Hausanschlußsicherungen untergebracht sind. **Kabelhausanschlüsse** sollen in einem „Hausanschlußraum“ enden. Was darunter bautechnisch zu verstehen ist, erläutert die DIN 18 012. Der Hausanschluß wird bis einschließlich Hausanschlußkasten vom EVU errichtet. Ab der Abgangsklemme im Hausanschlußkasten wird die Hausinstallation vom Elektroinstallateur errichtet.

2.6.1 Hausanschlußraum

Im Hausanschlußraum sind die Einrichtungen zum Anschließen und Absperren der **unterirdischen Hausanschlußleitungen** für Starkstrom, Fernmeldeeinrichtungen, Gas, Wasser und Abwasser unterzubringen.

Bei Eigenheimen und Kleinsiedlungen kann auf einen besonderen Hausanschlußraum verzichtet werden. Die Richtlinien sind dort sinngemäß anzuwenden.

Der Hausanschlußraum soll im **Kellergeschoß** an einer **Außenwand** des Hauses neben dem Treppenhaus oder im Treppenhauskeller liegen. Seine **Mindestmaße** sind:

- Breite 1,2 m (unter der Treppe 1,0 m),
- Länge 2,0 m und
- Höhe 1,8 m (unter der Treppe wenigstens teilweise).

Der belüftbare Hausanschlußraum muß trocken, begehbar, verschließbar, aber jederzeit zugänglich sein. Er ist durch ein Schild „Hausanschlußraum“ zu kennzeichnen. Er darf weder als Durchgang noch für anderweitige Zwecke verwendet werden. Die elektrischen Hausanschlußleitungen und der Hausanschlußkasten dürfen **nicht** an derselben Wand wie die Gas- und Wasserleitungen und der Wasserzähler liegen. Die

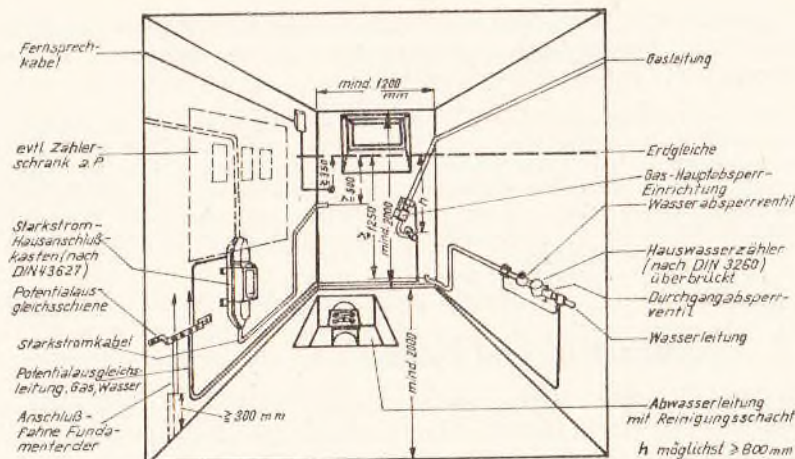


Abb. 2.92 – Ansicht eines Hausanschlußraumes

Abwasserleitung mit Reinigungsschacht ist neben der Wand mit den elektrischen Anlagen im Fußboden unterzubringen. Ein Beispiel für einen Hausanschlußraum ist in Abb. 2.92 zu sehen. Die Leitungen sind durch **Schutzrohre** in der Außenwand in den Raum einzuführen, die mit Gefälle nach außen verlegt wurden und die nach der Leitungsverlegung **wasserdicht** abgeschlossen werden müssen.

2.6.2 Hausanschluß

Die Hausanschlußleitung und der Hausanschlußkasten werden vom jeweiligen EVU errichtet. Die **Leitungsführung** der Hausanschlußleitung wird vom EVU festgelegt, wobei jedoch Wünsche des Kunden nach Möglichkeit berücksichtigt werden.

Der die Kundenanlage errichtende Elektroinstallateur muß jedoch über die wesentlichen Bestimmungen informiert sein, damit er den Kunden beraten und den Kontakt zum EVU im richtigen Zeitpunkt herstellen kann, sofern die Planung der elektrischen Anlage nicht von einem Planungsbüro durchgeführt wurde.

Bestimmungen über Hausanschlüsse finden sich in der VDE 0100, in den Technischen Anschlußbedingungen für Starkstromanlagen bis 1000 V (TAB) und in den vom jeweiligen EVU herausgegebenen Richtlinien. **Grundsätzlich gilt jedoch, daß die Hausanschlußleitung und der Hausanschlußkasten auf feuerbeständigen Wänden angebracht und in einem trockenen, nicht feuergefährdeten Raum enden sollen.**

Stehen feuerbeständige Untergründe und ggf. entsprechende Räume nicht zur Verfügung, müssen diese Ausnahmen entsprechend den speziellen Bestimmungen der VDE für solche Fälle (feuersichere Unterlagen u. ä.) installiert werden.

Vom Kunden ist für den Hausanschluß ein geeigneter, **möglichst besonderer Raum** (vgl. Abschn. 2.6.1) zur Verfügung zu stellen. Soll dessen Verwendungszweck geändert werden, ist hierfür **vorher** die Zustimmung des EVU einzuholen. Hausanschlußkästen und Hauptleitungsverteiler dürfen nicht in Garagen, nassen Räumen, Räumen für Heizungsanlagen und Lagerräumen für brennbare Stoffe angebracht werden.

Hausanschlußkasten und Hauptleitungsverteiler sind stets zugänglich und frei von Gegenständen zu halten.

Je nach Art der Leitungszuführung unterscheidet man Kabelhausanschlüsse bzw. in Freileitungsnetzen Wand- oder Dachständerhausanschlüsse.

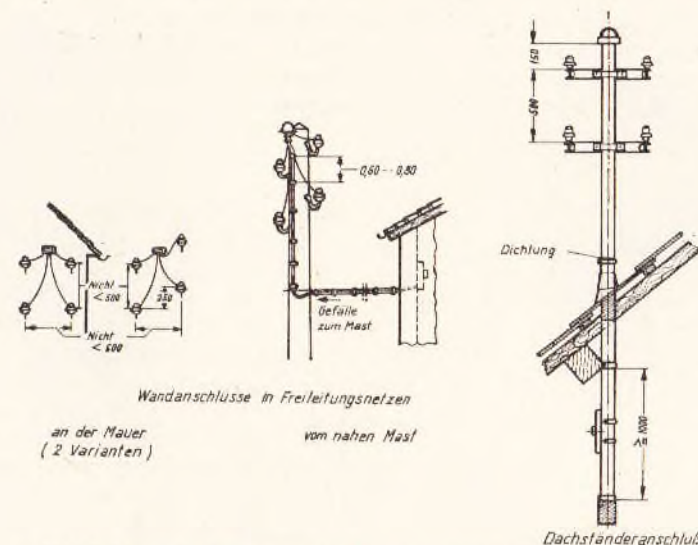


Abb. 2.93 – Verschiedene Anschlußarten in Freileitungsnetzen

2.6.2.1 Wandhausanschlüsse in Freileitungsnetzen

Als Leitungen dürfen nur NSYA, NFYW, Feuchtraumleitungen oder Kabel verwendet werden. Einzeladerleitungen sind mit einzelnen Rohren, die nach außen Gefälle haben, durch die Wand zu führen. Bei Feuchtraumleitungen oder Kabeln kann auf zusätzlichen Schutz verzichtet werden. Der Wandhausanschluß kann **am Mauerwerk** direkt angebracht sein oder über einen in der Nähe stehenden **Mast** erfolgen. Im letzteren Fall soll die Leitung zwischen Haus und Mast ein Gefälle in Richtung Mast aufweisen (vgl. Abb. 2.93).

2.6.2.2. Dachständerhausanschlüsse

Dachständerhausanschlüsse in Normalausführung müssen außer den oben erwähnten grundsätzlichen Bedingungen zusätzlich folgendes erfüllen: Die **Dachhaut** muß „hart“ sein, z. B. aus Ziegel, Beton, Dachpappe. Sie soll jedoch nicht so abgedichtet sein, daß Kondenswasser entsteht. Das **Dachständerrohr** darf oberhalb der Hausanschlußsicherung nur etwa auf Balkenbreite auf Holz anliegen (Abb. 2.93). Elektrisch ist zu beachten, daß der Dachständer und mit diesem leitend verbundene Anlagenteile nicht genüllt und nicht Schutzgeerdet werden dürfen, d. h. diese Teile müssen **schutzisoliert** werden (evtl. auch Standortisolierung). Andere Anlagenteile müssen von ihm isoliert sein. Die Schutzisolierung ist erforderlich, damit bei Isolationsfehlern zwischen Außenleiter und Dachständerrohr die Brandgefahr nicht durch die Erdverbindung des Rohres besonders groß wird. Soll das Dachständerrohr in eine **Blitzschutzanlage** einbezogen werden, darf dies nur über eine geschlossene Schutzfunkenstrecke geschehen.

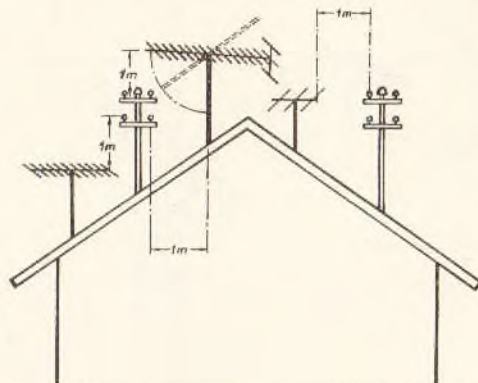


Abb. 2.94 — Kreuzung zwischen Starkstromfreileitung und Antennenanlagen

Bei Kreuzungen zwischen Starkstromfreileitungen bis 1000 V und **Antennenanlagen** ist ein lotrechter Mindestabstand von 1,0 m einzuhalten. Es muß dafür gesorgt werden, daß beim Abknicken von Bauteilen der Antenne (nicht des Standrohres) eine Berührung darunter liegender Starkstromfreileitungen **zuverlässig verhindert** wird (vgl. Abb. 2.94).

2.6.2.3 Kabelhausanschlüsse

Auch für Kabelhausanschlüsse muß die Verlegung auf einer feuerbeständigen Wand als **lichtbogenfeste** Unterlage erfolgen. Wo dies nicht möglich ist, muß eine lichtbogenfeste Unterlage benutzt werden. Hierfür wird eine 12 mm starke Unterlage aus Silikatasbest empfohlen. Man sollte beachten, daß mit einer Unterlage aus Blech oder Asbest die Lichtbogenfestigkeit im allgemeinen nicht zu erreichen ist.

2.6.2.4 Hausanschlußkästen

Hausanschlußkästen von Freileitungsnetzen (als Wandhausanschluß oder Dachständerhausanschluß) dürfen wie die Dachständerteile weder genüllt noch Schutzgeerdet werden, sondern sind isoliert von den übrigen Anlagenteilen zu verlegen. Dies ist am leichtesten mit **schutzisolierten Hausanschlußkästen** zu erreichen (vgl. Abb. 2.95). Wird der Hausanschlußkasten in Ausnahmefällen auf einer brennbaren Unterlage, z. B. Holz, befestigt, ist er von dieser durch eine lichtbogenfeste Unterlage (vgl. Abschn. 2.6.2.3) zu trennen. Je nach Raumart muß der Hausanschlußkasten in Schutzart IP 40 oder IP 54 ausgeführt sein.



Links: Kabelhausanschlußkasten
Rechts: Dachständerhausanschlußkasten

Abb. 2.95 — Hausanschlußkästen

In EVU-Netzen darf bei Kabeln grüngelb als Aderkennzeichnung auch für den **geerdeten Mittelleiter** $\geq 10 \text{ mm}^2$ verwendet werden, auch wenn dieser nicht den Nullungsbedingungen entspricht. Die grüngelbe Ader ist dann an der Übergabestelle, dem Hausanschlußkasten, dauerhaft so zu kennzeichnen, daß sie **nicht** als Schutzleiter angesehen wird und die grüngelbe Farbe **verdeckt** ist. Die Kennzeichnung soll eine Aufschrift wie „kein PE“ enthalten.

2.6.2.5 Größe des Hausanschlusses

Die Festlegungen über die Größe des Hausanschlusses werden vom EVU getroffen und unter anderem auch auf die Netzverhältnisse abgestimmt. In den Technischen Anschlußbedingungen sind im Gegen-

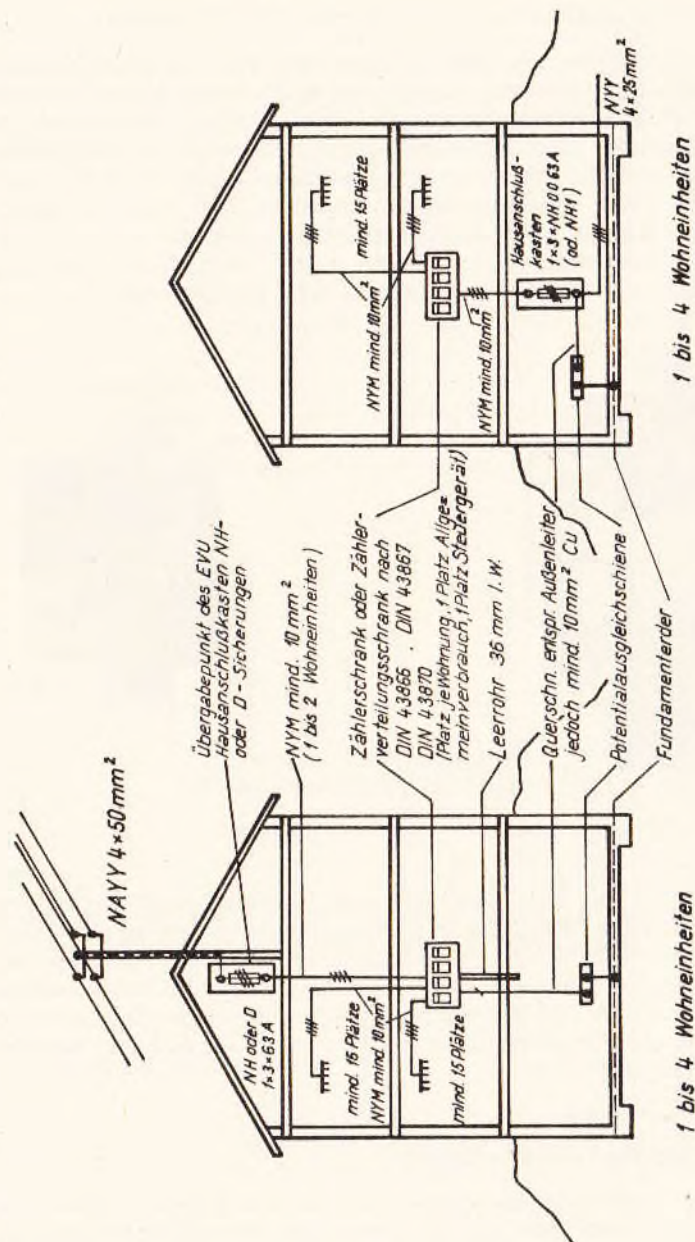


Abb. 2.96 – Dachständer- und Kabelhausanschluß

satz zu den Hauptleitungen für den Hausanschluß keine Größenangaben gemacht. In den Sonderbestimmungen für Baden-Württemberg wird jedoch als Regelfall ein Drehstromanschluß mit bis zu 3x63 A Absicherung genannt. In Abb. 2.68 ist die grundsätzliche Anordnung und Leitungsführung für einen Kabel- und einen Dachständerhausanschluß dargestellt.

2.6.3 Hauptleitung und Hauptleitungsabzweig

Als **Hauptleitung** wird heute die Verbindung zwischen Hausanschlußkasten und Zähleranlage bezeichnet. **Hauptleitungsabzweige** nennt man die elektrischen Versorgungsleitungen von der Hauptleitungsabzweigklemme bis zum Stromkreisverteiler.

Die früher üblichen Bezeichnungen „Steigeleitung“ für die Hauptleitung und „Hauptleitung“ für den Hauptleitungsabzweig sind damit abgelöst.

Querschnitt, Art und Anzahl der Hauptleitungen sind in Abhängigkeit von der Anzahl der anzuschließenden Kundenanlagen festzulegen. Als Kabel kommen NYY oder NYCY und als Leitungen NYM und NYRUZY in Frage, wobei jedoch Vorschriften der EVU zu beachten sind.

Dabei soll der zu erwartende Elektrifizierungsgrad mit berücksichtigt werden. Im Hinblick auf die fortschreitende Anwendung der Elektrizität sind nachstehende **Mindestanforderungen** gemäß den TAB zu erfüllen.

- Für **eine** Wohneinheit (Wohnung mit eigenem Herd) eine **Drehstromleitung mit 63 A** Belastbarkeit (Sicherungsennstrom)
- Für **zwei** Wohneinheiten eine **Drehstromleitung mit 80 A** Belastbarkeit
- Für **drei** Wohneinheiten eine **Drehstromleitung mit 100 A** Belastbarkeit

Höhere Werte sind mit dem EVU abzustimmen. Hierbei ist zu beachten, daß häufig von dem EVU auch geringere Belastbarkeiten bzw. Leitungsquerschnitte zugelassen werden. Im Hinblick auf die Entwicklung der Elektrifizierung in den letzten 30 Jahren, die damals sicher auch von vielen so nicht eingeschätzt wurde, ist zu empfehlen, nicht unter folgenden Werten zu installieren:

- Für Wohnhäuser mit bis zu **zwei Wohneinheiten** eine **Drehstromleitung 10 mm² Cu, NYM**
- Für Wohnhäuser mit mehr als zwei Wohneinheiten für je **drei bis vier Wohneinheiten** eine **Drehstromleitung 16 mm² Cu, NYM**

Die Hauptleitung soll in leicht zugänglichen Räumen, z. B. im Treppenhaus verlegt werden. Bei Verlegung u. P. ist ein **Schlitz** von 6x6 cm für eine Hauptleitung erforderlich, bei mehreren Hauptleitungen entsprechend größer. Beim Übergang von A.-P.-Verlegung auf U.-P.-Verlegung, z. B. im Kellergeschoß, soll die U.-P.-Verlegung mind. 20 cm unterhalb der Decke beginnen. Außerdem ist empfehlenswert, parallel zur Hauptleitung ein **Leerrohr** von 29 mm lichter Weite zu verlegen. Sind **mehrere Hauptleitungen** in einem Gebäude, sind diese im Verteiler dauerhaft und eindeutig bezüglich der Zuordnung zur jeweiligen Kundenanlage zu kennzeichnen.

Bei **Freileitungshausanschlüssen** ist die Anlage so zu installieren, daß sie später auch über einen Kabelanschluß versorgt werden kann. Vom Ende der Hauptleitung ist zu diesem Zweck ein Leerrohr mit mindestens 36 mm lichter Weite bis in den Keller durchzuführen, um später ohne neue Leitungsschlitze und Deckendurchbrüche auf den Kabelanschluß umstellen zu können. Dieses Leerrohr kann bis zur Umstellung auf Kabelanschluß die Potentialausgleichsleitung aufnehmen (vgl. Abb. 2.96).

Hauptleitungen sollen möglichst **ungeschnitten** bis zur letzten **Hauptleitungsabzweigklemme** geführt werden (vgl. Abschn. 2.2.2.2).

Bei zentraler Anordnung der Zählerplätze sind die Hauptleitungen jeweils auf ein Sammelschienensystem zu führen, von dem aus die Hauptleitungsabzweige zu den darüber angeordneten Zählern führen.

Für die **Hauptleitungsabzweige** bis zu den Zählern und darüber hinaus bis zu den Stromkreisverteilungen sind **Drehstromleitungen mit 63 A** Belastbarkeit zu verwenden. Innerhalb des Zäblerschranks oder der Zählertafel sind die Verdrahtungen im Zug der Abzweigleitung jedoch **mindestens mit 10 mm² Cu** auszuführen. **Freie Enden** nicht benutzter Adern sind beim Einbau von Wechselstromzählern zu isolieren.

Für die **Zählerverdrahtung**, das ist die Verbindung von der letzten Trennstelle vor dem Zähler und darüber hinaus bis zur Trennstelle hinter dem Zähler gelten besondere Bedingungen. Es wird empfohlen, nachstehende Ausführungsvorschriften für die Zählerverdrahtung zu beachten, da diese von einem Teil der EVU auch bereits verbindlich vorgeschrieben sind.

Für die Verbindung zum Zähler und darüber hinaus sowie für die Mittelleiterverbindung von der Nulleiterklemme zum Zähler und die Nulleiterverbindung von der Nulleiterklemme zur Abgangsklemme sind Leitungen **H07V-K (NYAF)** mit mindestens **10 mm² Cu Querschnitt** und beidseitig **18 mm langen Aderendhülsen** zu verwenden. Für die **Kennzeichnung** gilt:

Zählerzugang, Außenleiter	schwarz mit Numerierung 1, 2, 3
Mittelpunktsleiter	blau
Zählerfortleitung, Außenleiter	braun mit Numerierung 1, 2, 3
Nulleiterverbindung von der Nulleiterklemme zur Abgangsklemme	grüngelb

An dieser Stelle sind auch **zusätzliche Bestimmungen** der einzelnen EVU für den Einbau von Überstromschutzorganen oder anderen Trennvorrichtungen (z. B. Einbauschalter plombierbar) im Zuge der Hauptleitungsabzweige vor und hinter dem Zähler zu beachten.

Der **Spannungsfall** auf den Leitungen zwischen Hausanschluß und Zähler soll nicht mehr als 0,5% betragen. Bei einer Hauptleitung NYM mit 10 mm² Querschnitt, die mit 63 A belastet werden darf, bedeutet

dies eine maximale Länge von knapp 5 m bei Wechselstromanschluß und knapp 10 m bei symmetrischem Drehstromverbrauch! In der Praxis ist in solchen Fällen ein größerer Leiterquerschnitt zu wählen, ohne dessen höhere Belastbarkeit auszunutzen, um den Spannungsfall auch bei großer Leitungslänge gering zu halten. Die hiermit zusammenhängenden Probleme sind unter Abschnitt 2.2.6.2 näher behandelt.

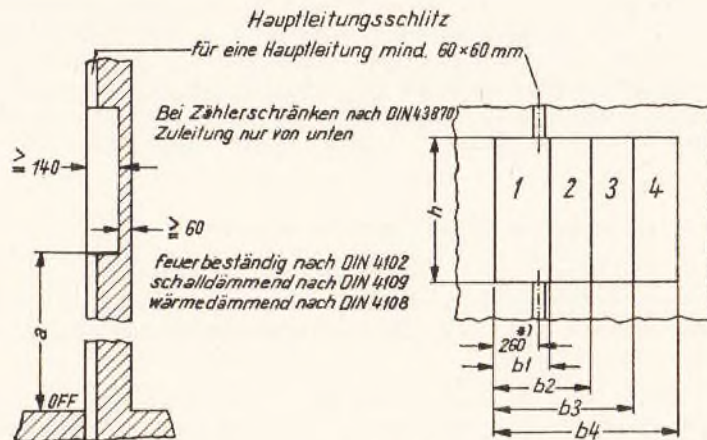
2.6.4 Meßeinrichtungen (Zähler) und Steuergeräte

Auch für die Meßeinrichtungen (Zähler) und Steuergeräte gilt, daß Art, Umfang und Anbringungsort vom EVU festgelegt werden, jedoch Wünsche des Kunden hinsichtlich des Anbringungsortes nach Möglichkeit berücksichtigt werden.

Dem Installateur fällt daher auch in diesem Fall die Aufgabe zu, rechtzeitig (also im Planungsstadium) zwischen dem Kunden mit seinen Interessen und dem EVU den Kontakt zwecks Abstimmung der Vorstellungen herzustellen.

Hierzu gehört bei Hausinstallationen auch die Frage, ob ein **Vierleiter-zähler** (Drehstromzähler) verwendet werden muß oder ob ein Wechselstromzähler ausreichend ist. Es ist davon auszugehen, daß bei Anlagen mit besonders geringer Leistungsanspruchnahme (Treppenhäuser, Garagenbeleuchtung) **Wechselstromzähler** verwendet werden können. Der **Umfang der Meßeinrichtung** ergibt sich im Regelfall aus der Größe des Hauses und der Zahl der Wohneinheiten zuzüglich eines Zählerplatzes für den Allgemeinverbrauch, jedoch sollte eine spätere Erweiterung um einen Zähler sowie der Platz für ein Tarifsaltgerät oder Steuergerät berücksichtigt werden. Die Frage des Anbringungsortes ist, vor allem in den nicht eindeutigen Fällen, unbedingt mit dem EVU zu klären. Es sollte sichergestellt sein, daß diese Festlegungen vor Beginn der Installationsarbeiten getroffen sind.

Die Montage des Zäblerschranks und die gesamten Einrichtungen einschließlich Einlegen der Zählerverdrahtung, sind Aufgabe des Elektro-Installateurs. Der Zähler selbst wird vom EVU eingebaut und mit der vorhandenen Zählerverdrahtung angeschlossen.



* Maß gilt nur für Zäblerschränke nach DIN 43866/67

Nischenmaße für Zäblerschränke	h	b1	b2	b3	b4	a
nach DIN 43 866	650	310	520	770	1020	1100
nach DIN 43 867	800	310	520	770	1020	950
nach DIN 43 870	750	300	550	800	1050	ca. 1000
	900	300	550	800	1050	ca. 900
	1050	300	550	800	1050	ca. 800
	1200	300	550	800	1050	ca. 700

Maße in mm

Abb. 2.97 – Zählernischen

Die Meßeinrichtungen und Steuergeräte sind so anzubringen, daß sie zugänglich sind und ohne besondere Hilfsmittel leicht abgelesen werden können. Die Meßeinrichtungen und Steuergeräte müssen gegen Feuchtigkeit, Verschmutzung, Erschütterung und mechanische Beschädigung geschützt sein, schädliche Einflüsse auf ihren Lauf sind zu vermeiden. Als **Anbringungsort** sind daher leicht zugängliche Räume zu wählen, wie Zählerräume, Hausanschlußräume und Treppenhäuser, die gut beleuchtet sind. Im Treppenhaus ist der Einbau in Nischen zu bevorzugen (vgl. Abb. 2.97).

Der Abstand vom Fußboden bis zur Mitte des Zählers soll nicht weniger als 1,10 m und nicht mehr als 1,85 m betragen. Sollen in Ausnahmefällen Zählerplätze an der Innenseite von Außenwänden errichtet werden, so sind sie gemäß Abb. 2.98 zu schützen.

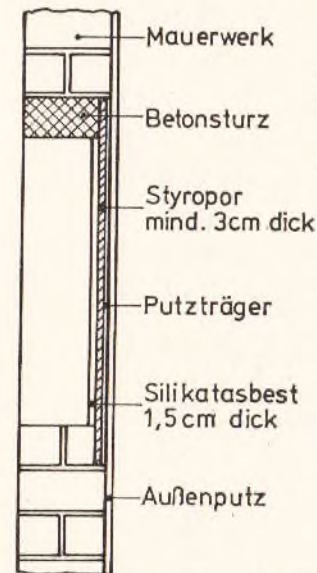


Abb. 2.98 – Zählernische in Außenwand

Meßeinrichtungen und Steuergeräte sind **grundsätzlich nicht** über Treppenstufen und nicht in Wohnräumen, Küchen, Toiletten, Bade- und Waschräumen, Speichern, feuchten Kellerräumen, Garagen, Öllagern, Heizungsräumen, Betriebsstätten und dergleichen anzubringen. Zählerplätze können zentral, z. B. im Untergeschoß, oder dezentral auf den einzelnen Stockwerken der Wohnungen angebracht werden (vgl. Abb. 2.100 u. 2.101). Bei der **zentralen Anordnung** ist die Hauptleitung kurz und damit die Einhaltung des Spannungsfalls von höchstens 0,5% leichter möglich als bei der dezentralen Anordnung. Der bei zentraler Anordnung vorhandene größere Spannungsfall auf den Hauptleitungsabzweigungen wird dem Spannungsfall zwischen Zähler und Verbraucher zugeordnet und muß dort berücksichtigt werden, was bei hohen Bauten u. U. Probleme schafft (vgl. Abschnitt 2.6.5). Die zentrale Anordnung ist außerdem für das Zählerablesen günstiger. Der vorgesehene Platz für das Steuergerät ist bei **dezentraler Zählerplatzanordnung** bei der Zähleranlage für die Allgemeinversorgung im Untergeschoß anzuordnen (vgl. Abb. 2.100 und 2.101). Es sind **Zäblerschränke** nach DIN 43 870 (bis Okt. 1979 auch noch Zäblerschränke nach DIN 43 866/67) zu verwenden.

Tabelle 2.99 – Zäblerschränke nach DIN 43 870

Tiefe (Außenmaß)	185					
Breite je Zählerplatzfläche	250					
Höhe der Zählerplatzfläche	750	900	1050	900	1050	1200
Oberer Anschlußraum	150	300	450	150	300	450
Zählerfeld	450					
Unterer Anschlußraum	150	150	150	300	300	300
Mit Sammelschienen	nein			ja		

Maße in mm

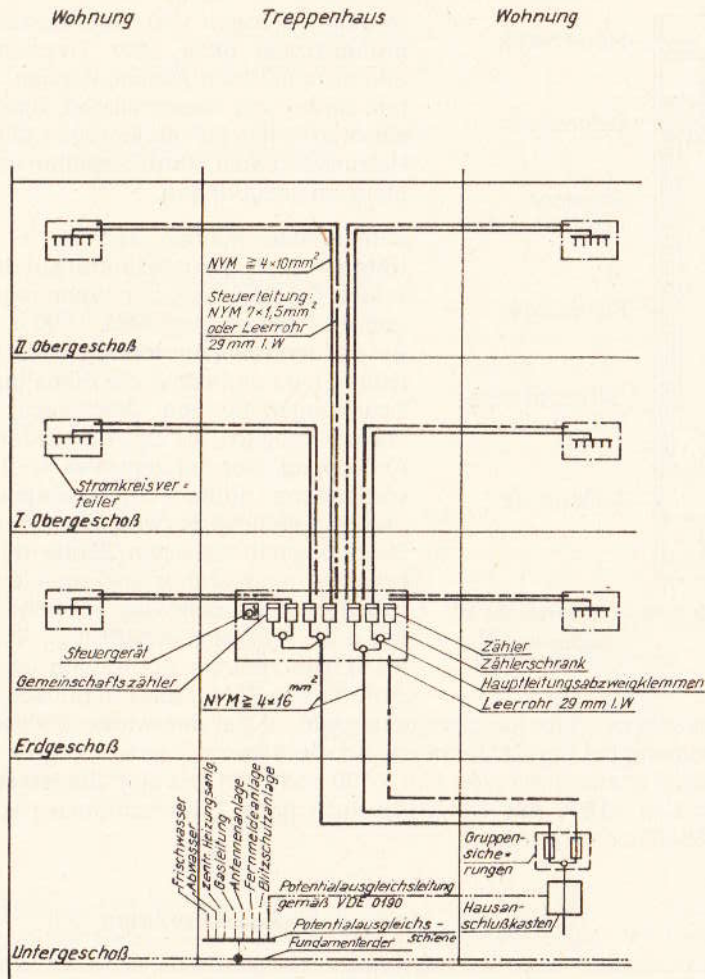


Abb. 2.100 — Zentraler Zählerplatz (Kabelanschluß)

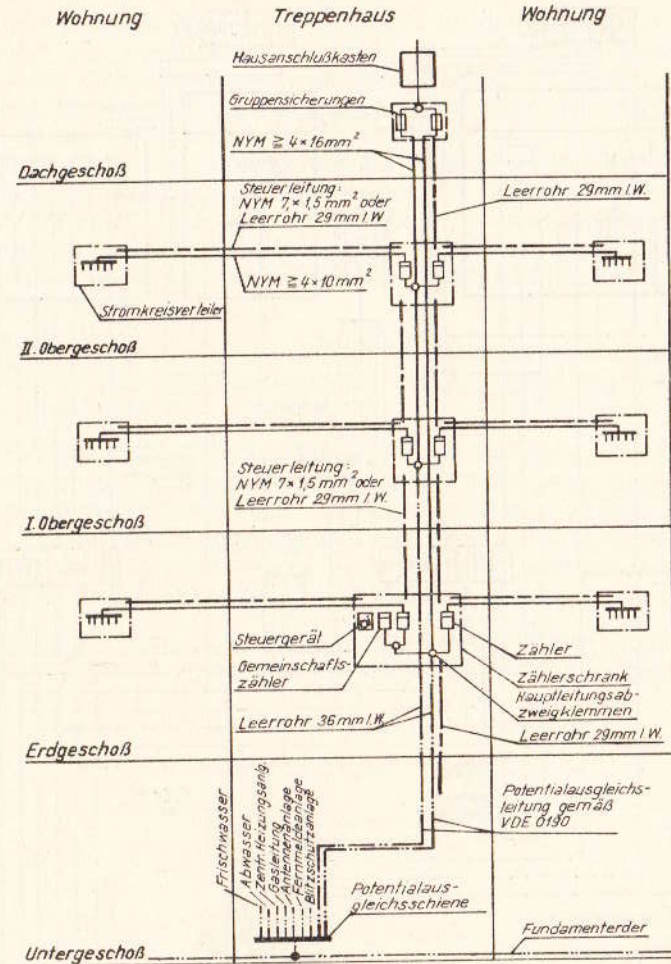


Abb. 2.101 — Dezentraler Zählerplatz (Freileitungsanschluß)

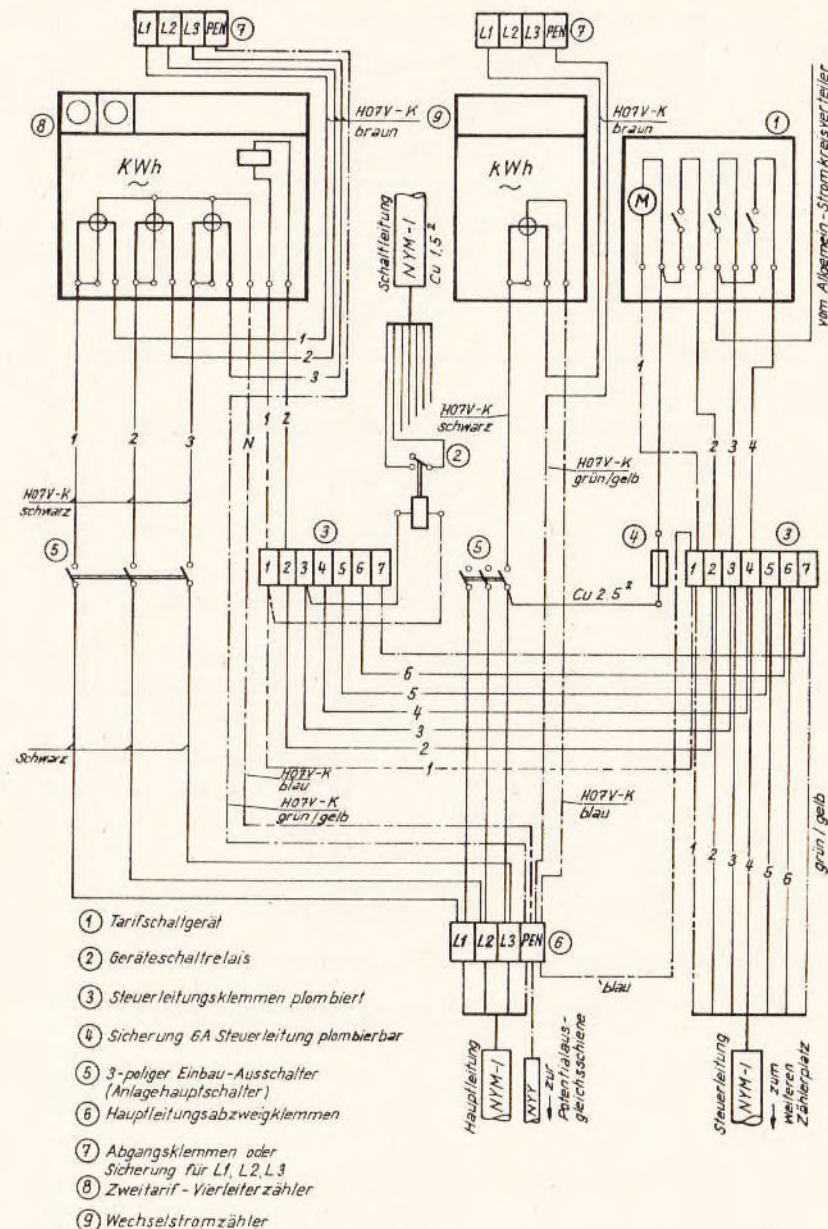


Abb. 2.102 – Zählerplatzverdrahtung mit Dreh- und Wechselstromzähler

Bei Zählerschränken nach DIN 43870 wird für die Durchführung oder Einführung der Hauptleitung von oben ein zusätzlicher Zählerplatz benötigt. Bei Zählerschränken nach DIN 43866/67 ist ein besonderer Durchführungsraum für die Hauptleitung vorhanden. Als Schutzmaßnahme ist bei Zählerschränken die Schutzisolierung vorgeschrieben. **Zählertafeln** dürfen nur in geeigneten Zählerräumen eingesetzt werden. Sind die Zähler in Absprache mit dem EVU in stets zugänglichen, belüfteten und gut belichteten Kellern oder in Hausanschlußräumen untergebracht, sollten die Zählerplätze mindestens nach Schutzart IP 43 (isoliertstoffgekapstelt mit plombierbarer Klarsichtabdeckung) ausgeführt werden.

Die Plätze für Meßeinrichtungen und Steuergeräte sind dauerhaft so zu **kennzeichnen**, daß die Zuordnung zu der jeweiligen Kundenanlage eindeutig ersichtlich ist.

Die **Verdrahtung** eines Zählerplatzes für einen Drehstromzähler, einen Wechselstromzähler und ein Tarifschaltgerät (Steuergerät) ist aus Abb. 2.102 ersichtlich. Größere Anlagen sind sinngemäß zu verdrahten, Zähler sind im Rechtsdrehfeld anzuschließen. Bei Anlagen mit Elektroheizung oder in anderen Sonderfällen ist es zweckmäßig, sich mit dem EVU abzustimmen.

Die Meßeinrichtungen und Steuergeräte werden durch Beauftragte des EVU angebracht, angeschlossen, ausgewechselt und ausgebaut.

2.6.5 Stromkreisverteiler und Steuerleitungen

2.6.5.1 Stromkreisverteiler

Der Stromkreisverteiler ist in der Nähe des **Belastungsschwerpunkts** einzubauen, bei Mehrfamilienhäusern innerhalb der Wohnungen. Für eine zukunftsichere Wohnungsinstallation (vgl. Abschn. 5.1.1) müssen entsprechend viele Stromkreise vorgesehen werden. Aus diesem Grund ist in den Wohnungs-Stromkreisverteilern Platz für mindestens 15 Überstromschutzorgane vorzusehen. Empfehlenswert sind hierfür 3- oder 4reihige Kleinverteilungen, die über wesentlich mehr Einbauplätze verfügen. Stromkreise **verschiedener Tarife** sind entweder in getrennten Verteilern zu installieren oder innerhalb eines Verteilers mindestens durch Stege voneinander zu trennen und mit Abdeckungen zu versehen. Als Überstromschutzorgane sollen im Interesse des Kunden Überstromschutzleiter, z. B. **LS-Schalter**, Motorschutzschalter usw., verwendet werden.

Es wird empfohlen, Überstromschutzschalter zu installieren, deren Schaltvermögen mindestens 6 kA beträgt und die bis 25 A einschließlich der Selektivitätsklasse 3 angehören (vgl. Abb. 2.80). Die LS-Schalter, die diese Forderung erfüllen, tragen auf der Vorderseite folgende Beschriftung:



In Baden-Württemberg dürfen seit 1. 4. 1977 keine anderen LS-Schalter mehr eingebaut werden. In den übrigen Bundesländern ist mit dem jeweiligen EVU zu klären, welche Mindestforderungen an LS-Schalter gestellt werden.

Selektivität ist nach VDE zwischen zwei oder mehreren in Reihe geschalteten Schaltgeräten vorhanden, wenn bei einem Kurzschluß oder einem Überstrom nur dasjenige Gerät schaltet, das auch schalten sollte. Selektivität 3 ist die höchstmögliche Selektivität.

LS-Schalter mit 6 kA Schaltvermögen und Selektivität 3 werden nur als L-Typen (k-Faktor 3,5) hergestellt.

Hausanschlußsicherungen oder sonstige vom EVU plombierte Sicherungen dürfen nicht als Überlast- oder Kurzschlußschutz für abgehende Stromkreise und Verbrauchsmittel in der Kundenanlage verwendet werden.

Die einzelnen Stromkreise und Verbrauchsmittel sind gleichmäßig auf die Außenleiter zu verteilen. In welchen Fällen deswegen ein Drehstromzähler einzubauen ist, wird von den EVU unterschiedlich auch auf Grund der örtlich unterschiedlichen Belastung festgelegt.

2.6.5.2 Steuerleitungen

Steuerleitungen und -geräte (Rundsteuerempfänger, Schaltuhr, Steuerader) dienen der zentralen Steuerung von Mehrtarifzählern und -geräten (z. B. Speicherheizung, Warmwasserspeicher). Damit im Bedarfsfall eine entsprechende **Nachrüstung** leicht möglich ist, müssen die entsprechenden Vorkehrungen auch dann getroffen werden, wenn zunächst noch kein zu steuerndes Gerät vorhanden oder geplant ist. Dazu gehört:

Vom zugeordneten Stueurelement bis zu den Zählerplätzen und von dort bis zu den zugehörigen Stromkreisverteilern ist eine Steuerleitung mit nummerierten Adern von mindestens $7 \times 1,5 \text{ mm}^2$ Cu oder ein Kunststoffleerrohr von 29 mm lichter Weite zu verlegen. Abzweige (Steuerleitungsklemme) und Enden der Steuerleitung sowie die Sicherungsorgane (normal 6 A) für die Stueurelemente sind unter **plombierbarem** Verschluß anzuordnen.

3 Installationssysteme

Bei den heute angewandten Installationssystemen steht die zukunfts-sichere und wirtschaftliche Ausführung im Vordergrund.

Erweiterungsfähig und **schnell umrüstbar** müssen sie an die betrieblichen Erfordernisse angepaßt werden können. Diese Bedingungen erfüllen

- Kabelrinnen- und
- Kabelpritschen,
- Leitungs- und Kabelträger,
- Installationskanäle auf Wänden sowie
- Unterflur-Installationskanäle.

Sie werden besonders bei Stahlbeton-, Stahlskelett- und Fertigteilbauten eingesetzt. Im Wohnungsbau und bei kleineren Bauten in Ziegel- oder Gasbetonbauweise wird die herkömmliche Rohr- und Stegleitungsinstallation bevorzugt.

3.1 Kabelrinnen, Kabelpritschen und Leitungs- und Kabelträger

Hauptsächlich für die horizontalen Haupttrassen bei Industriebauten, in Werkstätten und in Kellergeschossen oder Zwischendecken werden Kabel und Feuchtraumleitungen unbefestigt auf Kabelrinnen und Kabelpritschen oder auf Leitungs- und Kabelträgern verlegt.

Die **Kabelrinnen** werden aus feuerverzinktem oder kunststoffbeschichtetem Stahlblech mit geschlossenem oder gelochtem Boden hergestellt (vgl. Abb. 3.1).

Durch den gelochten Boden (meist Langlöcher) werden Kabel und Leitungen durchlüftet; außerdem wird die mechanische Festigkeit der Kabelrinne erhöht. Zur Trennung von Leitungen und Kabeln verschiedener Spannungen (z. B. Starkstrom- und Fernmeldeleitungen) sind Schottstege, die die gleiche Höhe wie die seitliche Abkantung haben, lieferbar. Außerdem gibt es Deckel zur Abdeckung der Rinnen. Abzweigungen können mit T- und L-Abgängen sowie mit Kreuzstücken oder Bögen verbunden werden. Die Rinnen werden mit Auslegern aus feuerverzinktem Stahl mit Spreizdübeln an Betonwänden oder am Mauerwerk befestigt. Für die Montage unter Decken werden stufenlos verstellbare Hängestiele verwendet.

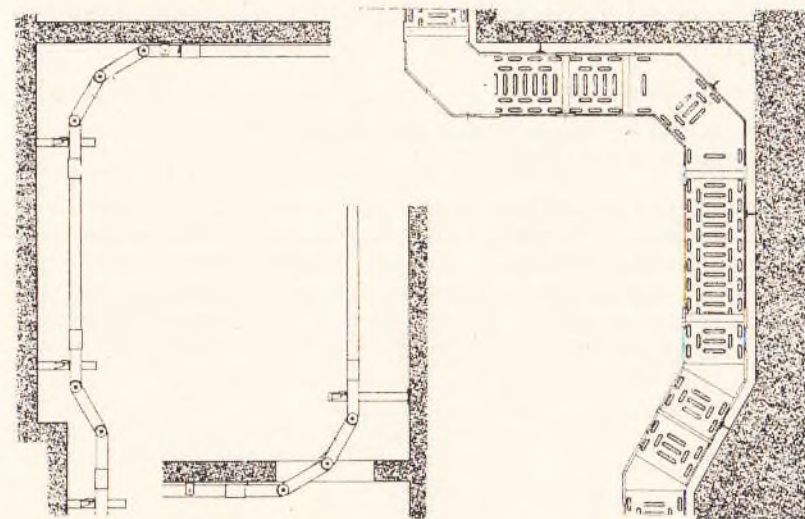


Abb. 3.1 – RICO Kabelrinnen

Wichtigste Abmessungen:

Breiten 100–400 mm, Belastbarkeit 70–210 kg/m,
Ausleger 110–410 mm Länge,
Hängestiele 200–2000 mm Länge.

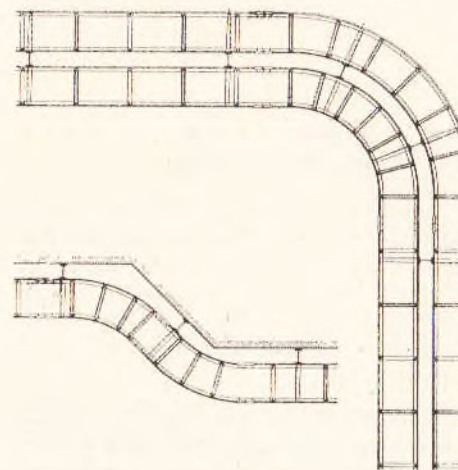


Abb. 3.2 – RICO Kabelpritsche

Die **Kabelpritschen** sind unten nicht geschlossen, sondern bestehen aus feuerverzinkten Quer- und Längsprofilen (vgl. Abb. 3.2).

Für die Verlegung von Kabeln und Leitungen geringer Querschnitte sind Kabelpritschen nicht geeignet, weil die Leitungen oder Kabel zwischen den Querstegen durchhängen.

Die Verwendung von Schottstegen ist nicht üblich. Für die Abzweigungen gibt es T- und L-Abgänge sowie Kreuzstücke und außerdem Bögen. Die Kabelpritschen werden mit

Auslegern an der Wand oder mit Aufhängebügeln unter der Decke befestigt.

Wichtigste Abmessungen:

Breiten 150–600 mm, Belastbarkeit 145–240 kg/m,
Ausleger 150–600 mm Länge.

Die **Leitungs- und Kabelträger** werden aus galvanisch verzinkten Rund-eisenkonstruktionen hergestellt. Die Leitungen und Kabel werden lose oder mit Schlaufenbefestigung auf den Trägern verlegt. Die Träger sind biegsam und aneinandersteckbar. Sie sind in Höhen von 40 bis 120 mm und Breiten von 100 bis 400 mm lieferbar. Mittels Distanzbügel können sie an der Wand oder an der Decke befestigt werden (vgl. Abb. 3.3).

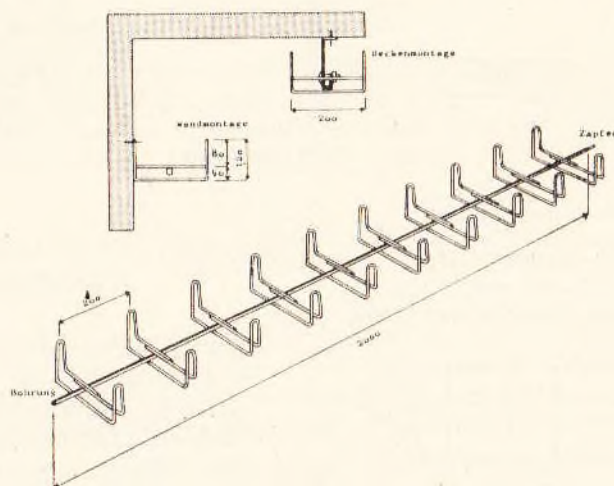


Abb. 3.3 – Leitungs- und Kabelträger der Firma Ziegler

Dieses System ist besonders für die Montage in Zwischendecken geeignet.

3.2 Installationskanäle

Die aus Kunststoff (Hart-PVC), verzinktem Stahlblech oder Aluminium hergestellten Kanäle dienen zur Aufnahme von Leitungen und Kabeln und bei Tiefen von 60 mm zum Einbau von Installationsgeräten (Steckdosen, Geräteanschlußdosen, Schaltern, Telefonanschlußdosen usw.).

Kunststoffkanäle sind preisgünstig und bieten Schutz gegenüber gefährlicher Berührungsspannung.

Man unterscheidet:

1. **Installationskanäle** — nur für Leitungs- und Kabelverlegung,
2. **Fensterbankkanäle** — für Leitungs- und Kabelverlegung und für den Einbau von Dosen,
3. **Sockelleistenkanäle** — als Sockelleiste ausgebildeter Kanal für die Verlegung von Leitungen und Kabeln,
4. **Aufbodenkanal** — abgerundeter Kanal zur Verlegung auf dem Boden.

Die Kanäle bestehen aus einem Unterteil, das auf der Wand oder der Decke befestigt wird, und einem formschlüssigen Oberteil, das nach Aufdrücken auf das Unterteil einrastet. Die **Installationskanäle** werden in Breiten von 50–230 mm und Längen von 2 m hergestellt und sind zur Abtrennung mit einschiebbaren Trennwänden je nach Breite bis zu 5fach unterteilbar. Die Tiefe beträgt 40–60 mm. Mit Formstücken kann beliebig installiert werden (vgl. Abb. 3.4).

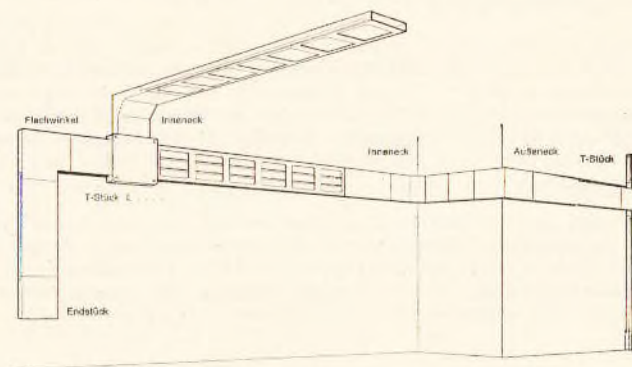


Abb. 3.4 – Installationskanäle der Firma Tehalit

Fensterbankkanäle haben eine Mindesttiefe von 60 mm und versorgen Arbeitsplätze mit elektrischer Energie. Da dieser Kanal vielfach entlang von Fenstern unter Fensterbänken installiert wird, bezeichnet man ihn als Fensterbankkanal. Die Dosen für die Geräte werden am Boden des Fensterbankkanals befestigt, die Geräte eingebaut und angeschlossen und das mit einem Kreisschneider ausgeschnittene Oberteil auf das Unterteil aufgedrückt. Dann kann die Geräteabdeckung angebracht werden. Die Fensterbankkanäle sind auch in verschiedenen Farben lieferbar.

Sockelleistenkanäle eignen sich für nachträgliche Installation bei älteren Gebäuden sowie für die Fertighausinstallation. Das an der Wand

zu befestigende Unterteil ist je nach Höhe (50 bis 70 mm) bis zu 3fach unterteilbar. Die Tiefe beträgt 10 bis 20 mm. Das Oberteil wird aufgedrückt oder eingeschoben. Für den Geräteeinbau sind auf den Kanal aufsetzbare Geräteträger lieferbar.

Aufbodenkanäle dienen zur Leitungsverlegung innerhalb von Räumen, wenn z. B. keine Unterflur-Installation vorhanden ist. Wegen der Unfallgefahr (Stolpern) sollten sie jedoch nur in Ausnahmefällen verwendet werden.

3.3 Unterflur-Installationskanäle

Die Unterflur-Installationskanäle dienen der Aufnahme der Starkstrom- und Schwachstromleitungen. Sie werden mit Laschen auf dem Rohfußboden montiert und liegen dann im Estrich. Die Kanäle werden zweizügig aus verzinktem Stahlblech und in Kunststoff in folgenden Größen in Abstufungen hergestellt:

Breiten: 50 bis 350 mm; Höhen: 18 bis 48 mm für Estrichhöhen von 50 bis 80 mm. Die Kanäle werden in Längen von 2 m geliefert und lassen sich durch Verbindungslaschen miteinander verbinden. Für die horizontalen und vertikalen Übergänge sind Krümmer vorgesehen. Die in Anschlußaufsätzen eingebauten Steckdosen, Geräteanschlußdosen und Telefonanschlußdosen werden über Bodendosen an bestimmten festgelegten Stellen oder über Auslaßstutzen an beliebigen Stellen des Kanals mit dem Kanal verbunden.

Das System kann auch mit Rohren angefahren werden. Bei genügender Estrichhöhe und in nicht naßgepflegten Räumen können auch Kippanschlüsse in Bodendosen eingebaut werden. Das Unterflur-Installationssystem kann bei entsprechend engmaschiger Verlegung schnell geändert und den jeweiligen Bedürfnissen angepaßt werden. Nicht benötigte Bodendosen werden mit Blindabdeckungen verschlossen.

3.4 Rohre

Die Installation in Rohren wird bei Fertigbauten, z. T. im Wohnungsbau sowie bei kleineren Bauten aus Ziegel oder Gasbeton für Unter-Putz-Verlegung angewandt.

Außerdem werden sie häufig bei der Auf-Putz-Installation zum Schutz der senkrechten Leitung eingesetzt.

Nach dem **Material** werden Installationsrohre unterschieden in Stahlrohre und Isolierstoffrohre (z. B. aus PVC oder PE). Isolierstoffrohre gibt es in **flammwidriger** und nichtflammwidriger Ausführung, letztere können in besonderer Ausführung auch wärmefest bis 150 °C sein.

Entsprechend der **Beweglichkeit** der Rohre werden starre Rohre, flexible gewellte Rohre und flexible glatte Rohre unterschieden. Nach den me-

chanischen Eigenschaften der Rohre werden solche für schwere, mittlere und leichte Druckbeanspruchung unterschieden.

Die Installationsrohre müssen VDE 0605 entsprechen. Wegen möglicher Spannungsverschleppungen sind Kunststoffrohre den Stahlrohren vorzuziehen, sofern die mechanische Festigkeit ausreicht. Die Rohre sind wie folgt gekennzeichnet:

- AS Rohre für hohe Druckbeanspruchung, sie dürfen in Fertigbeton, auf Putz, unter Putz und im Putz verlegt werden.
- A Rohre für mittlere Druckbeanspruchung für Verlegung auf Putz, unter Putz und im Putz;
- B Rohre für geringe Druckbeanspruchung für Verlegung nur unter Putz und im Putz;
- C Rohre aus Isolierstoff;
- F Rohre aus selbstverlöschendem Kunststoff-Formstoff, auch zur Verlegung auf Putz.

105 Kunststoffrohre mit einer Wärmefestigkeit bis 105 °C.

CF Zusätzliche Kennzeichnung für Rohre aus flammwidrigen Kunststoff-Formmassen zur Verlegung auf Putz.

Die Rohre werden in folgenden Rohrgrößen (= Innendurchmesser) hergestellt:

- Kunststoff-Panzerrohre, stabil (ACF) 9 - 11 - 13,5 - 16 - 21 - 29 - 36 - 42 - 48 mm,
- Kunststoff-Panzerrohre, flexibel (ASCF) gewellt 11 - 13,5 - 16 - 21 - 29 - 36 mm,
- Kunststoffrohr, stabil (BCF) 9 - 11 - 13,5 - 16 - 19 - 23 mm,
- Kunststoffrohr, flexibel (A und B) 11 - 13,5 - 16 - 23 - 29 - 36 - 48 mm,
- Stahlpanzerrohr, stabil (A) 11 - 13,5 - 16 - 21 - 29 - 36 - 42 - 48 mm,
- Stahlpanzerrohr, flexibel (A und AS) 11 - 13,5 - 16 - 21 - 29 - 36 mm.

Die stabilen Rohre werden in Längen von 3 m, die flexiblen Rohre gewickelt in Längen von 25 und 50 m geliefert. Die Rohre werden mit Muffen miteinander verbunden. Für die Rohr-Installation unter Putz werden verwendet:

- Abzweigdosen aus Isolierstoff (70 mm Durchmesser, 34 mm tief) mit Federdeckel,
- Abzweigkästen aus Isolierstoff in den Größen 80×80×50 - 100×100×50 - 150×150×65 - 200×200×65 und 250×250×65 mm mit Deckel,
- Geräte-Abzweigdosen (Schalterdosen) aus Isolierstoff 60×55×38 mm, Schalterabzweigdosen aus Isolierstoff 65×65 und 65×110 mm, Deckdosen mit und ohne Haken zum Eingießen in Beton 70×70 und 70×95 mm, Geräteanschlußdosen für Nachtstromspeicherheizungen mit 3 Kammern,
- Wandauslaßdosen für Wandleuchten.

Für die Verlegung in Beton, insbesondere in Betonfertigteilen, werden Schalter- und Abzweigdosen und Abzweigkästen für hohe Druckbeanspruchung benötigt (vgl. Abb. 2.28).

Für die Rohr-Installation von versetzbaren und hohlen Zwischenwänden sind sogenannte **Hohlwanddosen** zu verwenden.

3.5 Installationsgeräte

Die Installationsgeräte umfassen Schalter, Taster, Steckdosen, Steckvorrichtungen, Geräteanschlußdosen, Abzweigdosen und Abzweigkästen sowie das Zubehör. Es empfiehlt sich, nur Geräte mit VDE-Prüfzeichen zu verwenden.

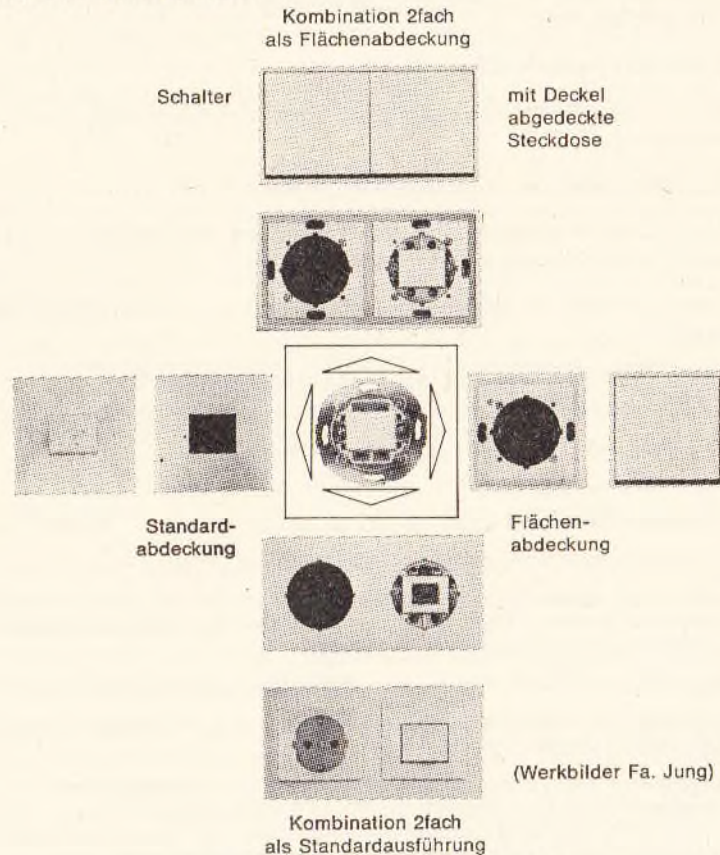


Abb. 3.6 — Unter-Putz-Installationsgeräte

3.5.1 Unter-Putz-Installationsgeräte

Für die **U.-P.-Installation** werden von den Herstellern neben den Schaltern mit Einzelabdeckungen und den Standardprogrammen mit quadratischer **Zentralplatte** (früher runde Zentralplatte) für Schalter und Steckdosen auch sogenannte „Flächenprogramme“ angeboten.

Flächenprogramme unterscheiden sich von den Standardprogrammen vor allem durch die großflächigen Schalterwippen. Sowohl beim Flächen- wie beim Standardprogramm werden außer den Schalter- und Steckdosenabdeckungen noch sogenannte Abdeckrahmen benötigt, die mit der Geräteabdeckung in ihrer Lage fixiert und festgeklemt werden. Für Anordnungen von mehreren Schaltern und Steckdosen neben- oder übereinander gibt es Abdeckplatten für ein bis vier U.-P.-Geräte.

Die Schalter werden üblich als **Wippschalter** (oder Tippschalter mit stets gleicher Ruhestellung) hergestellt. Je nach Hersteller werden die Schaltereinsätze ohne Wippen geliefert und die Wippen für das Standard- oder Flächenprogramm vom Installateur eingesetzt oder es sind alle Schalter mit den Standard-Wippen ausgerüstet, auf die dann bei Bedarf die Wippen des Flächenprogramms aufgeklemt werden. Außerdem sind Aus- und Wechselschalter mit eingebautem **Dimmer** in Glühlampen- und Leuchtstofflampenausführung erhältlich (Mindestbelastung beachten!). Außerdem sind sogenannte „**Sensor**“-Schalter für alle Schaltungsarten mit und ohne Kontrollleuchte lieferbar, bei denen das Schalten durch Berührung der Kontaktfläche ausgelöst wird.

U.-P.-Installationsschalter gibt es auch in spritzwassergeschützter Ausführung.

Die Installationsgeräte werden in Gerätedosen oder Geräteabzweigdosen montiert und mit Schrauben oder Krallen befestigt. Die Befestigung mit Schrauben ist vorzuziehen, da dabei Leitungsadern nicht so leicht verletzt werden können. Die Leitungen werden bei den meisten Fabrikaten schraubenlos mit den Geräten verbunden. Schalter und Taster sind durch Einsetzen einer Lampe beleuchtbar. Die Schalter werden nach DIN 49200 als Wippschalter hergestellt und sind für **trockene Räume** in folgenden Ausführungen zu erhalten:

- Ausschalter, 1polig, 2polig und 3polig,
- Serienschalter,
- Gruppenschalter,
- Wechselschalter,
- Doppelwechselschalter,
- Kreuzschalter,
- Taster mit einsetzbaren Symbolen und
- Kontrollschalter, Aus, mit Glimmlampe.

Die Schutzkontaktsteckdosen werden nach DIN 49440 für 16 A, 250 V Wechselspannung hergestellt.

Zu den Schaltern und Steckdosen passend und mit diesen kombinierbar sind u. a. lieferbar:

- Telefonanschlußdosen,
- Antennensteckdosen,
- Anschlußdosen für Mikrophone sowie
- Dimmer und Sensorschalter.

In Abb. 3.6 sind die Kombinationsmöglichkeiten von Schaltern und Steckdosen dargestellt. Neben dem preisgünstigeren Standardprogramm wird häufig auch das Flächenprogramm verwendet.

Die Abdeckplatten werden für maximal 6 Einsätze (bei einigen Herstellern nur für 4 Einsätze) angeboten. Unter-Putz-Installationsgeräte in wassergeschützter Ausführung für feuchte und nasse Räume und für außen haben eine zusätzliche in die Gerätedose zu montierende wassergeschützte Dose, die das über einen Flanschring und eine Gummimembrane abgedichtete Installationsgerät aufnimmt.

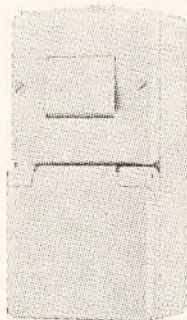
Als Wipp- oder Tippschalter werden hergestellt:

- Ausschalter, 2polig,
- Wechselschalter,
- Ausschalter, 2polig, mit Glühlampe,
- Wechselschalter, mit Glühlampe.

Außerdem gibt es

- Taster,
- Doppeltaster,
- Schutzkontaktsteckdosen und
- Perilexsteckdosen.

3.5.2 Auf-Putz-Installationsgeräte



Kombination
Ausschalter - Steckdose
(Werkbilder Firma Jung)

Abb. 3.7 – Installationsgeräte, wassergeschützt für auf Putz

Für **A.-P.-Installationen** in trockenen Räumen werden meist nur noch Geräte für Erweiterungs- und Änderungsarbeiten benötigt. Das angebotene Schalterprogramm der Hersteller ist daher nur auf die gängigen Typen in Standardausführungsformen beschränkt.

Für die A.-P.-Installationen in feuchten und nassen Räumen stehen eine Vielzahl von spritzwassergeschützten Geräten zur Verfügung. Auch hier werden zunehmend Schalter mit Flächenwippen angeboten.

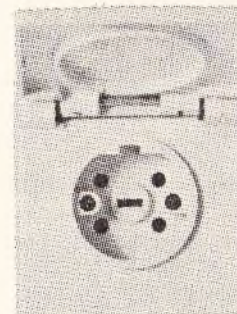
Auf-Putz-Installationsgeräte für trockene Räume werden für die Altbausanierung und für die Installation auf dünnen Zwischenwänden verwendet. Für die Montage wird eine Grundplatte, die an der Wand befestigt wird, verwendet. Die Leitungseinführung erfolgt durch eine Vorstan- zung in der Abdeckung. Für die Installation mit

Stegleitungen auf verputzten Betonwänden können über eine Montageplatte Auf-Putz-Geräte auf eine Im-Putz-Dose aufgesetzt werden. Damit ist eine besonders schmale Bauform möglich. Für die Installation **in feuchten und nassen Räumen** sind wassergeschützte Installationsgeräte erforderlich. Abb. 3.7 zeigt ein Beispiel dieses Installationssystems.

Die eingeführten Leitungen werden über besondere Einführungsstü- len aus Gummi oder elastischem Kunststoff abgedichtet. Zur Abdichtung der Schalterbetätigung sind Membranen eingebaut. Die Geräte sind auch als Kombinationen, z. B. Schalter - Steckdose oder zwei Steck- dosen, lieferbar.

3.5.3 Steckvorrichtungen

Die Arten und Ausführungen von Steckvorrichtungen haben wir unter Abschnitt 4.3.3 beschrieben.



Unter-Putz, wassergeschützt



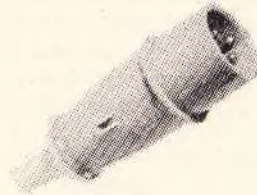
Stecker 16 A u. 25 A

(Werkbilder Fa. Busch-Jaeger)

Abb. 3.8 – Perilex-Steckvorrichtungen

Die Abb. 3.8 zeigt verschiedene Ausführungen von **Perilex-Steckvorrichtungen**. Gut zu erkennen sind die rechteckigen Schlitz- e für den Schutzleiter sowie an der Oberseite die Nut und die seitlichen Führungen, wodurch die Unverwechselbarkeit beim Einstecken des Steckers garantiert wird. Steckdosen und Stecker sind für 16 A und 25 A Nenn- strom lieferbar.

In Abb. 3.9 sind **CEE-Steckvorrichtungen** dargestellt. Neben der Ausfüh- rung für trockene Räume und feuchte und nasse Räume werden wasser- dichte Steckvorrichtungen hergestellt, die bei der DBP hauptsächlich in Waschständen verwendet werden.



(Werkbilder Fa. Busch-Jaeger)

Abb. 3.9 — CEE-Steckvorrichtungen

Steckvorrichtungen zum Anschluß elektrischer Betriebsmittel sind nur insoweit zulässig, als sie der Übersichtsnorm DIN 49 499 entsprechen. Im wesentlichen sind dies

- 2polige Wandsteckdosen mit Schutz-Kontakt für 16 A~ und 250 V~
- 2- und 3polige Kragensteckdosen (CEE-Form) für 16, 32, 63 und 125 A und Spannungen über 42 V bis 750 V mit Schutzkontakt, jedoch mit und ohne N-Kontakt (Mp).
- 3polige Wandsteckdosen mit N (Mp)- und Schutzkontakt für 16 A~ und 25 A~ und 250 V~ (Perilex)
- die zu den vorgenannten Wandsteckdosen passenden Stecker, Kuppelsteckdosen und Gerätesteckvorrichtungen.

Die an dritter Stelle genannte Wandsteckdose (Perilex) darf jedoch nur in Hausinstallationen, Geschäftshäusern, Hotels, Nähsälen, Schneidereien, Laboratorien, Großküchen und ähnlichen Anlagen verwendet werden.

4 VDE-Bestimmungen

4.1 Bedeutung und Rechtsstellung der VDE-Bestimmungen

Durch den Erlaß von Gesetzen und Rechtsverordnungen durch die zuständigen Gremien sorgt der Staat für das Allgemeinwohl und für die allgemeine Sicherheit seiner Bürger. In den einschlägigen Gesetzen und Rechtsverordnungen wird meist bestimmt, daß Anlagen, Betriebs- und Verbrauchsmittel nur dann in Verkehr gebracht, errichtet und betrieben werden dürfen, wenn sie den allgemeinen, **anerkannten Regeln der Technik** entsprechen. Als anerkannte Regeln der Technik gelten solche, die in der Praxis erprobt wurden und sich bewährt haben und aus denen sich in Fachkreisen eine Durchschnittsmeinung gebildet hat, die von deren Richtigkeit überzeugt ist.

In der zweiten Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz sind, nach § 1, Abs. 1, elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte ordnungsgemäß, d. h. nach den anerkannten Regeln der Elektrotechnik einzurichten und zu unterhalten. Nach § 1 Abs. 2 gelten als solche die **Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)**.

Die VDE-Bestimmungen sind ein Teil des VDE-Vorschriftenwerkes. Sie sollen dazu dienen, Leib, Leben und Sachen auf bestmögliche Weise beim Erzeugen, Übertragen, Speichern und Anwenden elektrischer Energie zu schützen. Sie geben den zur Zeit ihrer Aufstellung erreichten und allgemein anerkannten Stand der Technik wieder.

Wer sich mit der Errichtung elektrischer Anlagen oder der Herstellung elektrischer Betriebsmittel sowie mit dem Betrieb von Anlagen oder Betriebsmitteln befaßt, ist nach der herrschenden Rechtsauffassung in jedem Einzelfall für die Einhaltung der „anerkannten Regeln der Elektrotechnik“ selbst verantwortlich.

Beachtet der Errichter oder Betreiber die VDE-Bestimmungen, erfüllt er damit die bestehende Sorgfaltspflicht. Tritt trotzdem ein Unfall ein, hat er nicht fahrlässig gehandelt.

Die VDE-Bestimmungen werden der fortschreitenden Entwicklung der Technik laufend angepaßt. Dies verpflichtet jedoch nicht, bestehende ältere Anlagen und Einrichtungen, die nach älteren VDE-Bestimmungen errichtet wurden, den neuen anzupassen, sofern in der neuen Bestimmung nicht ausdrücklich auf eine Änderung hingewiesen wird (z. B. bei erheblichen Gefahren).

4.2 Gesetze, Verordnungen und Verfügungen, die auf die VDE-Bestimmungen verweisen

Wie unter Abschnitt 4.1 dargestellt, sind die VDE-Bestimmungen kein Gesetz. Eine Anzahl einschlägiger Gesetze und Verordnungen verweisen jedoch direkt oder indirekt auf sie.

Das **Energiewirtschaftsgesetz (EWG)** verweist, wie unter Abschnitt 4.1 beschrieben, auf die hervorragende Stellung der VDE-Bestimmungen.

Das **Gesetz über technische Arbeitsmittel (Maschinenschutzgesetz)** verpflichtet Hersteller und Importeure, Arbeits- und Kraftmaschinen, Werkzeuge, Geräte, persönliche Schutzausrüstung, Hebe- und Förderanlagen, Heizungs-, Lüftungs- und Beleuchtungseinrichtungen nach den anerkannten Regeln der Technik und Sicherheit herzustellen.

Nach der **Gewerbeordnung** kann die Bundesregierung für überwachungsbedürftige Anlagen Rechtsverordnungen erlassen. Bezüglich der Elektrotechnik wurden bisher drei Verordnungen erlassen, und zwar über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen, über Aufzugsanlagen und über brennbare Flüssigkeiten.

Nach § 3 der **Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (VOex)** müssen elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen nach den Vorschriften der Gewerbeordnung und den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet und betrieben werden.

Ebenso bezieht sich die **Verordnung über die Errichtung und den Betrieb von Aufzugsanlagen (AufzugsVO)** auf einzelne VDE-Bestimmungen. In der **Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF)** sowie den Technischen Richtlinien für brennbare Flüssigkeiten zur VbF wird ebenfalls auf die VDE-Bestimmungen verwiesen.

Gemäß der **Unfallverhütungsvorschrift (UVV) über elektrische Anlagen und Betriebsmittel** sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten. Nach § 9 gelten sie im Zweifel als beachtet, wenn nach den VDE-Bestimmungen verfahren wird.

4.2.1 Verordnungen der Länder

In der **Versammlungsstättenverordnung (VStättV)** und in der **Warenhausverordnung (WaV)** wird gefordert, daß elektrische Anlagen nach den anerkannten Regeln der Technik ausgeführt werden; die Sicherheitsbeleuchtung muß VDE 0108 genügen. Die **Garagenverordnung (GaV)** schreibt ebenfalls die Ausführung elektr. Anlagen nach den anerkannten

Regeln der Technik vor. In manchen Ländern gelten die Garagen als feuergefährdete Betriebsstätten.

Die **Arbeitsstättenverordnung** schreibt u. a. vor, daß eine Sicherheitsbeleuchtung nach VDE 0108 eingebaut wird.

Die **Technischen Anschlußbedingungen (TAB)** der Energieversorgungsunternehmen (EVU) beziehen sich auf Starkstromanlagen bis 1000 V und gelten für den Anschluß und Betrieb von Kundenanlagen, die gemäß § 6 Abs. 1 des EWG an das Niederspannungsnetz des EVU angeschlossen werden. Darin wird im einzelnen auf VDE-Bestimmungen verwiesen.

4.2.2 Verfügungen des BPM

In der **Fernmeldebauordnung der Deutschen Bundespost (FBO)** und in einer Anzahl einschlägiger Richtlinien, z. B. über Starkstromanlagen, Beleuchtungsanlagen usw., die mit BPM-Verfügung genehmigt wurden, wird auf die Einhaltung der entsprechenden VDE-Bestimmungen verwiesen.

4.3 VDE-Bestimmungen 0100

Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

Die VDE-Bestimmungen 0100 befassen sich mit dem Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V. Je nach dem Wortlaut handelt es sich um eine „Muß-Bestimmung“ (= Vorschrift), um eine „Soll-Bestimmung“ (= Regel) oder um eine „Kann-Bestimmung“ (= Leitsatz). Es werden in diesem Abschnitt die wichtigsten Teile erläutert und Hinweise für die praktische Ausführung gegeben. Bezüglich der Verlegung von Leitung und Kabel sowie dem Einsatz von Überschutzorganen wird auf Abschnitt 2. verwiesen.

4.3.1 Definition wichtiger Begriffe

Als **Starkstromanlagen** gelten elektrische Anlagen mit Betriebsmitteln zum Erzeugen, Umwandeln, Speichern, Fortleiten, Verteilen und Verbrauchen elektrischer Energie.

Unter **Leitungsnetz** versteht man die Gesamtheit aller Leitungen und Kabel vom Stromerzeuger bis zum Anschluß des Verbrauchsmittels.

Der **Hausanschlußkasten** enthält die Hausanschlußsicherungen und gilt als Übergabestelle vom öffentlichen Verteilungsnetz zur Verbrauchsanlage.

Die **Verbraucheranlage** beginnt hinter dem Hausanschlußkasten und umfaßt die Gesamtheit aller elektrischen Betriebsmittel. Bei Anschluß an das Mittelspannungsnetz beginnt sie an der Niederspannungshauptverteilung.

Als **elektrische Betriebsmittel** gelten alle Gegenstände zum Erzeugen, Fortleiten, Verteilen, Speichern, Messen, Umsetzen und Verbrauchen elektrischer Energie, auch im Bereich der Fernmeldetechnik.

Die **elektrischen Verbrauchsmittel** wandeln die elektrische Energie in eine nichtelektrische Energieart um, z. B. in chemische Energie, Wärme, Schall, Licht usw. oder machen sie zur Nachrichtenübertragung nutzbar.

Überstromschutzorgane unterbrechen selbsttätig den Strom bei Überschreitung der vorgeschriebenen Grenze (Schmelzsicherungen, Leitungsschutz-, Motorschutz- und Sollsicherer).

Abb. 4.1 zeigt die **Leiter**, z. B. bei der Schutzmaßnahme Nullung mit besonderem Schutzleiter.

Außenleiter verbinden die Stromquelle mit dem Verbrauchsmittel, jedoch nicht vom Mittel- oder Sternpunkt ausgehend. **Mittelleiter** gehen z. B. vom Mittelpunkt eines Dreileitersystems aus. **Schutzleiter** verbinden die Körper je nach Schutzmaßnahme mit dem Nulleiter oder mit dem Erder. Der **Nulleiter** ist ein unmittelbar geerdeter Leiter, im allgemeinen der geerdete Mittelleiter. Neben der Betriebsfunktion (Führung des Betriebsstromes als Mittelleiter) hat er auch die Schutzfunktion als

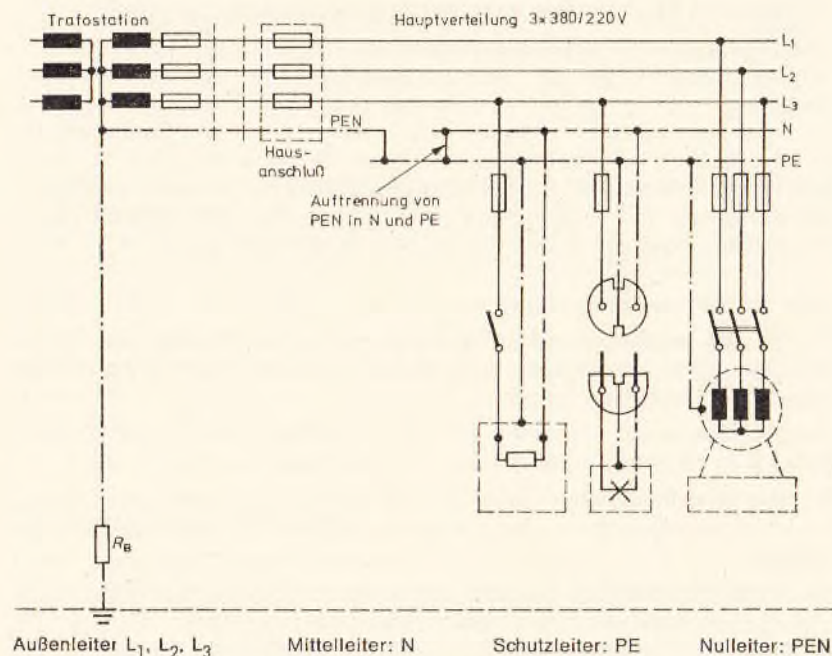


Abb. 4.1 – Darstellung der Leiter

Schutzleiter (Führung des Fehlerstromes). In der Tabelle 4.2 sind die frühere sowie jetzige Kennzeichnung der Leiter angegeben.

Leiterbezeichnung	Kennzeichnung			
	nach DIN 40 705	früher	Farbe	Bildzeichen
Wechselstromnetz	Außenleiter 1 L 1 Außenleiter 2 L 2 Außenleiter 3 L 3 Mittelleiter N	R S T Mp	nicht festgelegt*) nicht festgelegt*) nicht festgelegt*) blau	
Gleichstromnetz	Positiv L+ Negativ L- Mittelleiter M	P N	nicht festgelegt*) nicht festgelegt*) blau	+
Schutzleiter, Erdungsleiter mit Schutzfunktion	PE	SL	grün-gelb	⏚
Nulleiter (Mittelleiter mit Schutzfunktion)	PEN	Mp/SL oder NL	grün-gelb	⏚
Erde	E	E	nicht festgelegt	⏚

*) empfohlen schwarz, ersatzweise braun

Tabelle 4.2 – Kennzeichnung der Leiter

Grün-gelb gekennzeichnete Leiter dürfen nicht als Außenleiter oder Mittelleiter verwendet werden. Umgekehrt dürfen andersfarbige Leiter nicht als Leiter mit Schutzfunktion eingesetzt werden. Wird bei einer Leitung oder einem Kabel kein Mittelleiter mitgeführt, darf eine blaue Ader auch für andere Zwecke verwendet werden. Bei einadrigen isolierten Leitungen und Kabeln darf auf die durchgehende Farbkennzeichnung verzichtet werden, wenn an den Enden eine dauerhafte Kennzeichnung angebracht wird (für PE, PEN grün-gelb; für N blau).

Aktive Teile sind Leiter und leitfähige Teile der Betriebsmittel, die unter normalen Betriebsbedingungen unter Spannung stehen (z. B. Motorwicklungen, Lampen usw.). Als **Körper** gelten berührbare leitfähige Teile von Betriebsmitteln (Gehäuse), die im Fehlerfall unter Spannung stehen können.

Nennspannung, Nennstrom, Nennleistung, Nennfrequenz sind Werte, welche die Bemessung der Betriebsmittel kennzeichnen. Der **Handbereich** ist der Bereich, den ein Mensch von seinem Standpunkt aus üblicherweise mit der Hand erreichen kann. Von der Standfläche aus gemessen, gilt 2,50 m nach oben und 1,25 m in seitlicher Richtung und nach unten.

Der **Stromkreis** ist im allgemeinen die Strombahn zwischen dem Überstromschutzorgan und dem Verbrauchsmittel. Als Freischalten gilt das

allseitige Abschalten oder Abtrennen einer Anlage oder von Betriebsmitteln von allen nicht geerdeten Leitern (vgl. auch VDE 0105).

Der **Schleifenwiderstand** ist die Summe der Widerstände einer Stromschleife. Er stellt bei der Beurteilung der Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter ein wichtiges Kriterium dar. Unter **Erden** versteht man das Verbinden eines Punktes des Betriebsstromkreises (z. B. Sternpunkt eines Wechselstromsystems) oder eines nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden leitfähigen Teils (Potentialausgleich) über eine Erdungsanlage mit dem Erdreich.

Die **Erdungsanlage** ist die Gesamtheit aller miteinander leitend verbundenen Erder mit einer Erdungsleitung. Die **Erder** sind die im Erdreich eingebetteten leitend verbundenen Leiter. Unter **Ausbreitungswiderstand** eines Erders oder einer Erdungsanlage versteht man den Widerstand des Erdreichs zwischen dem Erder bzw. der Erdungsanlage. Die Summe der Ausbreitungswiderstände ergeben mit dem Widerstand der Erdungsleitung den **Erdungswiderstand**. Für den Bereich der Starkstromanlagen dürfen bei Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren bestimmte Höchstwerte nicht überschritten werden. Für den Bereich der Fernmeldetechnik sind nach der Fernmeldebauordnung (FBO) ebenfalls höchstzulässige Werte für verschiedene Arten von Fernmeldeeinrichtungen angegeben.

Durch den **Potentialausgleich** werden Potentialunterschiede beseitigt, und zwar zwischen Schutzleitern (Nulleitern), leitfähigen Rohrleitungen und Gebäudeteilen. Eine genaue Beschreibung über die Ausführung enthält VDE 0100 § 49 sowie VDE 0190 (vgl. Abschn. 4.5).

Die acht verschiedenen **Raumarten** lassen sich nur nach genauer Kenntnis der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse, auch oft nur von einem Sachverständigen oder gemäß den Bauordnungen der Länder einteilen. Nach Festlegung einer bestimmten Art muß die Anlage entsprechend ausgeführt werden. **Elektrische Betriebsstätten** dienen im wesentlichen dem Betrieb elektrischer Anlagen und dürfen in der Regel nur von unterwiesenen Personen bzw. Fachkräften betreten werden, z. B. Verteilungsanlagen in abgetrennten Räumen. **Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten** dienen ausschließlich dem Betrieb elektrischer Anlagen und dürfen nur von unterwiesenen Personen oder Fachkräften betreten werden, z. B. Mittelspannungsanlagen, Maschinengebäude oder Maschinenräume mit Netzersatz- oder Schwungkraftumformer-Diesel-Anlagen, Triebwerksräume von Aufzügen. Zu den **trockenen Räumen** zählen Wohnräume, Büros, Dachböden, Treppenhäuser sowie beheizte oder belüftbare Kellerräume. Küchen und Bäder in Wohnungen gelten ebenfalls als trockene Räume. Für die Schutzbereiche in Bädern gelten besondere Vorschriften. In **feuchten und nassen Räumen** können Feuch-

tigkeit und Kondenswasser entstehen, z. B. in Wasch- und Wartungsständen in Kfz-Unterhaltungsanlagen, Großküchen, Luftschutzräumen, Pumpenräumen, unbeheizten bzw. unbelüfteten Kellerräumen, Schutzbereichen in Baderäumen.

Anlagen im Freien sind außerhalb von Gebäuden als Teil oder Teile von Verbraucheranlagen errichtete Anlagen auf Straßen, Wegen und Plätzen, z. B. in Höfen, Durchfahrten und Gärten, auf Bauplätzen, Bahnsteigen, Rampen und Dächern, an Kranen, Baumaschinen, Tankstellen und Gebäudeaußenwänden sowie unter Überdachungen.

Geschützte Anlagen im Freien sind z. B. Anlagen auf überdachten Bahnsteigen, in Toreinfahrten und überdachten Tankstellen. Es gelten die Bestimmungen für feuchte und nasse Räume.

Ungeschützte Anlagen im Freien sind z. B. Anlagen auf Rampen und auf nicht überdachten Bahnsteigen. Sie sind dem Wetter unmittelbar ausgesetzt. Die Betriebsmittel müssen daher mindestens sprühwassergeschützt (Schutzart IP 3; Kurzzeichen 1 Tropfen im Quadrat) ausgeführt sein, für Leuchten genügt regengeschützt. Im übrigen gelten die Bestimmungen für feuchte und nasse Räume.

Leitungen, die von trockenen Räumen aus zu Gebäudeaußenwänden führen, müssen demnach Feuchtraumleitungen oder Kabel sein.

Feuergefährdete Betriebsstätten sind Räume, in denen sich leichtentzündliche Stoffe in gefahrdrohenden Mengen den elektrischen Betriebsmitteln so nähern können, daß durch höhere Temperatur oder Lichtbögen an den Betriebsmitteln eine Brandgefahr entsteht, z. B. in Schreinerei-Werkstätten. Außerdem werden nach den Verordnungen einiger Bundesländer auch Garagen samt Nebenräumen für Kfz mit Vergaserkraftstoffen und Räume für Ölfeuerungsanlagen in Zentralheizungen als feuergefährdet bezeichnet.

Aus den Bestimmungen über feuergefährdete Betriebsstätten sollen hier nur vorwiegend die bei Hausinstallationen vorkommenden Fälle behandelt werden. Die Installation in Verarbeitungsbetrieben muß im einzelnen gemäß VDE 0100 § 50 vorgenommen werden. In feuergefährdeten Betriebsstätten müssen Maßnahmen des Kurzschluß-Brandschutzes und des Erdschluß-Brandschutzes vorgenommen werden. **Kurzschluß-Brandschutz** ist bei Einhaltung der 1. Nullungsbedingung ($I_A \geq k \cdot I_N$) gegeben. Diese Bedingung ist ggf. auch bei anderen Schutzmaßnahmen einzuhalten. **Erdschluß-Brandschutz** ist z. B. durch Verwendung von Feuchtraumleitungen sichergestellt (andere Maßnahmen sind nach § 50 VDE 0100 möglich). Stegleitungen können nur verlegt werden, wenn der Raum als trockener Raum anzusehen ist, weil er beheizt und belüftet ist. Wenn Staub- oder Faserstoffe die Feuergefährdung ver-

ursachen, müßten in diesem Fall mindestens tropfwassergeschützte Betriebsmittel verwendet werden, die zusammen mit Stegleitungen nur in Unter-Putz-Ausführung möglich sind.

Bei Anwendung der Schutzmaßnahme Nullung müssen auch über 10 mm^2 Schutzleiter und Mittelleiter getrennt in den Raum geführt werden. Darauf wird jedoch bei Garagen und Ölfuerungsanlagen verzichtet, was aber wegen der dort verwendeten kleineren Querschnitte ohne praktische Bedeutung ist. Auch die ab 10 mm^2 erforderliche Trennklemme für den Mittelleiter ist in Garagen und Ölfuerungsanlagen nicht erforderlich.

Dem **Potentialausgleich** kommt in feuergefährdeten Räumen erhöhte Bedeutung zu, daher sind außer den nach VDE 0190 ohnehin zu verbindenden Rohrleitungen auch Gebäudekonstruktionsteile aus Stahl mit dem Schutzleiter gut leitend zu verbinden. Dies muß in Verteilungstafeln oder besser an der Potentialausgleichschiene durchgeführt werden. **Bewegliche Leitungen** müssen mindestens H07RN-F sein. Bei Verwendung von Feuchtraumleitungen für die feste Verlegung empfiehlt sich die Verwendung des zugehörigen Installationsmaterials (Schalter, Steckdosen, Verbindungsdosen). Bei Installationen in Räumen, die durch **Staub- oder Faserstoffe** feuergefährdet sind, ist mindestens Tropfwasserschutz für die Betriebsmittel vorgeschrieben, da dieses Material gekapselt und die Leitungseinführung entsprechend abgedichtet ist. Die Öffnung für das Kondenswasser darf hierbei natürlich nicht aufgemacht werden. Steckvorrichtungen sollen ein Isolierstoffgehäuse haben.

Motoren müssen durch einen Motorschutzschalter oder gleichwertige Einrichtungen geschützt werden. **Leuchten** müssen ein Gehäuse aus schwer entflammablem Werkstoff haben, daher ist bei Schiffsarmaturen aus Kunststoff ganz besonders auf das VDE-Zeichen zu achten. In Räumen mit Feuergefährdung durch Staub- und Faserstoffe müssen sie mindestens staubgeschützt sein (IP5.). An Stellen, an denen mit mechanischer Beschädigung z. B. durch sperrige Gegenstände zu rechnen ist, müssen Lampen und Einbauteile von Leuchten z. B. durch Abdeckungen mit genügender Festigkeit, durch widerstandsfähige Schutzgitter, Schutzkörbe, Schutzgläser geschützt sein. Diese Schutzvorrichtung darf bei nachträglicher Befestigung nicht an der Fassung angebracht werden.

Ob und welche **Wärmegeräte** in Garagen aufgestellt werden dürfen, ist in den Garagenverordnungen der einzelnen Bundesländer geregelt. Dort ist auch die höchstzulässige Gehäusetemperatur von Heizgeräten geregelt, die für übrige feuergefährdete Räume nicht über 115°C liegen darf. Wärmegeräte müssen auf feuersicherer Unterlage stehen und die Berührung von entzündlichen Stoffen mit dem Heizleiter durch Vorrichtungen verhindern. Wärmespeicher-Heizgeräte dürfen in Räumen, die

durch Staub- oder Faserstoffe feuergefährdet sind, nicht verwendet werden.

Die elektrischen Betriebsmittel einer Feuerungsanlage müssen im Gefahrenfall durch einen handbetätigten **Gefahrenschalter** (Not-Schalter) vom Netz abgeschaltet werden können. Dieser Schalter muß außerhalb des Heizraums angebracht und mit „Gefahrenschalter“ beschriftet sein.

Explosionsgefährdete Betriebsstätten sind alle Räume und Bereiche, in denen sich nach den örtlichen oder betrieblichen Verhältnissen Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube, die mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden, in gefahrdrohender Menge ansammeln können, z. B. bestimmte Bereiche bei Tankanlagen und Farbspritzkabinen. Als **elektrische Anlagen auf Baustellen** gelten elektrische Einrichtungen für Arbeiten an Hoch- und Tiefbaustellen. Landwirtschaftliche Betriebsstätten sind Räume, Orte oder Bereiche, die Zwecken der Landwirtschaft dienen.

Abb. 4.3 zeigt die häufigsten Fehlerarten.

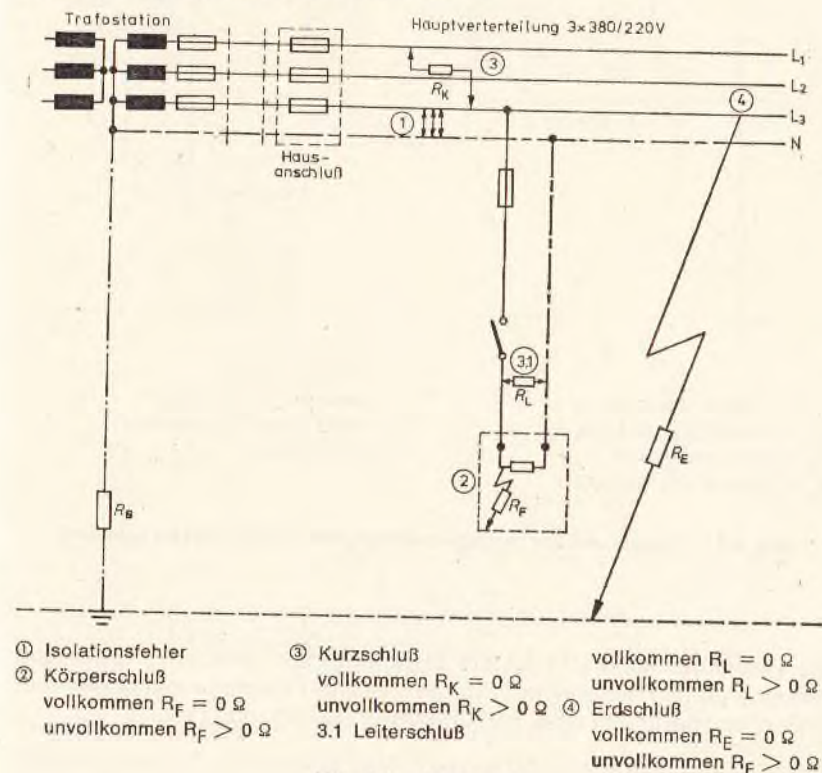


Abb. 4.3 – Fehlerarten

Außerdem können noch Fehler auftreten durch Unterbrechungen von Nulleiter, Mittelleiter, Außenleiter sowie schlechte Kontakte an Klemm- und Schaltstellen. Als Folge eines Körperschlusses treten, wie Abb. 4.4 zeigt, Fehler- und Berührungsspannung auf.

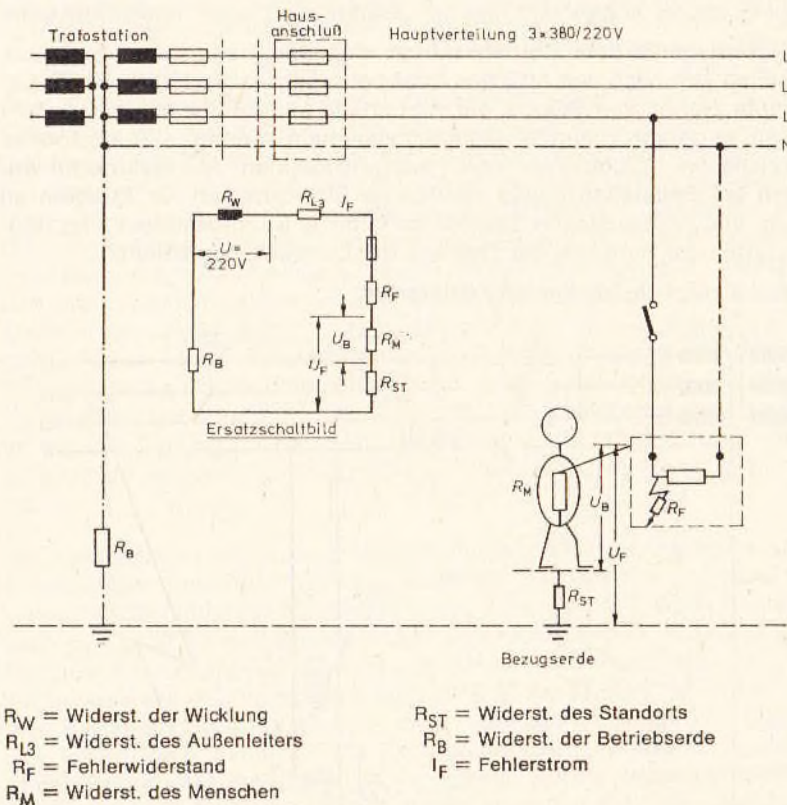


Abb. 4.4 – Fehler- und Berührungsspannung bei nichtisoliertem Standort

Die Fehlerspannung (U_F) ist die Spannung, die zwischen Körper und Bezugserde im Fehlerfall auftritt. Der Teil der Fehlerspannung, der vom Menschen überbrückt wird, heißt Berührungsspannung (U_B).

Im folgenden Beispiel soll anhand des Ersatzschaltbildes nach Abb. 4.4 gezeigt werden, in welcher Größenordnung auftretende Fehler- und Berührungsspannungen bei unvoll-

kommenem Körperschluß liegen können. Für die Widerstandswerte werden folgende in der Praxis vorkommende Werte eingesetzt:

$$R_W = 0,1 \Omega, R_{L3} = 0,5 \Omega, R_F = 5 \Omega, R_M = 3000 \Omega, R_{ST} = 500 \Omega, R_B = 2 \Omega,$$

Damit ergibt sich ein Gesamtwiderstand R_{ges} von

$$R_{ges} = R_W + R_{L3} + R_F + R_M + R_{ST} + R_B$$

$$R_{ges} = 0,1 \Omega + 0,5 \Omega + 5 \Omega + 3000 \Omega + 500 \Omega + 2 \Omega$$

$$R_{ges} = 3507,6 \Omega.$$

Der auftretende Fehlerstrom

$$I_F \text{ beträgt dann } I_F = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{220 V}{3507,6 \Omega} = 0,062 A$$

Dieser Strom durchfließt den menschlichen Körper, was höchste Lebensgefahr bedeutet.

Die Fehlerspannung beträgt: $U_F = I_F \cdot (R_M + R_{ST})$

$$U_F = 0,062 A \cdot (3000 \Omega + 500 \Omega) = 217 V.$$

Die Berührungsspannung beträgt: $U_B = I_F \cdot R_M = 0,062 A \cdot 3000 \Omega = 186 V.$

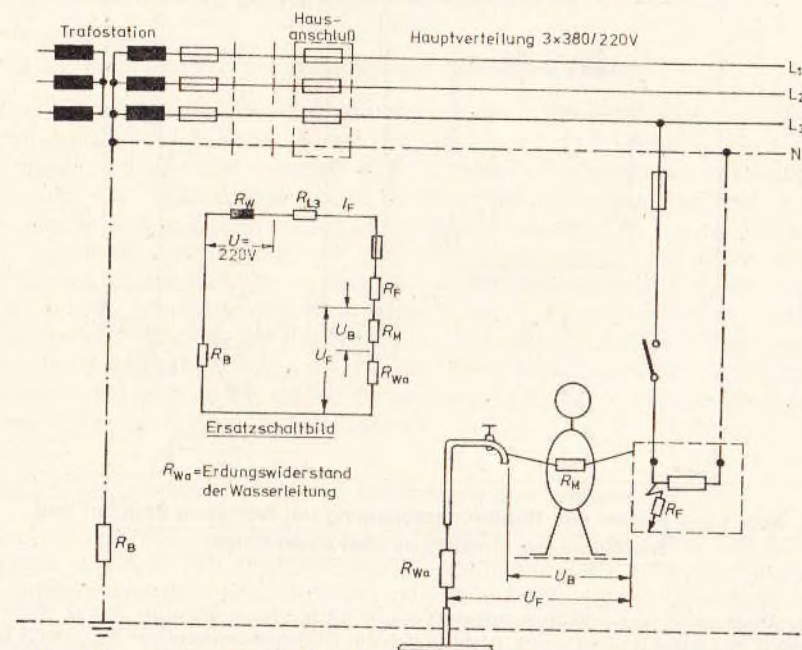


Abb. 4.5 – Fehler- und Berührungsspannung bei isoliertem Standort und Berührung einer Wasserleitung

Die Abb. 4.5 zeigt Fehler- und Berührungsspannung bei gleichzeitiger Berührung eines fehlerhaften Gerätes und einer Wasserleitung, wenn die Person auf einem isolierenden Fußboden steht.

Für die einzelnen Widerstände werden folgende Werte angenommen: $R_W = 0,1 \Omega$, $R_{L3} = 0,5 \Omega$, $R_F = 5 \Omega$, $R_M = 3000 \Omega$, $R_{Wb} = 2 \Omega$ und $R_B = 2 \Omega$. Der Gesamtwiderstand beträgt dann $R_{ges} = 0,1 \Omega + 0,5 \Omega + 5 \Omega + 3000 \Omega + 2 \Omega + 2 \Omega = 3009,6 \Omega$.

Damit ergibt sich ein Fehlerstrom von $I_F = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{3009,6 \Omega} = 0,073 \text{ A}$.

Es besteht wieder höchste Lebensgefahr. Für die Fehlerspannung errechnet sich ein Wert von $U_F = I_F \cdot (R_M + R_{Wb}) = 0,073 \text{ A} \cdot (3000 \Omega + 2 \Omega) = 219 \text{ V}$ und für die Berührungsspannung ein Wert von $U_B = I_F \cdot R_M = 0,073 \text{ A} \cdot 3000 \Omega = 219 \text{ V}$. Wie in Abb. 4.6 dargestellt, sind bei Berührung eines Mittelleiters über einen Körper Fehler-spannung und Berührungsspannung gleich groß.

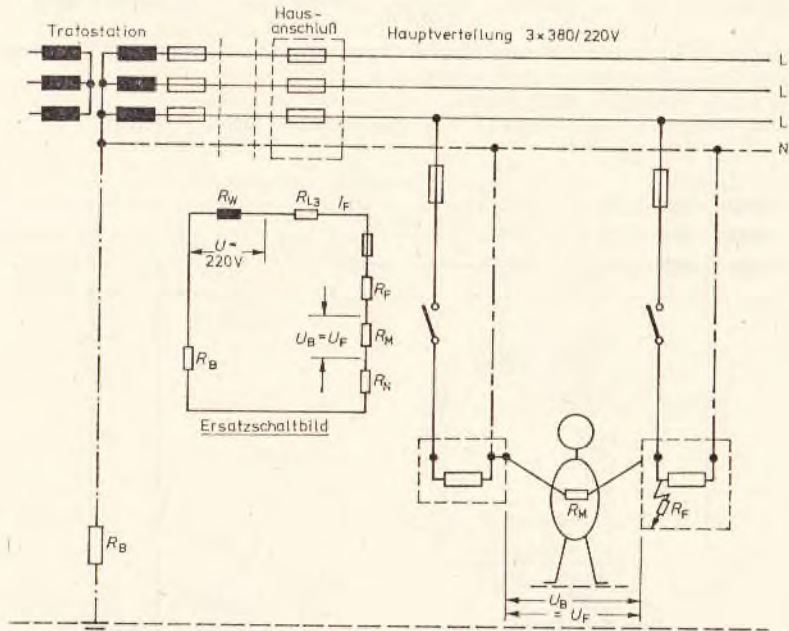


Abb. 4.6 – Fehler- und Berührungsspannung bei isoliertem Standort und Berührung des Mittelleiters über einen Körper

Bei Abnahme folgender Widerstandswerte $R_W = 0,1 \Omega$, $R_{L3} = 0,5 \Omega$, $R_F = 5 \Omega$, $R_M = 3000 \Omega$, $R_N = 0,5 \Omega$ und $R_B = 2 \Omega$ ergibt sich ein Gesamtwiderstand von $R_{ges} = 0,1 \Omega + 0,5 \Omega + 5 \Omega + 3000 \Omega + 0,5 \Omega + 2 \Omega = 3009,1 \Omega$. Der Fehlerstrom ist dann $I_F = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{3009,1 \Omega} = 0,073 \text{ A}$ (= höchste Lebensgefahr!). $U_F = U_B = 219 \text{ V}$.

Fließt durch einen Erder oder eine Erdungsanlage ein Strom (z. B. durch Blitzeinschlag oder fehlerhafte Leitungen verursacht), tritt beim Überbrücken durch den Menschen mit einer Schrittweite von 1 m die **Schrittspannung** auf.

Der **Ableitstrom** fließt betriebsmäßig zwischen aktiven Teilen und nicht-aktiven Teilen, z. B. Körpern, wenn diese mit dem Mittelleiter oder der Erde leitend verbunden sind. Die Höhe der Ableitströme ist nach VDE 0701, VDE 0720, VDE 0730 und VDE 0875 festgelegt. Je nach Schutzklasse (Schutzklasse I = Gerät mit Schutzleiteranschluß, Schutzklasse II = Gerät mit Schutzisolierung und Schutzklasse III = Gerät für Schutzkleinspannung) und Art des Gerätes dürfen bestimmte Höchstwerte (Größenordnung 0,5 bis 15 mA) je Gerät nicht überschritten werden. Die Werte sowie die Messung des Abflußstromes sind in Abschnitt 4.6 angegeben.

4.3.2 Schutzmaßnahmen

Durch die Schutzmaßnahmen sollen Unfälle verhütet werden. Man unterscheidet Maßnahmen zum **Schutz gegen direktes Berühren** und Maßnahmen zum **Schutz bei indirektem Berühren**.

4.3.2.1 Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren

Die aktiven Teile elektrischer Betriebsmittel müssen entweder vollständig isoliert oder abgedeckt sein (vollständiger Schutz) oder mindestens teilweise in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten (teilweiser Schutz). Der vollständige Schutz schützt gegen direktes Berühren, der teilweise Schutz gegen zufälliges Berühren, wie es z. B. bei der Bedienung von Anlagen möglich ist. Welche Art anzuwenden ist, richtet sich nach der Zugänglichkeit zu den Betriebsmitteln, der Art der Betriebsmittel, der Raumart, dem Handbereich, den Umwelteinflüssen sowie der Art der Tätigkeit der Personen. Die meisten bei der DBP eingesetzten Betriebsmittel sind gegen direktes Berühren vollständig geschützt. Ausnahmen gibt es bei der Stromversorgung im fernmeldetechnischen wie im maschinentechnischen Bereich.

4.3.2.2 Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren

Die Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren sollen das Auftreten zu hoher Berührungsspannung verhindern. Als zu hohe Berührungsspannungen gelten Spannungen über 65 V (nach internationaler Harmonisierung voraussichtlich 50 V). Schutzmaßnahmen sind bei Anlagen unter 65 V/50 V Spannung gegen Erde nicht erforderlich. Die Wirksamkeit der angewandten Schutzmaßnahmen muß dauernd gewährleistet sein. Von den acht Schutzmaßnahmen arbeiten drei **ohne Schutzleiter**, und zwar

- Schutzisolierung, einschließlich Standortisolierung,
- Schutzkleinspannung und
- Schutztrennung;

die restlichen fünf mit **Schutzleiter**, und zwar

- Nullung,
- Schutzerdung,
- Schutzleitungssystem,
- FU-Schutzschaltung und
- FI-Schutzschaltung.

Für den Schutzleiter ist folgendes zu beachten: Er muß bei isolierten Leitungen und Kabeln in seinem ganzen Verlauf grüngelb gekennzeichnet sein. Diese Kennzeichnung darf für keinen anderen Leiter angewandt werden (vgl. Abschnitt 2).

Nur in Schalt- und Verteilungsanlagen darf aber diese Kennzeichnung in bestimmten Fällen entfallen. Der Schutzleiter ist sorgfältig zu verlegen und an gekennzeichneten Anschlußstellen anzuschließen. Werden Konstruktionsteile als Leiter verwendet, sind besondere Bedingungen zu beachten; Schutzleiterverbindungen und Schutzleiteranschlüsse sind gegen Selbstlockern zu sichern. Für mehrere Stromkreise darf ein gemeinsamer Schutzleiter verwendet werden, wenn er getrennt verlegt, mechanisch ausreichend geschützt und möglichst im Zuge der zugehörigen Stromkreise geführt ist oder mit dem zugehörigen Stromkreis in einer gemeinsamen Umhüllung geführt wird.

Bei der **Schutzisolierung** der Betriebsmittel werden zusätzlich zur Isolierung der aktiven Teile (Betriebsisolierung) alle Körper fest und dauerhaft mit Isolierstoff bedeckt. Als schutzisoliert gelten Betriebsmittel mit isolierenden Gehäusen und Abdeckungen, z. B. Feuchtraumleuchten, Leitungen nach VDE 0250, vollisoliertes Installationsmaterial und Maschinen, deren leitfähige Teile durch Isolierzwischenteile von den aktiven Teilen getrennt sind (z. B. Bohrmaschinen, Haushaltsgeräte, Rasierapparate). Nicht als Schutzisolierung gelten Lack- und Emailleüberzüge, Schutzisolierte Betriebsmittel müssen mit dem Zeichen  nach DIN 40014 gekennzeichnet sein. Die **Standortisolierung** gehört ebenfalls zur Schutzisolierung, ist jedoch nur bei ortsfesten Betriebsmitteln zulässig. Die gegen Erde nicht isolierten Standorte sind mit isolierenden Belägen abzudecken, z. B. Standortisolierung vor einer Schaltanlage oder isolierende Fußböden in Wohnungen. Die Standortisolierung muß so groß sein, daß ein Berühren der Betriebsmittel nur vom isolierten Standort aus möglich ist. Zu beachten ist, daß bei mehreren vorhandenen Betriebsmitteln, wenn diese vom isolierenden Standort aus gleichzeitig berührt werden können, diese durch eine Potentialausgleichsleitung miteinander verbunden sein müssen, da sonst, wie in Abb. 4.6 gezeigt, Berührungsspannung auftreten kann. Aus diesem Grund sollten auch in Räumen mit isolierenden Fußböden nur Steckdosen mit Schutzkontakt installiert werden, sofern nicht die

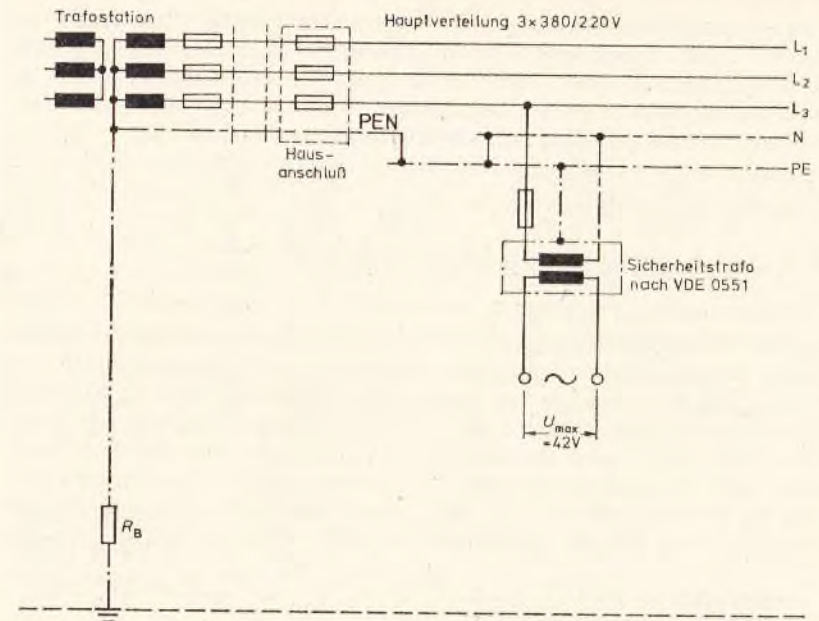


Abb. 4.7 – Erzeugung von Schutzkleinspannung

Schutzmaßnahmen Schutzkleinspannung oder Schutztrennung angewandt werden. An schutzisolierten Verbrauchsmitteln darf kein Schutzleiter angeschlossen werden. Bei der Instandsetzung ist die Auswechslung einer 2adrigen gegen eine 3adrige Leitung zwar zugelassen, jedoch darf der Schutzleiter nicht an das Verbrauchsmittel angeschlossen werden.

Bei der **Schutzkleinspannung** darf die Nennspannung nicht höher als 42 V sein, bei Spielzeug, bei Ruf- und Signalanlagen in Baderäumen sowie bei der Tierhaltung nicht höher als 24 V. Aktive Teile auf der Kleinspannungsseite dürfen weder geerdet, noch mit aktiven Teilen höherer Spannung leitend verbunden werden.

Abb. 4.7 zeigt die Erzeugung der Kleinspannung mit einem Sicherheitsrafo. Die Wicklungen müssen elektrisch voneinander getrennt sein. Die Spannung kann auch mit Umformern mit elektrisch getrennten Wicklungen, mit Akkumulatoren und mit galvanischen Elementen erzeugt werden. Installationsmaterial und Leitungen müssen mit Ausnahme von Spielzeug und Fernmeldegeräten für mindestens 250 V Spannung isoliert sein. Es dürfen nur Steckvorrichtungen nach DIN 49 465 verwendet werden, die nicht in Steckdosen für höhere Spannungen

gen eingeführt werden können. Verbrauchsmittel für Kleinspannung dürfen keine Schutzleiterklemmen haben. Die Schutzkleinspannung wird hauptsächlich bei Spielzeug, Klingel-, Türöffner- und Sprechanlagen, für Handleuchten in begehbaren Kesseln und engen Räumen sowie für die Beleuchtung von Kfz-Waschgruben angewandt.

Es gelten folgende Zeichen:

allgemein für Geräte mit Schutzkleinspannung



für Spielzeug mit Schutzkleinspannung bis 24 V



für kurzschlußfeste Geräte



Bei der **Schutztrennung** ist der Verbraucher über einen **Trenntransformator** mit einer sekundärseitigen Spannung von höchstens 380 V vom Netz getrennt. Der aktive Teil eines angeschlossenen Verbrauchsmittels ist damit von Erde getrennt, solange kein Erdschluß auftritt (vgl. Abb. 4.8), kann auch keine Berührungsspannung auftreten. Die Sekundärseite darf nicht geerdet werden! Die Übersetzung des Trenntransformators ist im allgemeinen 1:1. Bei zweipoligen Verbrauchsmitteln darf die Spannung auf der Sekundärseite nicht höher als 250 V sein, bei

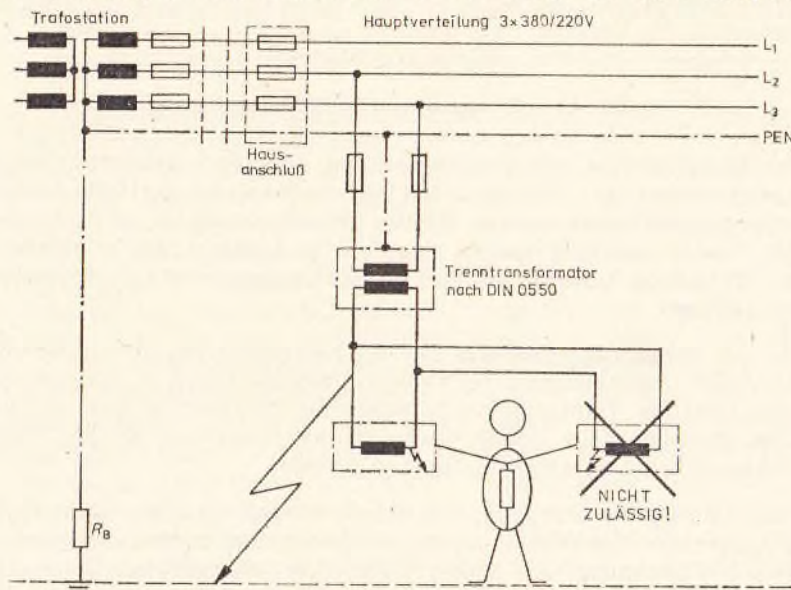
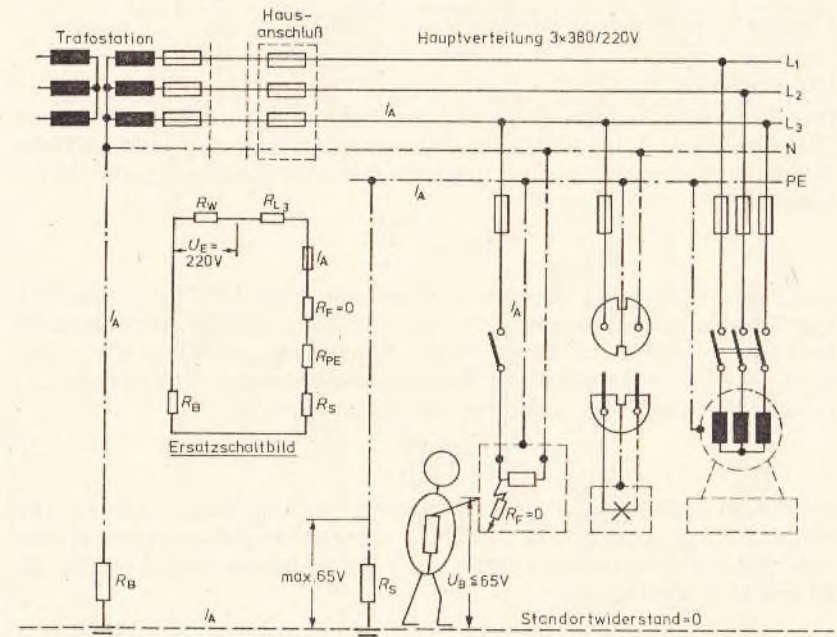


Abb. 4.8 – Schutzmaßnahme Schutztrennung

dreipoligen nicht höher als 380 V. Der Nennstrom darf 16 A nicht übersteigen. Wegen der Möglichkeit des Auftretens von zwei gleichzeitigen Körperschlüssen durch verschiedene Phasen, wie in Abb. 4.8 darge-

stellt, darf an einen Trenntransformator nur ein Verbrauchsmittel angeschlossen werden. Bei Anschluß über eine Steckdose darf diese keinen Schutzkontakt haben. Die Trenntransformatoren müssen nach VDE 0550 gebaut sein. Sie sind mit dem Zeichen $\frac{\circ}{\circ}$ gekennzeichnet. Im Bereich der DBP darf bei Fernsprechhäuschen mit Wertzeigengebern die **Schutztrennung mit Potentialausgleich** angewandt werden. In diesem Fall dürfen an den Trenntransformator drei Steckdosen mit Schutzkontakt für die Wertzeigengeber angeschlossen werden, weil diese dann als ein Verbraucher zu betrachten sind. Die Schutzkontakte sind **einmal** an die Erdungsschraube des Fernsprechhäuschens anzuschließen, zum andern ist das Gehäuse des Wertzeigengebers über eine bewegliche Anschlußleitung mit dem Schutzkontakt der Steckdose zu verbinden.

Durch die **Schutzterdung** soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannung an Körpern verhindert werden. Wie Abb. 4.9 zeigt, werden die Körper der Verbrauchsmittel unmittelbar über den Schutzleiter PE



R_W = Widerstand der Wicklung
 R_{L3} = Widerstand des Außenleiters
 R_F = Widerstand zwischen aktivem Teil und Körper

R_{PE} = Widerstand des Schutzleiters
 R_S = Widerstand der Schutzterde
 R_B = Widerstand der Betriebs Erde

Abb. 4.9 – Schutzmaßnahme Schutzerdung

mit einem Erder oder einer Erdungsanlage (Schutzerdungswiderstand R_S) verbunden. Tritt ein vollkommener Körperschluß auf, müssen die Widerstandswerte des Leitungsnetzes und der Erdung so ausgelegt sein, daß der zum Fließen kommende Abschaltstrom das dem Verbrauchsmittel vorgeschaltete Überstromorgan (Schmelzsicherungen, Leitungsschutzschalter) sofort zum Auslösen bringt. Unter **Abschaltstrom** I_A versteht man ein Vielfaches des Nennstromes I_N , bei dem das Überstromschutzorgan im Bruchteil einer Sekunde auslöst. Der Abschaltstrom fließt über das Erdreich zum Sternpunkt des Transformators zurück. Das Vielfache wird durch den Faktor k ausgedrückt: $I_A = I_N \cdot k$. Da die verschiedenen Überstromschutzorgane erst bei verschiedenen hohen Abschaltströmen sofort auslösen, ergeben sich verschiedene **k-Faktoren**. Sie betragen im einzelnen in Verbraucheranlagen bei

– Schmelzsicherungen flink	3,5
– Schmelzsicherungen träge bis 50 A	3,5
– Schmelzsicherungen träge ab 63 A	5
– Schutzschalter mit Kurzschlußauslösung	1,25
– LS-Schalter Typ L	3,5
– LS-Schalter Typ H	2,5

Die Berührungsspannung U_B darf im Fehlerfall kurzzeitig höchstens 65 V erreichen, d. h., am Schutzerdungswiderstand darf keine höhere Spannung auftreten. Damit ergibt sich die erste Bedingung, die zu erfüllen ist:

$$R_S \leq \frac{65 \text{ V}}{I_A}$$

Die zweite Bedingung ist im Ersatzschaltbild nach Abb. 4.9 dargestellt. Der Schleifenwiderstand R_{Sch} muß so klein sein, daß der Abschaltstrom im Fehlerfall bei $R_F = 0$ zum Fließen kommt. $R_{Sch} = R_W + R_{L3} + R_{PE} + R_S + R_B$. R_F zählt nicht zum Schleifenwiderstand. In Zusammenhang mit dem **Abschaltstrom** errechnet sich R_{Sch} wie folgt:

$$R_{Sch} \leq \frac{U_E}{I_A}$$

An einem Beispiel soll gezeigt werden, welche Werte sich für die Schutzerdungswiderstände und die Schleifenwiderstände ergeben können. Für die Berechnung werden flinke Schmelzsicherungen mit 10, 20, 36 und 50 A angenommen.

I_N A	$I_A = I_N \cdot 3,5$ A	$R_S \leq \frac{65 \text{ V}}{I_A}$ Ω	$R_{Sch} \leq \frac{220 \text{ V}}{I_A}$ Ω
10	$10 \cdot 3,5 = 35$	$65 : 35 = 1,86$	$220 : 35 = 6,29$
20	$20 \cdot 3,5 = 70$	$65 : 70 = 0,93$	$220 : 70 = 3,14$
36	$36 \cdot 3,5 = 126$	$65 : 126 = 0,52$	$220 : 126 = 1,75$
50	$50 \cdot 3,5 = 175$	$65 : 175 = 0,37$	$220 : 175 = 1,25$

Die Ergebnisse zeigen, daß mit steigender Höhe des Nennstromes der Schmelzsicherungen die Schutzerdungswiderstände sowie die Schleifenwiderstände kleiner werden müssen. Man erkennt, daß die Werte von R_S maßgebend sind! Beim Anschluß eines Verbrauchsmittels mit höherer Leistung muß auch der Wert von R_S angepaßt werden, und zwar in einer Größenordnung, die in vielen Fällen, wenn überhaupt, nur durch hohe finanzielle Aufwendungen für die Erdungsanlage zu erreichen ist. In der Tabelle 4.10 sind die Mindestquerschnitte für die Schutzleiter angegeben. Die Schutzleiter müssen grüngelb gekennzeichnet sein. In Leitungsnetzen und Anlagen, in denen die Schutzerdung zugelassen ist, darf nicht genullt werden.

1	2	3	4	5
Nennquerschnitte				
Außenleiter mm ²	Schutzleiter		Schutzleiter blank (Cu)	
	Isolierte Starkstrom- leitungen mm ²	0,6/1-kV-Kabel mit 4 Leitern mm ²	geschützt mm ²	ungeschützt mm ²
bis 0,5	0,5	—	—	—
0,75	0,75	—	—	—
1	1	—	—	—
1,5	1,5	1,5	1,5	4
2,5	2,5	2,5	1,5	4
4	4	4	2,5	4
6	6	6	4	4
10	10	10	6	6
16	16	16	10	10
25	16	16	16	16
35	16	16	16	16
50	25	25	25	25
70	35	35	35	35
95	50	50	50	50
120	70	70	50	50
150	70	70	50	50
185	95	95	50	50
240	—	120	50	50
300	—	150	50	50
400	—	185	50	50

Tabelle 4.10 – Mindestquerschnitte für Schutzleiter bei Schutzerdung

Überstromschutzorgane im Schutzleiter sind unzulässig.

Durch die **Nullung** soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannung an Körpern verhindert werden. Man unterscheidet die **Nullung**

ohne besonderen Schutzleiter (die sogen. „klassische Nullung“) und die **Nullung mit besonderem Schutzleiter** (die sogen. „moderne Nullung“). Die Nullung ohne besonderen Schutzleiter (vgl. Abb. 4.12) ist seit Mai 1973 nur noch für Anlagen mit Leiterquerschnitten ab 10 mm² Cu zulässig, d. h. daß bei Leiterquerschnitten unter 10 mm² Cu ein besonderer Schutzleiter zu verlegen ist.

Bei Anwendung der Nullung (bei beiden Ausführungen) müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- 1) Wenn an irgendeiner Stelle des Leitungsnetzes ein vollkommener Körper-, Kurz- oder Erdschluß zwischen Außenleiter oder Nulleiter oder einem mit dem Nulleiter verbundenen Körper auftritt, muß mindestens der Abschaltstrom I_A des nächst vorgeschalteten Überstromorgans auslösen ($I_A \geq I_N \cdot k$).
- 2) Der Querschnitt des Nulleiters muß mindestens gleich dem des Außenleiters sein (gleicher Leitwert), kann jedoch bei Querschnitten über 16 mm² entsprechend der Tabelle 4.11 reduziert werden.

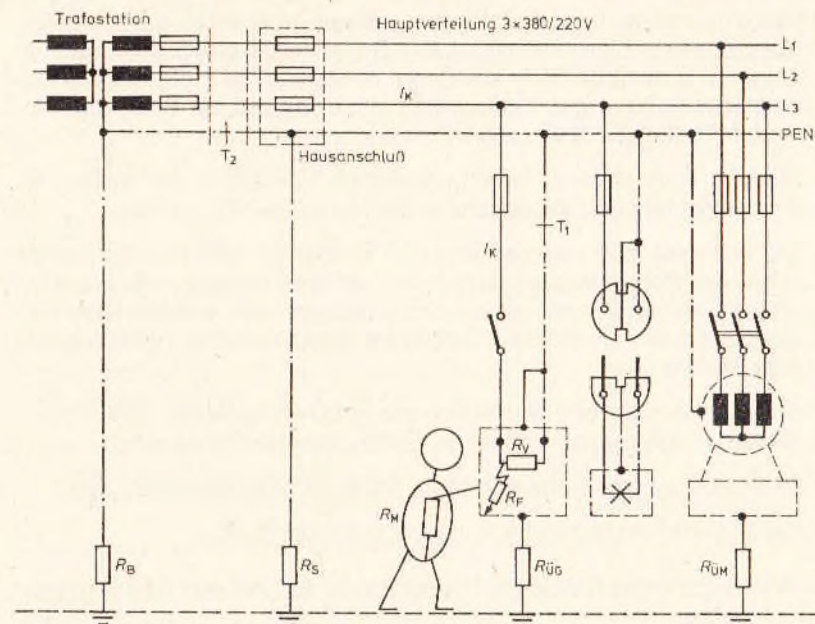
1	2	3
Außenleiter mm ²	Nulleiter	
	in Rohr, Mehradraderleitungen, Kabeln mm ²	in Freileitungen, in offen- verlegten Leitungen im Freien und in Gebäuden mm ²
1,5	1,5	—
2,5	2,5	—
4	4	4
6	6	6
10	10	10
16	16	16
25	16	25
35	16	35
50	25	50
70	35	50
95	50	50
120	70	70
150	70	70
185	95	95
240	120	120
300	150	150
400	185	185

Tabelle 4.11 — Nennquerschnitte für Nulleiter und besonderen Schutzleiter bei gleichem Werkstoff wie für Außenleiter bei Nullung

- 3) Der Nulleiter muß in der Nähe des Stromerzeugers oder Transformators geerdet werden, wobei der Gesamtwiderstand der Erdungsanlage 2 Ω nicht überschreiten darf. Netzausläufer sollen im Bereich der letzten 200 m geerdet werden, und zwar soll ein Wert von mindestens 5 Ω erreicht werden.
- 4) Sind im Bereich des Verteilungsnetzes gute Erder vorhanden, so sind diese mit dem Nulleiter zu verbinden (siehe VDE 0190).
- 5) Der Nulleiter muß ebenso sorgfältig verlegt werden wie die Außenleiter. Bei Rohrverlegung und in mehradrigen Kabeln und Leitungen muß er in der gemeinsamen Umhüllung geführt werden. Die Verwendung eines Nulleiters für **mehrere Stromkreise** ist nicht zulässig (vgl. Abschn. 2).
- 6) Außer in Schalt- und Verteilanlagen müssen Nulleiter und Schutzleiter in ihrem ganzen Verlauf grüngelb gekennzeichnet sein.
- 7) Überstromschutzorgane dürfen im Nulleiter nicht eingebaut sein.
- 8) Der Nulleiter darf für sich allein nicht schaltbar sein.

Bei Anwendung der Nullung mit besonderem Schutzleiter ist auf folgendes zu achten:

- 1) Der Nulleiter wird ebenso wie der Mittelleiter nach Tabelle 4.11 bemessen.
- 2) Der Schutzleiter darf getrennt verlegt werden.
- 3) Der Schutzleiter darf nicht mit dem Mittelleiter an dieselbe Schiene oder Klemme angeschlossen werden (ausgenommen im Aufteilungspunkt in Verteilungstafeln).
- 4) Hinter der Aufteilung des Nulleiters (PEN) in Mittel- (N) und Schutzleiter (PE) dürfen diese nicht mehr miteinander verbunden werden, d. h., der Mittelleiter darf auch nicht mehr geerdet werden.
- 5) Werden **Anlagen** mit Nullung ohne besonderen Schutzleiter **erweitert**, muß vom Erweiterungspunkt aus, z. B. von einer Abzweigdose, bei Leiterquerschnitten unter 10 mm² die Nullung mit besonderem Schutzleiter angewandt werden. Die Abb. 4.12 zeigt die Funktion der Nullung ohne besonderen Schutzleiter.
- 6) Überstromschutzorgane dürfen nicht im Schutzleiter eingebaut werden.



R_V = Widerstand des Verbrauchers
 R_{DM} = Übergangswiderstand Motor - Erde
 R_{UG} = Übergangswiderstand Gerät - Erde
 R_S = Widerstand der Schutzterde

Abb. 4.12 — Schutzmaßnahme Nullung ohne besonderem Schutzleiter

Die Nullung wird durch Verbindung des Nulleiters mit dem Körper am Körper hergestellt. Beim Auftreten eines vollkommenen Körperschlusses ($R_F = 0$) kommt bei Einhaltung der aufgeführten Bedingungen ein Abschaltstrom I_A (= Kurzschlußstrom I_K) zum Fließen, der ein sofortiges Auslösen des Überstromschutzorgans zur Folge hat und damit den fehlerhaften Verbraucher vom Leitungsnetz trennt. Für die Widerstandswerte nach Ersatzschaltbild in Abb. 4.13 werden folgende in der Praxis häufig vorkommende Werte eingesetzt:

$R_W = 0,05 \Omega$, $R_{L3} = 0,3 \Omega$, $R_F = 0 \Omega$, $R_{PEN} = 0,3 \Omega$, $U_E = 220 \text{ V}$. Somit ergibt sich ein

$$\text{Kurzschlußstrom von } I_K = \frac{U_E}{R_{Sch}} = \frac{U_E}{R_W + R_{L3} + R_{PEN}} = \frac{220 \text{ V}}{0,65 \Omega} = 338 \text{ A}.$$

Das bedeutet, daß z. B. eine träge 63-A-Schmelzsicherung ($I_A = I_N \cdot 5 = 63 \text{ A} \cdot 5 = 315 \text{ A}$) noch auslösen würde und die Schutzmaßnahme bis zu diesem Wert wirksam bleibt, solange also $I_K \geq I_A$ ist. Es besteht keine Gefahr für die Person, sofern keine höhere Sicherung als 63 A für den Verbraucher notwendig wird. Hat das Gerät über den Übergangswiderstand R_{UG} noch Verbindung mit Erde, erhöht sich der Kurzschlußstrom noch! Da dessen Vorhandensein und Höhe ungewiß sind, darf er nicht berücksichtigt werden.

Die Abb. 4.12 zeigt die Funktion der Nullung ohne besonderen Schutzleiter.

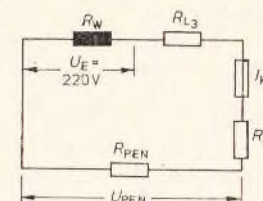


Abb. 4.13 — Vereinfachtes Ersatzschaltbild der Nullung mit besonderem Schutzleiter ohne Berücksichtigung von R_S und R_{UG}

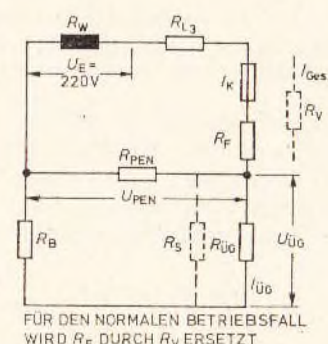


Abb. 4.14 — Vereinfachtes Ersatzschaltbild der Nullung mit besonderem Schutzleiter unter Berücksichtigung von R_S und R_{UG}

Über R_{UG} fließt auch betriebsmäßig (also ohne Fehler im Gerät) Strom zum Sternpunkt des Transformators zurück. Anhand des Ersatzschaltbildes in Abb. 4.14 wird gezeigt, welche Ströme und Spannungen im Betriebs- und Fehlerfall an R_{UG} auftreten können. Die Person und die Erdung am Hausanschluß (R_S) werden bei dieser Betrachtung nicht mit einbezogen. Als Verbraucher wird ein elektrischer Heizkörper mit 3 kW angenommen, so daß sich ein Widerstand des Verbrauchers von $R_V = \frac{U^2}{P} = 16 \Omega$ ergibt.

Normaler Betriebsfall: $R_V = 16 \Omega$, $R_B = 2 \Omega$, R_F = nicht vorhanden

Für $R_{UG} = 3 \Omega$:

$$R_{ges} = R_W + R_{L3} + R_V + \frac{R_{PEN} \cdot (R_B + R_{UG})}{R_{PEN} + R_B + R_{UG}}$$

$$R_{ges} = 0,05 \Omega + 0,3 \Omega + 16 \Omega + \frac{0,3 \Omega \cdot (2 \Omega + 3 \Omega)}{0,3 \Omega + 2 \Omega + 3 \Omega}$$

$$R_{ges} = 16,65 \Omega$$

$$I_{ges} = \frac{U_E}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{16,63 \Omega} = 13,2 \text{ A}$$

$$U_{PEN} \approx 0,3 \Omega \cdot 13,2 \text{ A} \approx 3,96 \text{ V}$$

$$U_{UG} = \frac{U_{PEN} \cdot R_{UG}}{R_B + R_{UG}} = \frac{3,96 \text{ V} \cdot 3 \Omega}{2 \Omega + 3 \Omega} = 2,38 \text{ V}$$

$$I_{UG} = \frac{2,38 \text{ V}}{3 \Omega} = 0,79 \text{ A}$$

Für $R_{UG} = 500 \Omega$:

$$R_{ges} = R_W + R_{L3} + R_V + \frac{R_{PEN} \cdot (R_B + R_{UG})}{R_{PEN} + R_B + R_{UG}}$$

$$R_{ges} = 0,05 \Omega + 0,3 \Omega + 16 \Omega + \frac{0,3 \Omega \cdot (2 \Omega + 500 \Omega)}{0,3 \Omega + 2 \Omega + 500 \Omega}$$

$$R_{ges} = 16,63 \Omega$$

$$I_{ges} = \frac{U_E}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{16,65 \Omega} = 13,2 \text{ A}$$

$$U_{PEN} \approx 0,3 \Omega \cdot 13,2 \text{ A} \approx 3,96 \text{ V}$$

$$U_{UG} = \frac{U_{PEN} \cdot R_{UG}}{R_B + R_{UG}} = \frac{3,96 \text{ V} \cdot 500 \Omega}{2 \Omega + 500 \Omega} = 3,94 \text{ V}$$

$$I_{UG} = \frac{3,24 \text{ V}}{500 \Omega} = 0,008 \text{ A}$$

Ergebnis: Die am Körper anstehende Spannung kann für den Menschen nicht gefährlich werden. Die über R_{UG} fließenden Ströme können jedoch Störungen bei fernmelde-technischen Anlagen mit Übertragungstechnischen Einrichtungen zur Folge haben.

Bei Vorhandensein der zusätzlichen Schutzterde R_S mit niedrigem Widerstand verringern sich die Werte von U_{UG} und I_{UG} bei hohen Werten von R_{UG} erheblich. Die **Erdung des Nulleiters am Hausanschlußkasten** ist nach VDE 0190 und nach den Technischen Anschlußbedingungen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen **vorgeschrieben**.

Fehlerfall: $R_B = 2 \Omega$, $R_F = 0 \Omega$ (R_V wird durch R_F überbrückt)

Für $R_{UG} = 3 \Omega$: $R_{ges} = R_W + R_{L3} + R_F + \frac{R_{PEN} \cdot (R_B + R_{UG})}{R_{PEN} + R_B + R_{UG}}$ $R_{ges} = 0,05 \Omega + 0,3 \Omega + 0 \Omega + \frac{0,3 \Omega \cdot (2 \Omega + 3 \Omega)}{0,3 \Omega + 2 \Omega + 3 \Omega}$ $R_{ges} = 0,63 \Omega$ $I_K = \frac{U_E}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{0,63 \Omega} = 349 \text{ A}$ $U_{PEN} = R \cdot I_K = 0,3 \Omega \cdot 349 \text{ A} = 105 \text{ V}$ $U_{UG} = \frac{U_{PEN} \cdot R_{UG}}{R_B + R_{UG}}$ $= \frac{105 \text{ V} \cdot 3 \Omega}{2 \Omega + 3 \Omega} = 63 \text{ V}$ $I_{UG} = \frac{63 \text{ V}}{3 \Omega} = 21 \text{ A}$	Für $R_{UG} = 500 \Omega$: $R_{ges} = R_W + R_{L3} + R_F + \frac{R_{PEN} \cdot (R_B + R_{UG})}{R_{PEN} + R_B + R_{UG}}$ $R_{ges} = 0,05 \Omega + 0,3 \Omega + 0 \Omega + \frac{0,3 \Omega \cdot (2 \Omega + 500 \Omega)}{0,3 \Omega + 2 \Omega + 500 \Omega}$ $R_{ges} = 0,65 \Omega$ $I_K = \frac{U_E}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{0,65 \Omega} = 338 \text{ A}$ $U_{PEN} = R \cdot I_K = 0,3 \Omega \cdot 338 \text{ A} = 101 \text{ V}$ $U_{UG} = \frac{U_{PEN} \cdot R_{UG}}{R_B + R_{UG}}$ $= \frac{101 \text{ V} \cdot 500 \Omega}{2 \Omega + 500 \Omega} \approx 101 \text{ V}$ $I_{UG} = \frac{101 \text{ V}}{500 \Omega} = 0,2 \text{ A}$
---	--

Ergebnis: Durch das Fehlen von R_S können im Fehlerfall, wenn auch nur kurzzeitig, gefährliche Spannungen zwischen Körper und Erde auftreten. Durch die Erdung des Nulleiters am Hausanschluß werden diese Spannungen ebenfalls wesentlich herabgesetzt.

Bei Unterbrechung des Nulleiters bei Punkt T1 (vgl. Abb. 4.12) steht volle Spannung am Körper des Verbrauchers gegen Erde an (Berührungsspannung = 220 V). Bei Unterbrechung des Nulleiters bei Punkt T2 ist über R_S ein Rückfluß des Stromes möglich, wodurch die Berührungsspannung herabgesetzt wird.

Die Abb. 4.15 zeigt die Nullung mit besonderem Schutzleiter.

Sie ist verbindlich vorgeschrieben für Querschnitte unter 10 mm², kann aber auch darüber angewandt werden. Die Funktion ist im Prinzip die gleiche wie bei der Nullung ohne Schutzleiter. Durch die separate Ver-

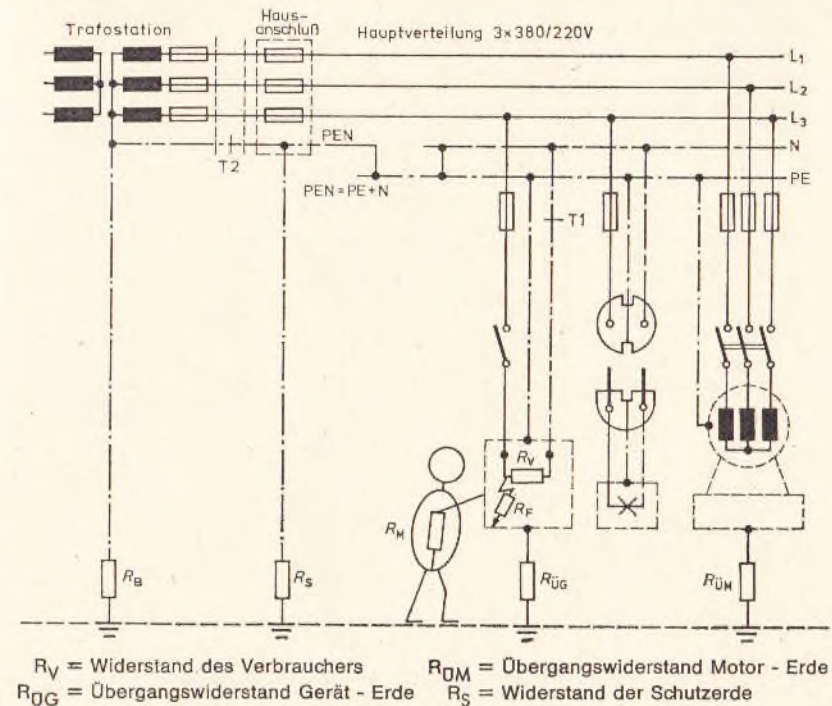


Abb. 4.15 – Schutzmaßnahme Nullung mit besonderem Schutzleiter

legung des Schutzleiters bietet sie jedoch den Vorteil eindeutiger, klarer und übersichtlicher Installation und setzt die Gefahr einer Verwechslung von Außenleitern und Schutzleitern wesentlich herab. Bei Unterbrechung des Mittelleiters bei Pkt. T1 kann keine Spannung gegen Erde am Verbraucher anstehen. Bei Unterbrechung des Nulleiters bei Pkt. T2 herrschen die gleichen Verhältnisse wie bei Nullung ohne besonderen Schutzleiter. Der Querschnitt des Schutzleiters ist nach Tabelle 4.11 zu bemessen.

Das **Schutzleitungssystem** soll zu hohe Berührungsspannung verhindern. Die Anwendung ist nur in begrenzten Anlagen zulässig, z. B. in Fabriken mit eigenen Transformatoren. Wegen der Signalisierung der Überwachungseinrichtung muß **ständig eine Fachkraft anwesend sein**. Die Schutzmaßnahme wird im Bereich der DBP nicht angewandt, soll jedoch der Vollständigkeit halber anhand der Abb. 4.16 kurz beschrieben werden.

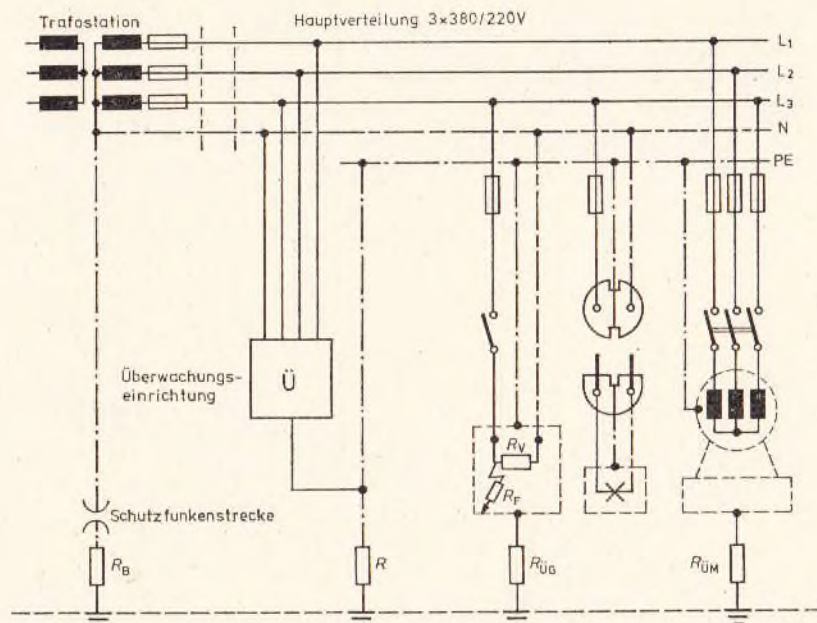
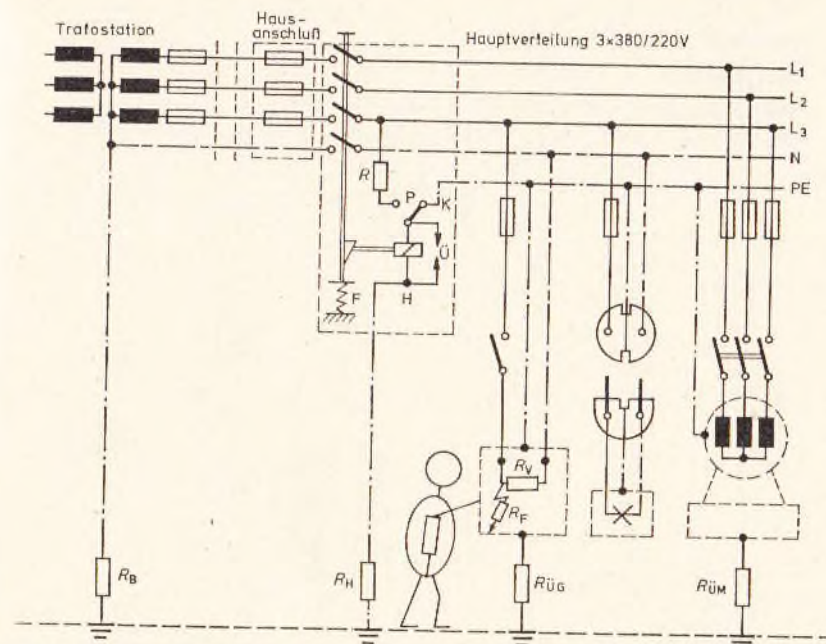


Abb. 4.16 – Schutzmaßnahme Schutzleitungssystem

Alle Körper sind gut leitend über dem grün-gelb gekennzeichneten Schutzleiter miteinander (= Potentialausgleich) und mit Erde verbunden. Beim Auftreten eines Isolationsfehlers oder eines Erd-, Körper- oder Kurzschlusses signalisiert die Überwachungseinrichtung den Fehler, schaltet jedoch nicht ab. Der Sternpunkt des Transformators darf nicht geerdet werden. Der Mittelleiter N muß gegen Erde isoliert geführt werden. Eine Berührungsspannung kann erst dann entstehen, wenn mindestens zwei Fehler gleichzeitig auftreten.

Die **Fehlerspannungs-Schutzschaltung** (FU-Schutzschaltung) soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannung an Körpern verhindern und Außen- und Mittelleiter innerhalb von 0,2 Sekunden abschalten.

Wie aus Abb. 4.17 zu erkennen ist, ist sie im Aufbau ähnlich der Schutzerdung mit dem Unterschied, daß zwischen Erdungsanlage und Schutzleiter die Spule des FU-Schutzschalters liegt. Diese Spule löst beim Auftreten eines Körperschlusses den FU-Schutzschalter aus. Der Erdungswiderstand der Hilfserde R_H darf bei schlechten Erdungsverhältnissen maximal 800 Ω erreichen, wobei im Fehlerfall eine kurzzeitige Berührungsspannung von 65 V auftritt. In der Regel soll er 200 Ω nicht überschreiten. Der Hilfs-erder muß mindestens 10 m Abstand von anderen Erden haben und muß gegen Schutzleiter und Körper sowie gegen metallene Gebäude und Konstruktionsteile isoliert verlegt werden. Damit wird vermieden, daß die Fehlerspannungsspule überbrückt wird. Bei den Erden sind folgende Mindestmaße einzuhalten: Rohrerdmern $\frac{1}{2}$ zölliges Rohr,



R_H = Widerstand der Hilfserde

R = Prüfwiderstand

P = Prüftaster

Ü = Überspannungsableiter

H = Anschluß für Hilfserde

K = Anschluß der Schutzleiter

F = Feder zur Auslösung

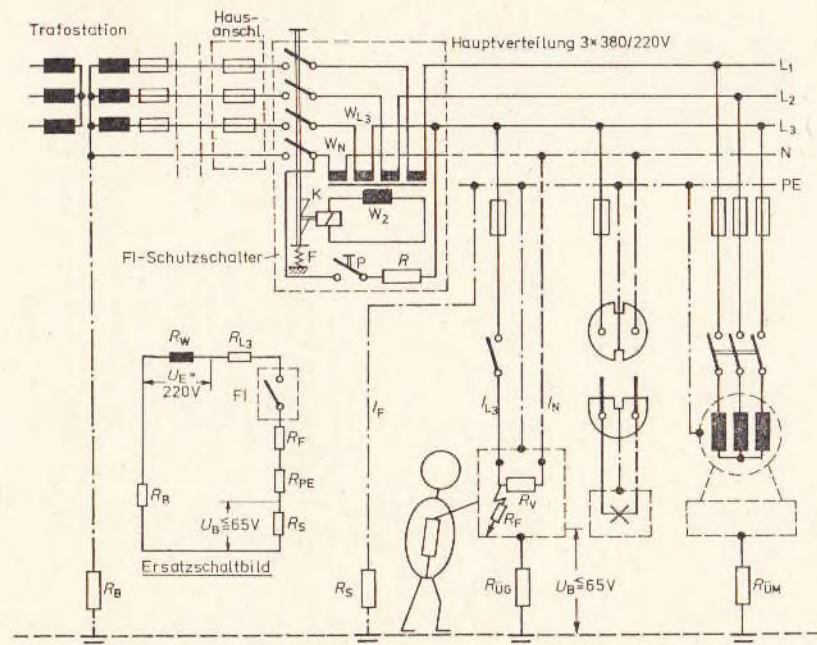
Abb. 4.17 – Schutzmaßnahme Fehlerspannungs-Schutzschaltung

1,5 m tief, bei Plattenerdern 50 cm x 50 cm, bei Bänderdern 10 m Länge. Die FU-Schutzschalter müssen bis 63 A Nennstrom nach VDE 0663, darüber nach VDE 0660 gebaut sein.

Außenleiter und Mittelleiter müssen gleichzeitig abgeschaltet werden. Der sorgfältig zu verlegende Schutzleiter ist grün/gelb zu kennzeichnen. Als Querschnitt genügen bei geschützter Verlegung 1,5 mm², bei nicht geschützter Verlegung 4 mm². Bei größeren Verbrauchern ist es zweckmäßig, die Werte nach Tabelle 4.10 zu wählen. Über eine Prüffaste P können der FU-Schutzschalter und der Hilfsender überprüft werden. Dies ist jedoch keine Prüfung des Schutzleiters und der Schutzleiteranschlüsse. Zum Schutz gegen Blitzeinschlag und Überspannungen ist parallel zur Spule des FU-Schutzschalters ein Überspannungsableiter eingebaut.

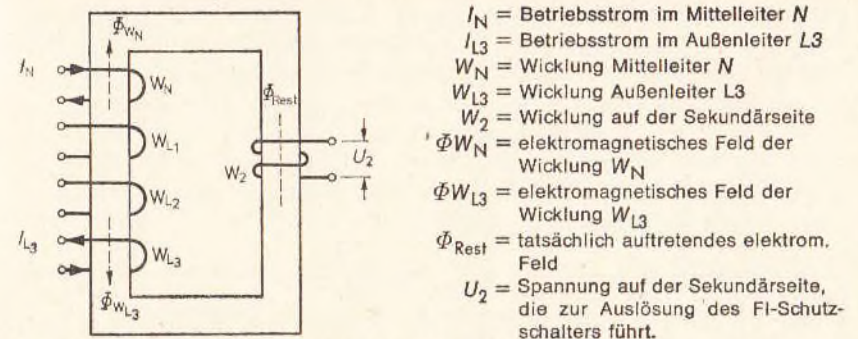
Fehlerstrom-Schutzschaltung

Die **Fehlerstrom-Schutzschaltung** (vgl. Abb. 4.18) soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannung an Körpern verhindern. Beim Überschreiten eines bestimmten Wertes des Fehlerstromes I_F werden Außen- und Mittelleiter innerhalb von 0,2 Sekunden abgeschaltet.



- K = Klinke
 P = Prüftaste
 R_W = Widerstand der Wicklung
 R_{L3} = Widerstand des Außenleiters
 R_F = Fehlerwiderstand
 R_{PE} = Widerstand des Schutzleiters
 I_F = Fehlerstrom
 F = Feder
 R = Prüf Widerstand
 FI = Fehlerstromschutzschalter
 R_S = Widerstand der Schutz Erde
 R_B = Betriebswiderstand
 R_V = Widerstand des Verbrauchers
 R_{UG} = Übergangswiderstand Gerät - Erde

Abb. 4.18 – Schutzmaßnahme Fehlerstrom-Schutzschaltung



Sämtliche Wicklungen haben gleiche Windungszahlen!

Bei Betrachtung eines bestimmten Augenblicks ergibt sich für die Spannung U_2 folgender Wert:

bei $I_N = I_{L3} \rightarrow \Phi_{W_N} = \Phi_{W_{L3}} \rightarrow \Phi_{Rest} = 0 \rightarrow U_2 = 0$

bei $I_N \neq I_{L3} \rightarrow \Phi_{W_N} \neq \Phi_{W_{L3}} \rightarrow \Phi_{Rest} > 0 \rightarrow U_2 > 0$

d. h. Spannung U_2 vorhanden!

Abb. 4.19 – Prinzip der Summen-Stromwandlung

Der eingeschaltete Schalter wird über die Klinke K von einem Stift gehalten, der mit dem Anker eines Relais verbunden ist. Wird in der Wicklung W_2 eine genügend hohe Spannung induziert, zieht das Relais an und löst über den Stift die Klinke aus, und die Feder F schaltet den Schalter ab. Die Wicklung W_2 ist auf der Sekundärseite eines Summen-Stromwandlers angeordnet (vgl. Abb. 4.19). Solange die in den Wicklungen W_N und W_{L3} fließenden Ströme I_{W_N} und $I_{W_{L3}}$ gleich groß sind, heben sich ihre elektromagnetischen Felder auf, und in der Wicklung W_2 wird keine Spannung induziert; sind die Ströme nicht gleich groß, baut sich ein elektromagnetisches Restfeld Φ_{Rest} auf und induziert die Spannung U_2 .

Bei der Fehlerstrom-Schutzschaltung sind die Körper der Verbraucher über einen Schutzleiter mit Erde zu verbinden. In fehlerfreiem Zustand des Verbrauchers führen die Wicklungen W_N und W_{L3} den gleich großen Betriebsstrom. Beim Auftreten eines Körperschlusses fließt über R_F , den Schutzleiter PE, R_S und R_B ein Fehlerstrom I_F zum Sternpunkt des Transformators (vgl. Abb. 4.18). Erreicht der Fehlerstrom I_F den Wert des Nennfehlerstromes (Auslösestrom) I_{FN} des FI-Schutzschalters oder wird dieser überschritten, löst der FI-Schutzschalter aus ($I_N - I_{L3} \geq I_{FN}$). Je nach Bedarf kann zwischen FI-Schutzschaltern mit den genormten Fehlernennströmen von 0,03, 0,3, 0,5, 1,0, 1,5 oder 3 A gewählt werden. Die Nennströme I_N sind ebenfalls genormt und haben folgende Werte:

I_{FN} (A)	I_N (A)
0,03	25/40/63/100
0,3/0,5	25/40/63/100/160
1,0	100/160

Da auch bei den FI-Schutzschaltungen keine höhere Berührungsspannung als 65 V zugelassen ist (in landwirtschaftlichen Betrieben 24 V), darf der Widerstand der Schutzterde nicht höher sein als

$$R_S \leq \frac{65 \text{ V}}{I_{FN}} \text{ bzw. } \leq \frac{24 \text{ V}}{I_{FN}}.$$

In der Tabelle 4.20 sind die Widerstände R_S in Abhängigkeit der Nennfehlerströme I_{FN} aufgeführt.

I_{FN} Nennfehler- strom A	R_S bei Berührungs- spannung bis 65 V Ω	R_S bei Berührungs- spannung bis 24 V Ω
0,03	$\leq \frac{65 \text{ V}}{0,03 \text{ A}} = 2160$	$\leq \frac{24 \text{ V}}{0,03 \text{ A}} = 800$
0,3	= 216	= 80
0,5	= 130	= 48
1,0	= 65	= 24
1,5	= 43	= 16
3,0	= 21	= 8

Tabelle 4.20 — Schutzterdungs-widerstände in Abhängigkeit des Nennfehlerstromes bei FI-Schutzschaltung

Man erkennt, daß bei kleinem Nennfehlerstrom die Schutzmaßnahme auch bei hohen Werten des Schutzterdungs-widerstandes noch funktioniert. Die Schutzmaßnahme ist deshalb verbindlich bei Baustellenverteilern vorgeschrieben. Sie kann außerdem in den Fällen angewandt werden, in denen andere Schutzmaßnahmen wegen zu hoher Erdungs-widerstände nicht mehr möglich sind (z. B. bei Gebäuden auf felsigem Grund).

Bei der Verwendung von FI-Schutzschaltern ist zu berücksichtigen, daß nach VDE 0664 nur ein Nennschaltvermögen vom etwa 8fachen Nennstrom gefordert wird. Da die in den Netzen zu erwartenden Kurzschlußströme sehr hohe Werte annehmen können, sollten bei Schaltern bis 25 A Nennstrom 63 A Schmelzsicherungen und bei Schaltern bis 63 A Nennstrom 100 A Sicherungen vorgeschaltet werden.

Die Auswahl der FI-Schutzschalter richtet sich neben der Größe des Nennstromes nach den zu erwartenden Ableitströmen, die gemäß Ta-

belle 4.40 zusammengestellt sind. Sind z. B. verschiedene Verbraucher an einem FI-Schutzschalter angeschlossen, deren Ableitströme über 0,03 A liegen, aber unter 0,3 A, kann ein FI-Schutzschalter mit $I_{FN} = 0,3 \text{ A}$ eingesetzt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, verschiedenen Verbrauchern oder Verbrauchergruppen eigene FI-Schutzschalter vorzuschalten. Für die Anwendung in Haushalten empfiehlt sich die Verwendung von FI-Schutzschaltern mit 0,03 A, für Anlagen im Bereich der DBP solcher mit 0,3 A Nennfehlerstrom (vgl. Abb. 2.88).

Die Schutzleiter sind grün-gelb zu kennzeichnen. Die Querschnitte müssen mit mindestens 1,5 mm² bei geschützter und 4 mm² bei ungeschützter Verlegung bemessen werden. Der Schutzleiter darf mit den Zuleitungen, die vor dem FI-Schutzschalter liegen, nicht in einer gemeinsamen Umhüllung geführt werden, da sonst beim Auftreten eines Isolationsfehlers zwischen Außenleiter und Schutzleiter eine Fehler-spannung auf den Verbraucher übertragen wird, ohne daß der FI-Schutzschalter auslöst. Die Erdung des Schutzleiters kann über eine eigene Erde oder über eine vorhandene Potentialausgleichsschiene vorgenommen werden.

Der FI-Schutzschalter kann mit Hilfe der Prüftaste P (vgl. Abb. 4.18) auf seine mechanische und elektrische Funktion geprüft werden. Beim Drücken der Taste P fließt ein durch den Prüfwiderstand R begrenzter Strom nur in der Wicklung W_{L3} , so daß der FI-Schutzschalter sofort auslöst.

4.3.2.3 Wertung der Schutzmaßnahmen

Die **Schutzisolierung** ist eine bewährte Schutzmaßnahme, deren Anwendung jedoch durch die thermische und mechanische Beanspruchung begrenzt wird.

Die **Schutzkleinspannung** ist hinsichtlich der höchstens zulässigen Spannung von 42 V eine gute Schutzmaßnahme, wird jedoch wegen der hohen Kosten nur für Verbraucher mit kleinen Leistungen oder in Sonderfällen angewandt.

Die **Schutztrennung** eignet sich zum Schutz einzelner, besonders zu schützender Verbraucher. Wegen der hohen Kosten für den Trenntransformator hat sie jedoch keine große Bedeutung erlangt.

Die Schutzwirkung der Schutzterdung hängt vom niederohmigen Wert des Schutzterdungs-widerstandes ab. Da sich dieser durch Witterungseinflüsse, z. B. lang anhaltende Trockenheit, erheblich erhöhen kann. Auch besteht die Möglichkeit, daß vom Betreiber der Anlage höhere als nach

dem vorhandenen Schutzwiderstand zulässige Überstromschutzorgane eingesetzt werden. Daher ist diese Schutzmaßnahme abzulehnen. Es wird empfohlen, bestehende Anlagen auf FI-Schutzschaltung umzustellen.

Die **Nullung** ist eine weit verbreitete und bewährte Schutzmaßnahme. Durch die neuen Bestimmungen, nach denen in Anlagen mit Leiterquerschnitten unter 10 mm^2 ein besonderer Schutzleiter mitzuführen ist, wurde sie übersichtlicher und sicherer.

Wegen der umständlichen Handhabung des **Schutzleitungssystems** und weil dann nicht ausgeschlossen werden kann, daß gleichzeitig zwei Erdschlüsse auftreten können und dadurch hohe Berührungsspannungen auftreten, beschränkt sich ihr Einsatz hauptsächlich auf Fabrikanlagen und Operationsräume, wo hohe Versorgungssicherheit notwendig ist.

Die **Fehlerspannungs-Schutzschaltung** hat den Nachteil, daß durch kurzzeitig auftretende Überspannungen (z. B. bei Gewitter) trotz Überspannungsschutz häufig der FU-Schutzschalter auslöst. Obwohl die FU-Schutzschaltung eine sichere Schutzmaßnahme ist, ist sie daher vor allem im Bereich von Fernmeldeanlagen abzulehnen. Sie hat außerdem den Nachteil, daß bei zwangsläufig geerdeten Geräten, z. B. bei Warmwasserspeichern, in die Wasserleitung Isolierrohre eingesetzt werden müssen, da der FU-Schutzschalter sonst überbrückt wird und nicht mehr wirkt.

Die **Fehlerstrom-Schutzschaltung** hat sich gut bewährt. Sie funktioniert auch bei hohen Erdungswiderständen und dient außerdem dem Brandschutz, weil sie bereits bei unvollkommenen Schlüssen abschaltet. Die Schutzmaßnahmen Schutzisolierung, Schutzkleinspannung und Schutztrennung können mit jeder anderen Schutzmaßnahme in einer Anlage angewendet werden. Die gleichzeitige Anwendung von **Schutz-erdung und Nullung** ist nicht zulässig, da im Fehlerfall ein niedrigerer Erdungswiderstand der Schutz-erde über einen höheren Erdungswiderstand der Betriebserde dem Nulleiter eine weit über 65 V liegende Spannung aufdrücken kann. Ebenfalls ist die Kombination von **Schutz-erdung und FU-Schutzschaltung** nicht möglich, weil die Schutz-erdung wie ein zum FU-Schutzschalter parallel geschalteter Erder wirkt und damit dessen Funktion aufhebt. **Nullung und Schutz-erdung** sind nur gemeinsam zulässig, wenn die Schutzleiter beider Schutzmaßnahmen miteinander verbunden werden. **Nullung mit FU-Schutzschalter** wird dann eingesetzt, wenn die erste Nullungsbedingung nicht erfüllt werden kann. Die Spannung des Nulleiters wird durch den FU-Schutzschalter überwacht. Der Hilferder muß von allen anderen Erden des Nulleiters und von der Wasserleitung mindestens 10 m entfernt sein.

Nullung mit besonderem Schutzleiter und FI-Schutzschalter ist möglich und bringt den Vorteil, daß bereits bei unvollkommenen Körperschlüssen eine Abschaltung erfolgt. Das **Schutzleitungssystem** darf mit anderen Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter nicht kombiniert werden. Es ist jedoch für sich in Anlagen mit anderen Schutzmaßnahmen zugelassen. Die **Fehlerstrom-Schutzschaltung** kann gemeinsam mit allen anderen Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter angewendet werden. Schutz-erdung, Nullung und FU-Schutzschaltung können leicht auf FI-Schutzschaltung umgestellt werden.

4.3.2.4 Schutz gegen Überspannung

Der Schutz gegen Überspannung muß gewährleistet sein, weil in Netzen mit Spannungen von 250 V gegen Erde Schutzmaßnahmen nicht überall erforderlich sind und die in diesen Anlagen benutzten Betriebsmittel nur für Spannungen bis 250 V gegen Erde ausgelegt sind. Es muß deshalb der Sternpunkt des Transformators (= Mittelleiter) geerdet werden.

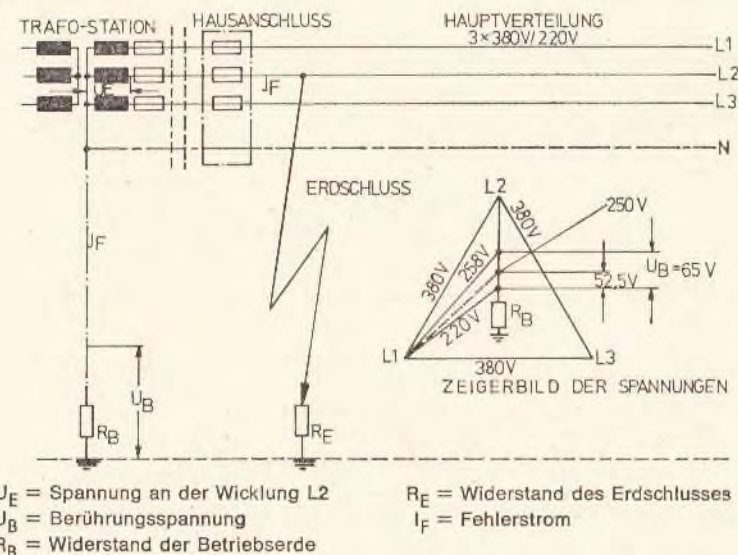


Abb. 4.21 – Überspannung durch Erdschluß des Außenleiters L2

Die Abb. 4.21 zeigt einen Erdschluß des Außenleiters L2 und das dazugehörige Zeigerbild. Wird eine höchste Spannung von 250 V gegen Erde zugelassen, beträgt die dabei auftretende Berührungsspannung $52,5 \text{ V}$. Bei der zugelassenen Berührungsspannung von 65 V erreicht die Spannung gegen Erde 258 V . Da diese geringe Überschreitung zuge-

lassen werden kann, geht man bei der Berechnung des Betriebswiderstandes R_B von 65 V aus. Durch Untersuchung von Erdschlüssen weiß man, daß an der Erdschlußstelle ein Widerstand von $R_E \approx 5 \text{ Ohm}$ auftritt. Mit diesen bekannten Werten läßt sich der höchstzulässige Wert für den Betriebswiderstand errechnen.

$$R_B = \frac{U_B \cdot R_E}{U_E - U_B} = \frac{65 \text{ V} \cdot 5 \text{ } \Omega}{220 \text{ V} - 65 \text{ V}} \approx 2 \text{ } \Omega$$

Um Überspannungen größer als 258 V gegen Erde zu vermeiden, darf der Erdungswiderstand der Betriebserde $2 \text{ } \Omega$ nicht überschreiten.

4.3.2.5 Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen durch Gewitter

Elektrische Anlagen können durch das Auftreten von hohen Spannungen durch Blitzeinschläge beschädigt werden. Besonders gefährdet sind Anlagen, die an Freileitungsnetze angeschlossen sind, Anlagen auf Türmen (Antennenträger) oder Anlagenteile in unmittelbarer Nähe von Blitzschutzanlagen.

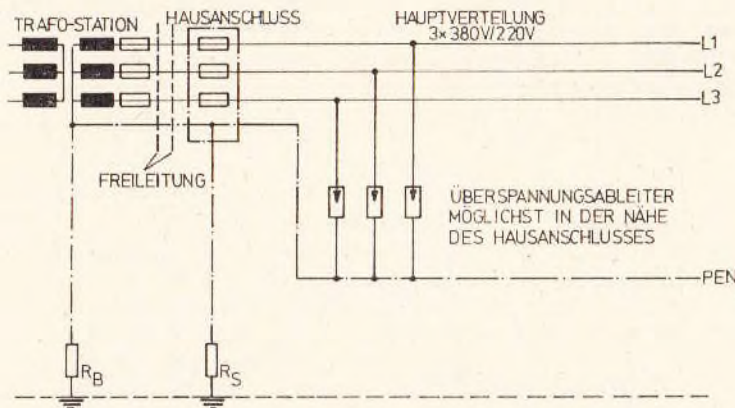


Abb. 4.22 – Überspannungsableiter bei Nullung

Abb. 4.22 zeigt den Einbau der Überspannungsableiter bei genulltem Netz.

Ist die Nullung nicht zugelassen, muß nach Abb. 4.23 auch der Mittelleiter einen Überspannungsableiter erhalten.

Die Ableiter müssen feuersicher (nicht in Räumen mit leicht entzündlichen Stoffen) montiert werden. Als Ableiter werden Kathodenfallableiter verwendet. Sie sprechen bei einer Stoßspannung von 2 kV an. Ein

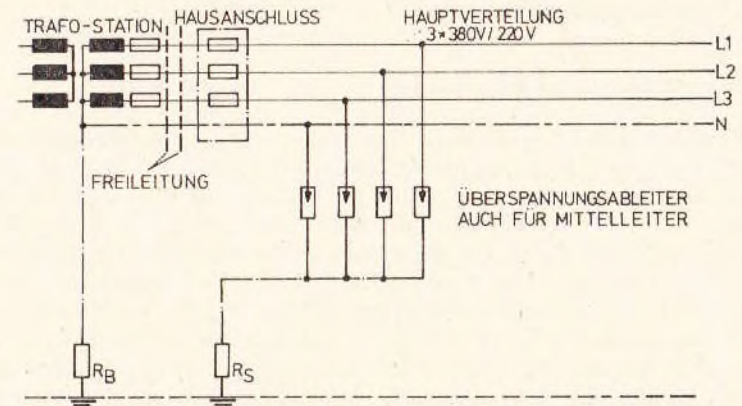


Abb. 4.23 – Überspannungsableiter bei nicht genulltem Netz

Blättchen oder eine Hülse zeigt an, ob der Kathodenfallableiter angesprochen hat.

In Bauwerken mit Blitzschutzanlagen müssen elektrische Anlagen in ausreichender Entfernung von der Blitzschutzanlage verlegt werden. Als ausreichend gilt eine Entfernung von 0,5 m, wenn der Potentialausgleich nach VDE 0190 durchgeführt ist. Unter 0,5 m müssen die elektrischen Anlagen mit Überspannungsableiter mit der Blitzschutzanlage verbunden werden.

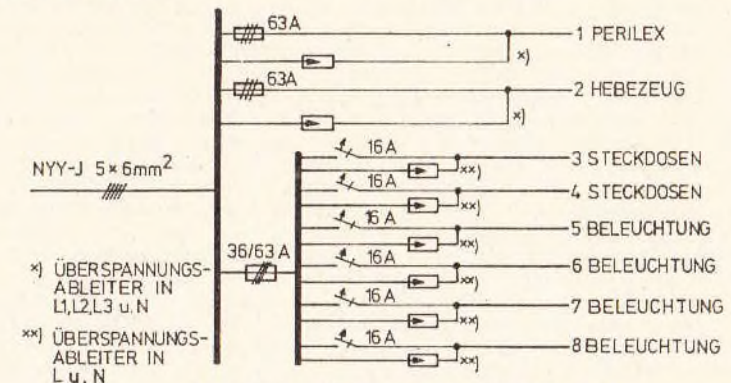


Abb. 4.24 – Überspannungsableiter

In Abb. 4.24 sind die Überspannungsableiter in einer Unterverteilung in einem Turm dargestellt. Eine Seite wird jeweils auf die PE-Schiene geführt.

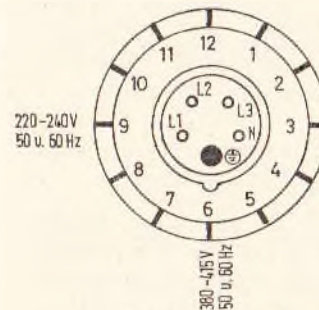
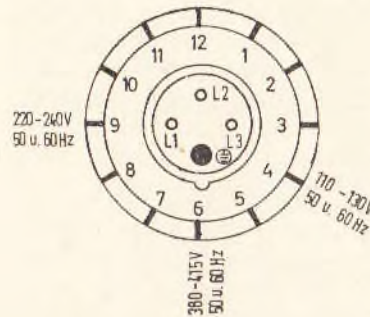
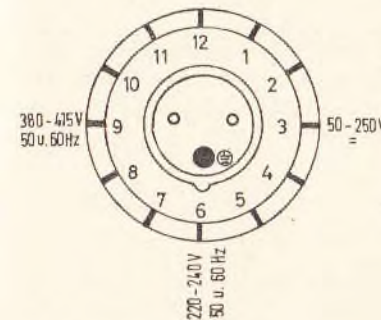
4.3.3 Steckvorrichtungen

4.3.3.1 CEE-Kragensteckvorrichtung

Mit Einführung der international genormten runden **CEE-Kragensteckvorrichtung** (vgl. Abschn. 3) nach VDE 0623 (DIN 49 462, DIN 49 463 und DIN 49 465) wurde die uneinheitliche flachovale Bauart abgelöst. Die besondere Gefahr bei der alten Steckvorrichtung ergab sich vor allem bei Beschädigung der Nase am Stecker. War die Nase abgebrochen, konnte der Stecker, infolge der symmetrischen Kontaktanordnung, so eingesteckt werden, daß der Schutzleiterstift in direkten Kontakt mit dem spannungsführenden Außenleiter kam, wodurch die Körper der angeschlossenen Geräte unter voller Spannung (220 V) standen. **Aus diesem Grund ist seit 01. 01. 1975 für Neuinstallationen nur noch die Steckvorrichtung nach DIN 0623 zugelassen.** Bei einer Auswechslung braucht bis zu 32 A die 4adrige Leitung nicht gegen eine 5adrige ersetzt zu werden. In bestehenden Anlagen dürfen die alten Steckvorrichtungen nach VDE 0620 (DIN 49 450/51) noch bis 31. 12. 1980 weiterverwendet werden. Für die Übergangszeit ist die Verwendung von Kragensteckvorrichtungsadaptern nach VDE 0621 erlaubt. **Das neue CEE-System ist so aufgebaut, daß eine Verwechslung der Pole nicht mehr möglich ist.**

Dies wird erreicht durch die Unverwechselbarkeitsorgane von Nase und Nut und außerdem durch den größeren Durchmesser von Stift und Buchse des Schutzkontaktes gegenüber den Außenleiterkontakten. Die Steckvorrichtung ist für alle Gleich- und Wechselspannungen von 50 V bis 750 V und bis 500 Hz geeignet. Der Steckvorrichtung wird je nach der Lage des Schutzkontaktstiftes bzw. der Schutzkontaktbuchse zur Nut eine bestimmte Frequenz und Spannung zugeordnet. Damit wird die von VDE gestellte Forderung, daß ein Stecker nicht in eine Dose für eine höhere Spannung eingeführt werden kann, durch die bestimmte Stellung des Einsatzes im Gehäuse erfüllt. Um einen Überblick über die verschiedenen Anordnungen der Schutzkontaktstifte zu bekommen, geht man von der Uhrzeigerstellung 6 Uhr auf einem Zifferblatt aus (vgl. auch Abb. 4.25). Fluchten die Mitten von Nut und Schutzkontaktbuchsen, d. h., stehen beide auf 6 Uhr, handelt es sich (von oben nach unten) um eine 3polige Steckdose für 220 bis 240 V/50 und 60 Hz, um eine 4polige Steckdose für 380 bis 415 V/50 und 60 Hz und um eine 5polige Steckdose für 380 bis 415 V/50 und 60 Hz. Wird z. B. bei der 5poligen Steckdose die schwarz gekennzeichnete Schutzleiterbuchse auf 9 Uhr angeordnet, ist sie für 220 bis 240 V/50 und 60 Hz eingestellt. Das auf dem Gehäuse angebrachte Typenschild gibt den jeweiligen Verwendungszweck an. Die Lage des Einsatzes im Gehäuse darf nicht geändert werden. Die 3poligen Steckvorrichtungen werden für die genormten Nennströme von 16, 32 und 63 A, die 4poligen und 5poligen für 16, 32, 63 und 125 A hergestellt. Die Gehäuse bestehen aus Isolierstoff und sind nach den Tabellen farblich gekennzeichnet. Die Steckvorrichtungen für 63 A und 125 A haben einen in der Mitte angeordneten Pilotkontakt, der eine elektrische Verriegelung ermöglicht. Beim Einstecken schließt dieser Kontakt als letzter und öffnet beim Ziehen als erster.

Die CEE-Steckvorrichtungen werden in spritzwassergeschützt und wasserdichter Ausführung hergestellt und farblich gekennzeichnet:



Frequenz Hz	Spannung V	Kennfarbe	Lage der Schutz- kontaktbuchse
----------------	---------------	-----------	-----------------------------------

3polig (2 P + $\frac{N}{\pm}$)

50 und 60	110 bis 130	gelb	4 h
	220 bis 240	blau	6 h
	380 bis 415	rot	9 h
	500	schwarz	7 h
	750	schwarz	5 h
	zur Verwendung nach einem Trenntransformator		
100 bis einschl. 300	über 50	grün	10 h
über 300 bis 500	über 50	grün	2 h
Gleichstrom	über 50 einschl. 250		3 h
	über 250		8 h

4polig (3 P + $\frac{N}{\pm}$)

50 und 60	110 bis 130	gelb	4 h
	220 bis 240	blau	9 h
	380 bis 415	rot	6 h
60	440	rot	11 h
50 und 60	500	schwarz	7 h
	750	schwarz	5 h
	zur Verwendung nach einem Trenntransformator		
100 bis einschl. 300	über 50	grün	10 h
über 300 bis 500	über 50	grün	2 h

5polig (3 P + N + $\frac{N}{\pm}$)

50 und 60	110 bis 130	gelb	4 h
	127/220 bis 38/240	blau	9 h
	220/380 bis 240/415	rot	6 h
	500	schwarz	7 h
	750	schwarz	5 h
60	250/440	rot	11 h
100 bis einschl. 300	über 50	grün	10 h
über 300 bis 500	über 50	grün	2 h

Abb. 4.25 – Kontaktanordnung und Uhrzeigerstellungen von CEE-Kragensteckvorrichtungen

- bei Geräten in spritzwassergeschützter Ausführung: Deckel an den Steckdosen, Kupplungsdosen und Steckergehäusen und Oberteil des Gerätesteckers in Farbe,
- bei Geräten in wasserdichter Ausführung: Deckel an den Steckdosen, Kupplungsdosen und Steckergehäusen und Bajonetting am Stecker und Gerätestecker in Farbe; andere Gehäuseteile grau (RAL 7035).

4.3.3.2 Perilex-Steckvorrichtungen

Die bewährten Perilex-Steckvorrichtungen dürfen in der Ausführung nach VDE 0620 (DIN 49 445/48) auch weiterhin bei Hausinstallationen, Kantinen und ähnlichen Anlagen verwendet werden. Da es sich im Vergleich zur CEE-Ausführung um eine leichte Ausführung handelt, ist ihr Einsatz in Werkstätten mit rauhem Betrieb nicht zweckmäßig.

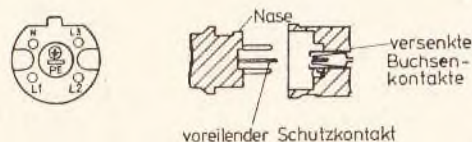
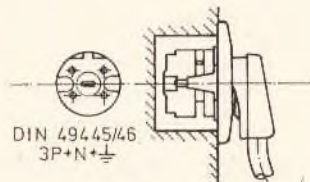


Abb. 4.26 – Perilex-Steckvorrichtung

Das Perilex-System zeichnet sich durch Unverwechselbarkeit der Pole mit voreilendem Schutzleiterkontakt und durch flache Bauweise aus (vgl. Abschn. 3).

Sie werden 5polig (L1, L2, L3, N, PE) für 220/380 V und für Nennströme von 16 A und 25 A in den Schutzarten abgedeckt und spritzwassergeschützt gebaut (vgl. Abb. 4.26). Sie können deshalb in trockenen Räumen, in feuchten und nassen Räumen, im Freien und in feuergefährdeten Betriebsstätten eingesetzt werden.

4.3.3.3 Schutzkontakt-Steckvorrichtungen

Schutzkontakt-Steckvorrichtungen werden nach VDE 0620 (DIN 49 440) für 250 V und Nennströme von 10 A und 16 A gebaut. Je nach Bedarf kann zwischen der abgedeckten, der wassergeschützten und der druckwasserdichten Ausführung gewählt werden. Zu beachten ist, daß Steckdosen in Verbindung mit Lampenfassungen oder Lampensockeln sowie Mehrfachsteckdosen mit starr angebautem Stecker nicht zulässig sind.

Zum Schutz von Kindern gibt es sogenannte Kinderschutz-Steckdosen mit abgedeckten Buchsen. Weil im allgemeinen nicht bekannt ist, welche Geräte mit welchen Nennströmen an die Schuko-Steckdosen angeschlossen werden, sollten nur solche für 16 A Nennstrom installiert werden.

4.3.3.4 Allgemeines zu Steckvorrichtungen

Steckdosen in Verbindung mit **Lampenfassungen** oder -sockeln dürfen ebenso wenig wie solche mit fest angebrachten Steckern verwendet werden. Dieses Verbot ist wegen der auf Dauer zu erwartenden Kontakt- und Überlastungsprobleme und der damit verbundenen Brandgefahr ausgesprochen worden. Eine Möglichkeit zur Vervielfachung von Einsteckmöglichkeiten für Schuko-Steckdosen bieten die sogenannten **Tischsteckdosen**, obwohl damit eine bezüglich der Stromkreise zu knappe Elektroinstallation hierdurch nicht nachträglich verbessert werden kann.

4.3.4 Überstromschutzorgane

Die Überstromschutzorgane sind im Abschnitt 2.3 eingehend behandelt. Es wird hier jedoch nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß bei Verwendung von LS-Schaltern gemäß den TAB nur noch solche nach VDE 0641b in kurzschlußbegrenzender Ausführung mit mindestens 6 kA Kurzschlußfestigkeit (Selektivitätsklasse 3) zugelassen sind.

In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, daß die einschlägigen VDE-Bestimmungen über **Leuchten und Beleuchtungsanlagen** im Abschnitt 6 „Lichttechnik“ erläutert werden.

Im Abschnitt 2.2 finden Sie die wichtigsten Hinweise auf die VDE-Bestimmungen über **Leitungen und Kabel**.

4.3.5 Zusatzbestimmungen für Betriebsstätten und Räume sowie Anlagen besonderer Art

4.3.5.1 Elektrische Betriebsstätten

Elektrische Betriebsstätten sind nach VDE 0105 kenntlich zu machen. Sie sind mit Türen, Seilen oder Schranken abzugrenzen; die Türen müssen schließbar sein. Als Schutz gegen direktes Berühren blanker aktiver Teile sind Schutzleisten, Geländer oder Abdeckungen anzubringen.

4.3.5.2 Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten

Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten sind nach VDE 0105 kenntlich zu machen. Der Eintritt darf **nur durch verschließbare Türen** oder Abdeckungen möglich sein. Die **Türen** müssen **nach außen aufschlagen** und so beschaffen sein, daß der Eintritt unbefugter Personen jederzeit verhindert werden kann. Auch hier sind zum Schutz gegen direktes Berühren geeignete Abdeckungen anzubringen.

4.3.5.3 Feuchte und nasse Räume

In feuchten und nassen Räumen dürfen für feste Verlegung nur Feuchtraumleitungen (NYM) nach VDE 0250 oder Kabel nach 0255, 0265 oder 0271 verwendet werden. Als bewegliche Leitungen müssen mindestens Leitungen NMHöu nach VDE 0250 oder gleichwertig verwendet werden. Die elektrischen Betriebsmittel müssen mindestens tropfwassergeschützt in der Schutzart IP.1 ausgeführt sein, und zwar so, daß sich kein Kondenswasser ansammeln kann. Da die Bildung von Kondenswasser nicht auszuschließen ist, muß hierfür eine Abflußöffnung vorhanden sein. Die Betriebsmittel sind an der Einführungsstelle der Leitung entsprechend mit Stopfbuchsenverschraubungen oder Dichtungsnippeln aus thermoplastischem Kunststoff **abdichten**.

Schalter und Steckdosen und Verbindungsdosen können sowohl auf als auch unter Putz verlegt werden. Für die Unter-Putz-Verlegung von Schaltern und Steckdosen gibt es entsprechend geschützte Betriebsmittel, die durch einen zusätzlichen Dosendeckel den Putzausgleich und die Abdichtung zum Putz herstellen. Es können jedoch auch entsprechend tief im Mauerwerk versenkte Auf-Putz-Schalter und -Steckdosen installiert werden; dabei darf die Kondenswasseröffnung nicht verschlossen werden.

Wenn die Fußböden, Wände oder Einrichtungen zu Reinigungszwecken **abgespritzt** werden, müssen die direkt angestrahlten Betriebsmittel mindestens strahlwassergeschützt sein (Schutzart IP .5; Kurzzeichen zweimal je 1 Tropfen im Dreieck). Dies gilt auch in Gewächshäusern. Dort darf jedoch oberhalb von 50 cm über der Regenanlage auch tropfwassergeschütztes Material verwendet werden. Wenn möglich sollte in diesem Bereich die höhere Schutzart regengeschützt (Schutzart IP .3; Kurzzeichen 1 Tropfen im Quadrat) der tropfwassergeschützten vorgezogen werden.

Steckvorrichtungen müssen ein Gehäuse aus Isolierstoff haben. Handleuchten müssen strahlwassergeschützt (IP.5) sein. Den gleichen Schutz müssen alle Betriebsmittel, die direkt angestrahlt werden, aufweisen. Ätzenden Dämpfen oder Dünsten ausgesetzte Metallteile müssen durch Schutzanstrich oder Verwendung korrosionsfester Werkstoffe geschützt sein. Ein solcher Schutz ist z. B. in Batterieräumen oder in Großküchen erforderlich.

4.3.5.4 Anlagen im Freien

Für geschützte Anlagen im Freien gilt das gleiche wie für Anlagen in feuchten und nassen Räumen. Für ungeschützte Anlagen im Freien müssen zusätzlich alle Betriebsmittel mindestens sprühwassergeschützt (IP.3), Leuchten mindestens regengeschützt ausgeführt sein.

Für Baustellen gelten weitergehende VDE-Bestimmungen. Für die feste Verlegung in feuchten und nassen Räumen sind nur **Feuchtraumleitungen** und Kabel zulässig. Bewegliche Leitungen müssen mindestens H07RN-F sein.

4.3.5.5 Baderäume und Duschecken

Baderäume in Wohnungen und Hotels gelten in bezug auf die Installation als trockene Räume, da in ihnen nur zeitweise Feuchtigkeit auftritt. Die Verlegung von Leitungen in Metallrohren ist wegen möglicher Spannungsverschleppung bei Beschädigung nicht zulässig. Für die Installation im Schutzbereich siehe Abschnitt 2.

Die leitfähigen Bade- und Duschwannen und deren leitfähige Abflußstutzen, die metallene Wasserverbrauchsleitung und erforderlichenfalls sonstige metallene Rohrsysteme müssen durch Potentialausgleichsleitungen miteinander verbunden werden. In Bädern vorhandene Heizrohrleitungen, Gasleitungen und Warmwasserheizungskörper brauchen nicht in den Potentialausgleich mit einbezogen zu werden, da sie nach VDE 0190 an einer zentralen Stelle an den Potentialausgleich des Gebäudes angeschlossen werden müssen. Der Potentialausgleich in Bädern ist auch erforderlich, wenn sie selbst keine elektrischen Einrichtungen enthalten, da, wie die Praxis zeigt, auch gefährliche Spannungen von elektrischen Anlagen benachbarter Räume verschleppt werden können.

Es ist zweckmäßig, die Potentialausgleichsleitungen auf eine gemeinsame Schiene zu führen. Bei allen Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter muß diese Schiene an die Potentialausgleichsschiene des Gebäudes angeschlossen werden, die wiederum mit der Schutzleiterschiene in der Hauptverteilung oder mit dem Nulleiter PEN am Hausanschluß verbunden ist.

4.4 VDE-Bestimmungen 0100g

Prüfung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren

Die in den VDE-Bestimmungen 0100/5.73 in den §§ 19, 22, 23 und 24 enthaltenen Vorschriften über die Prüfung wurden durch die neuen VDE-Bestimmungen 0100g/7.76 ersetzt. Nach diesen Bestimmungen ist bei der Prüfung elektrischer Anlagen zu verfahren.

In VDE 0100g § 22a ist festgelegt, daß **vor Inbetriebnahme** einer Anlage vom Errichter festzustellen und **zu prüfen** ist, ob die für die einzelnen Anlagenteile und Betriebsstätten geforderten Schutzmaßnahmen zum

Schutz bei indirektem Berühren angewendet worden sind und ob sie diesen entsprechen.

Für in Betrieb befindliche Anlagen gilt nach VDE 0105/5.75 § 6.1.3 folgendes:

„Starkstromanlagen, außer solchen in Wohnungen, sind in angemessenen Zeiträumen durch eine Fachkraft zu prüfen. Der Umfang der Prüfungen darf je nach Bedarf und nach den Betriebsverhältnissen auf Stichproben, sowohl in bezug auf den örtlichen Bereich (Anlagenteile) als auch auf die durchzuführenden Maßnahmen beschränkt werden, soweit dadurch eine Beurteilung des ordnungsgemäßen Zustandes möglich ist.“

In der Tabelle 4.27 sind die im Bereich der DBP festgelegten Prüffristen, abhängig von der Schutzmaßnahme und dem Prüfverfahren, angegeben. Die Prüfungen dürfen nur von verantwortungsbewußten Fachkräften mit besten Fachkenntnissen und Erfahrungen durchgeführt werden.

Die Arbeitsanweisung an die Fachkraft, die dann die volle Verantwortung für die sichere und ordnungsgemäße Durchführung der Prüfungen trägt, darf nur von einer verantwortlichen Person (z. B. Stellenvorsteher einer maschinentechnischen Stelle) erteilt werden. Um klare Verhältnisse zu schaffen, sollte sie in schriftlicher Form gegeben werden.

Über die Prüfungen ist ein Prüfprotokoll anzufertigen. Es muß enthalten:

Angaben über Gebäude und Ort, Name des Prüfers, Datum und Angaben über die Witterung (nur bei Anlagen im Freien und bei Erdungsmessungen), Angaben über die verwendeten Meßgeräte sowie Aufzeichnungen über Meßstellen und die erzielten Meßergebnisse.

Mit dem Prüfprotokoll wird die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen bestätigt. Während der Prüfungen ist darauf zu achten, daß weder für den Prüfer noch für andere Personen Gefahren entstehen. Da die Messungen z. T. nur an unter Spannung stehenden Anlagen möglich sind, muß nach VDE 0105 § 9 in feuchten und nassen Räumen und im Freien außer der Fachkraft eine mindestens unterwiesene Person anwesend sein, wenn die unfallsichere Ausführung der Arbeiten durch ungünstige Einflüsse, z. B. beengte Raumverhältnisse, starke Witterungseinflüsse usw., erschwert ist. Die Prüfungen umfassen:

- Besichtigung,
- Erprobung und
- Messung

(siehe auch VDE 0100 g, Tabelle 22–1).

4.4.1 Besichtigung

Bei der Besichtigung sollen mit den Augen feststellbare Mängel auffindig gemacht werden. Die Besichtigung umfaßt auch die Überprüfung der Einrichtungen zur Unfallverhütung, Brandbekämpfung und Ersten Hilfe.

Schutzmaßnahme	Prüfungen						
	Besichtigung	Erprobung	Messungen				
		Betätigung der Prüfeinrichtungen	Erdungswiderstandsmessung	Schleifenwiderstandsmessung	Isolationsmessung	Widerstandsmessung	Fehlerstromspannungsmessung
Schutzerdung	② A	—	④ A B	④ A B	—	④ A B	④ A
Nullung	② A	—	⑤ A B	④ A B	④ A B	④ A B	④ A
Schutzleitungssystem	② A	② A	②	—	—	②	④ A
FU-Schutzschaltung	② A	② A	—	—	—	④ A B	② B
FI-Schutzschaltung	② A	② A	② B	—	② A	④ A B	② A B
Schutzkleinspannung	② A	—	—	—	④ A B	—	④ A B
Schutztrennung	② A B	—	—	—	④ A B	—	④ A B
Schutzisolierung	② A	—	—	—	—	—	—
Standortisolierung	④ A	—	—	—	④ A B	—	—

② = 2jährige Prüfung

A = jährliche Zustandsprüfung u. 3jährliche elektrische Prüfung in explosionsgefährdeten Räumen

B = 10jährige Prüfung in Büros, Wohnungen und zugehörigen Treppenhäusern

Tabelle 4.27 — Prüffristen zur Prüfung der Schutzmaßnahmen

4.4.1.1 Besichtigung bei Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter

Bei den Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter ist darauf zu achten, daß der Schutzleiter (z. B. auch Nulleiter), Erdungsleiter und Potentialausgleichsleiter mindestens die geforderten Querschnitte haben (vgl. Tabellen und Angaben hierzu bei Abschnitt 4.3.2.2), daß sie einwandfrei verlegt und zuverlässig angeschlossen (gegen Selbstlockern gesichert) sind. Der Schutzleiter (in seinem ganzen Verlauf grüngelb) und Schutzleiteranschlüsse müssen richtig gekennzeichnet sein und dürfen nicht mit aktiven Teilen verbunden sein. Die Zugehörigkeit der Betriebsmittel, z. B. der Schaltgeräte, Überstromschutzorgane sowie Stromkreis-Mittel- und Schutzleiterklemmen zu ihren Stromkreisen, muß so gekennzeichnet sein, um Verwechslungen zu vermeiden. Die Schutzleiterschiene bzw. die als Schutzleiter benutzten Konstruktionsteile müssen Anschlußstellen für ankommende und abgehende Schutzleiter haben, die in der Nähe der zugehörigen Außenleiteranschlüsse liegen. Die Zahl der Anschlußstellen muß ebenso groß sein wie die der Zu- und Abgänge. Die Anschlüsse müssen einzeln lösbar sein.

Bei Anwendung der Schutzmaßnahme Nullung mit besonderem Schutzleiter muß der Nulleiter mit der Schutzleiterschiene verbunden sein. Die Schutzkontakte der Steckdosen sind so anzuschließen, daß beim gewaltsamen Herausreißen der Leitung der Schutzleiter als letzter löst. Schutzleiter dürfen keine Überstromschutzorgane oder Schalter haben. In Nulleitern dürfen keine Überstromschutzorgane vorhanden sein, der Nulleiter darf auch nicht schaltbar sein.

Mittelleiter und Schutzleiter sind bei der Schutzmaßnahme Nullung getrennt geführt und nicht miteinander verbunden.

4.4.1.2 Besichtigung bei Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter

Bei den Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter ist darauf zu achten, daß bei Schutzkleinspannung und Schutztrennung die Stromquellen, die Leitungen und die übrigen Betriebsmittel richtig ausgewählt sind und nur solche Steckdosen eingebaut sind, die in derselben Anlage nicht für höhere Spannungen verwendet werden können.

Bei Schutztrennung darf nur eine Steckdose für ein Verbrauchsmittel vorhanden sein (Ausnahme Fernsprechkäbchen mit Wertzeichengeber); die Schutzisolierung darf nicht durch leitfähige Teile oder durch Beschädigung unwirksam sein.

4.4.2 Erprobung

Die Erprobung besteht in der Betätigung der Prüfeinrichtungen bei

- Isolationsüberwachungsgeräten,
- FU-Schutzschaltern und
- FI-Schutzschaltern.

Bei FU- und FI-Schutzschaltern wird damit die elektrische und mechanische Wirksamkeit geprüft, nicht jedoch die Funktionstüchtigkeit der Schutzmaßnahme selbst.

4.4.3 Messung

Durch Messung müssen die Werte ermittelt werden, die eine Beurteilung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme ermöglichen. Um Unfall- und Brandgefahren bei der Messung zu vermeiden, dürfen nur Prüfgeräte nach VDE 0413 verwendet werden. Die für die einzelnen Messungen aufgeführten Geräte entsprechen diesen Bestimmungen. Für die **Spannungsmessung** sind Geräte mit Meßbereichsumschaltung, z. B. 6/12/30/120/300/600 V, für Gleich- und Wechselspannungen und Klasse 1,5 geeignet. Die Spannungsmessung ist auch möglich mit den Meßgeräten METRISO 500 VW und dem Zeropan.

Bei Meßgeräten mit verschiedenen Meßbereichen ist zu beachten, daß zuerst immer der größte Meßbereich einzustellen ist und dann entsprechend der Anzeige umgeschaltet wird.

Für die **Isolationsmessung** nach VDE 0100g/7.76 gilt:

„Der Isolationswiderstand der Anlagenteile ohne Verbrauchsmittel zwischen zwei Überstromschutzorganen, Schaltern oder hinter dem letzten Überstromschutzorgan muß mindestens 1000 Ω je Volt Nennspannung betragen, d. h., der Fehlerstrom jeder dieser Teilstrecken darf bei Nennspannung nicht größer als 1 mA für jede Ader sein.“

Bei Anlagen im Freien sowie in feuchten und nassen Räumen (nur in Räumen und Bereichen, deren Fußböden, Wände und Einrichtungen zu Reinigungszwecken abgespritzt werden) muß der Isolationswiderstand mindestens **500 Ω je Volt Nennspannung** erreichen.

Bei der Nennspannung von 380/220 V muß der Isolationswiderstand mindestens betragen (die Werte in Klammern gelten für Anlagen im Freien und in den bestimmten feuchten und nassen Räumen):

Außenleiter gegen Außenleiter 380 000 Ω
(190 000 Ω)

jeder Außenleiter gegen Mittelleiter oder gegen Nulleiter oder gegen Erde 220 000 Ω
(110 000 Ω)

von der Verteilung zum Zwecke der Messung abgetrennte Mittelleiter gegen Erde 220 000 Ω
(110 000 Ω).

Die Messung Leiter gegen Leiter ist nur dann erforderlich, wenn in der zu prüfenden Leitung kein geerdeter Leiter oder kein geerdeter Mantel mitgeführt wird. Diese Messungen dürfen bei Schalter-Leitungen in Lichtstromkreisen entfallen.

Die Messung muß wegen der eventuell vorhandenen kapazitiven Widerstände mit Gleichspannung durchgeführt werden. Die Prüfspannung muß bei Belastung des Meßgerätes mit 1 mA mindestens gleich der Nennspannung der Anlage sein.

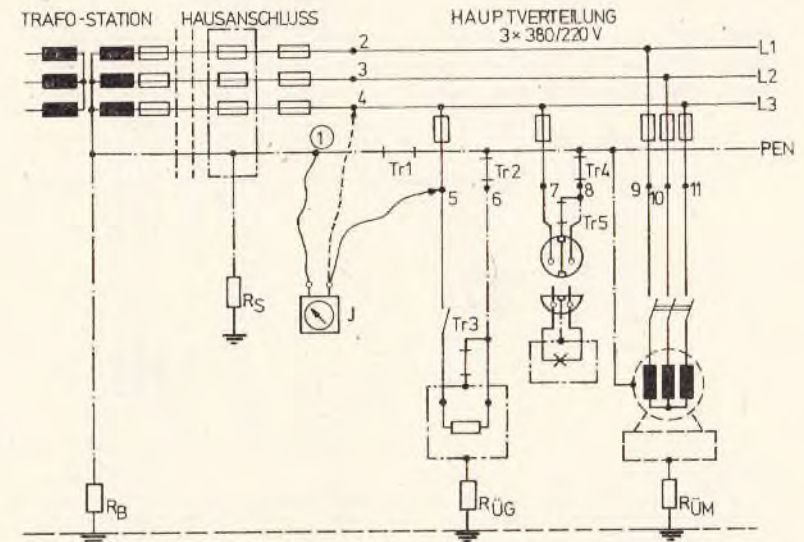
Als Meßgerät eignet sich beispielsweise der Isolationsmesser METRISO 500 VW von der Firma Metrawatt, der den VDE-Bestimmungen 0413 entspricht. Das Gerät wird mit einer eingebauten Batterie betrieben und erzeugt über einen Generator die Meßspannung.

Mit der Isolationsmessung wird auch die Erdschlußfreiheit des zur Prüfung vom Netz abgetrennten Mittelleiters festgestellt.

4.4.3.1 Isolationsmessung bei Nullung und FI-Schutzschaltung

Die Isolationsmessungen bei Nullung ohne besonderen Schutzleiter sind von der Verteilung aus bei bestehenden Anlagen in einigen Stromkreisen vorzunehmen. Die zu messenden Stromkreise sind freizuschalten. Die Spannungsfreiheit ist festzustellen. Die Praxis zeigt, daß Gesamtmessungen (vgl. Abb. 4.28) bei aufgetrenntem Nulleiter bei Tr 1 zwischen den Meßpunkten 1-2, 1-3 und 1-4 keine zufriedenstellenden Werte ergeben, da zwischen den Geräten, Leuchten, Steckdosen usw. zu hohe Ströme über die Übergangswiderstände auftreten. Befriedigende Ergebnisse sind nur zu erwarten, wenn die Nulleiter an der Verteilung und an den Geräten, eventuell auch an den Steckdosen, aufgetrennt werden (bei Tr 2, Tr 3, Tr 4 und eventuell bei Tr 5) und dann zwischen den Punkten 1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 1-9, 1-10 und 1-11 gemessen wird. Liegen die Werte dann immer noch unter den Mindest-Isolationswiderständen von jeweils 220 000 Ohm, müssen die Messungen bei abgeklemmten oder abgeschalteten Verbrauchsmitteln wiederholt werden. Erst wenn auch dann zu geringe Isolationswiderstände gemessen werden, handelt es sich um fehlerhafte Stromkreise.

Vor der Isolationsmessung bei Nullung mit besonderem Schutzleiter und bei FI-Schutzschaltung ist die Verteilung bzw. sind die einzelnen Stromkreise freizuschalten. Die Spannungsfreiheit ist festzustellen. In bestehenden Anlagen genügt die Messung in einigen Stromkreisen. Es werden oft schon mit einer Gesamtmessung (vgl. Abb. 4.29) bei Auftrennung bei Tr 1 und Messung zwischen den Punkten 1-2, 1-3 und 1-4 Isolationswiderstände gemessen, die über den geforderten Mindest-Isolationswiderständen von jeweils 220 000 Ω liegen. Die Anlage ist



2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 = Meßpunkte
 ① Meßpunkt Erde (= Bezugsmeßpunkt)
 Tr1, Tr2, Tr3, Tr4, Tr5 = Trennstellen
 R_{ÜG}, R_{ÜM} = Übergangswiderstände
 I = Isolationsmesser

Die Messung ist an der Verteilung vorzunehmen. **Vor der Messung** muß der zu prüfende Stromkreis freigeschaltet werden.

Abb. 4.28 – Isolationsmessung bei Nullung ohne besonderen Schutzleiter

dann in Ordnung. Werden die Mindestwerte jedoch nicht erreicht, muß auch hier jeder einzelne Stromkreis für sich gemessen werden. Es müssen zu diesem Zweck die Mittelleiter an den Trennstellen Tr 2 und Tr 3 abgeklemmt werden (Tr 1 geschlossen). Erst wenn auch in diesem Fall die festgelegten Werte nicht erreicht werden, ist die Messung bei abgeklemmten oder abgeschalteten Verbrauchsmitteln zu wiederholen.

Die Messungen werden in gleicher Weise sinngemäß auch bei der FI-Schutzschaltung durchgeführt.

4.4.3.2 Isolationsmessung bei Schutzkleinspannung

Die Abb. 4.30 zeigt die Isolationsmessung bei Schutzkleinspannung. Die Messung ist bei freigeschaltetem Trafo mit mindestens 250 V Prüfspannung vorzunehmen. Die Spannungsfreiheit ist festzustellen. Mit der Messung zwischen den Punkten 1 und 2 wird die Erdschlußfreiheit der Sekundärseite festgestellt. Die Messung zwischen den Punkten 2 und 3 läßt erkennen, ob die Sekundärseite des Trafos nicht mit Anlagen

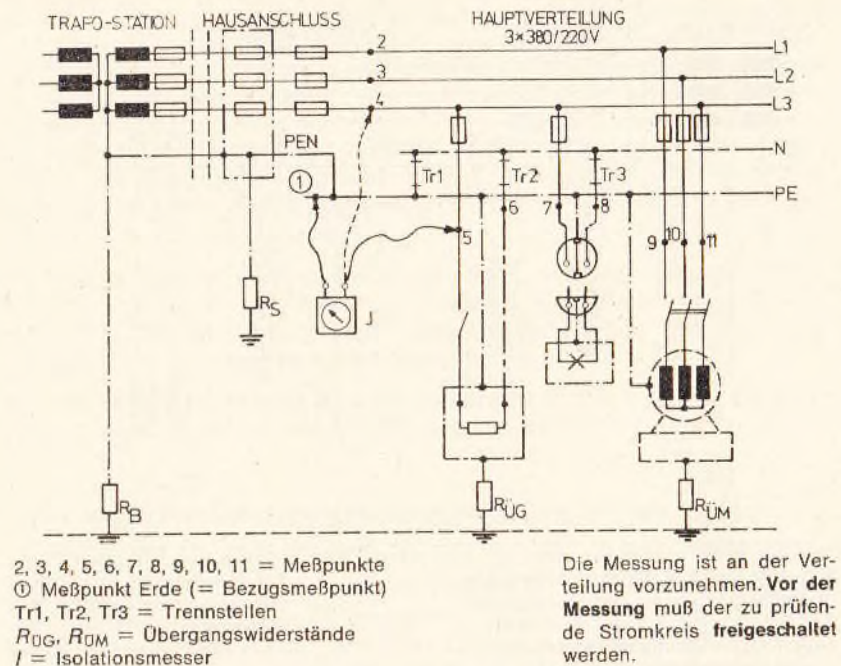


Abb. 4.29 – Isolationsmessung bei Nullung mit besonderem Schutzleiter

höherer Spannung verbunden ist. Die gemessenen Werte müssen mindestens 220 000 Ω betragen.

Bei der **Isolationsmessung bei Schutztrennung** genügt eine Messung zwischen Sekundärseite und Erde zur Feststellung der Erdschlußfreiheit. Vor der Messung ist der Trenntransformator freizuschalten.

4.4.3.3 Widerstandsmeßverfahren

Mit Hilfe von Widerstandsmessungen läßt sich die durchgehend niederohmige Verbindung von Schutzleitern, Erdungsleitern und Potentialausgleichsleitern feststellen. Die Messungen sind zwischen den zu schützenden Anlageteilen (Körpern, Kontakten von Steckvorrichtungen usw.) und den Anschlußstellen der Schutzleiter an den Verteilungen vorzunehmen. Da die zu messenden Werte meist unter 1 Ω liegen, eignen sich nur Meßgeräte mit entsprechend kleinem Meßbereich, wie z. B. der Isolationsmesser METRISO 500 VW mit einem Meßbereich

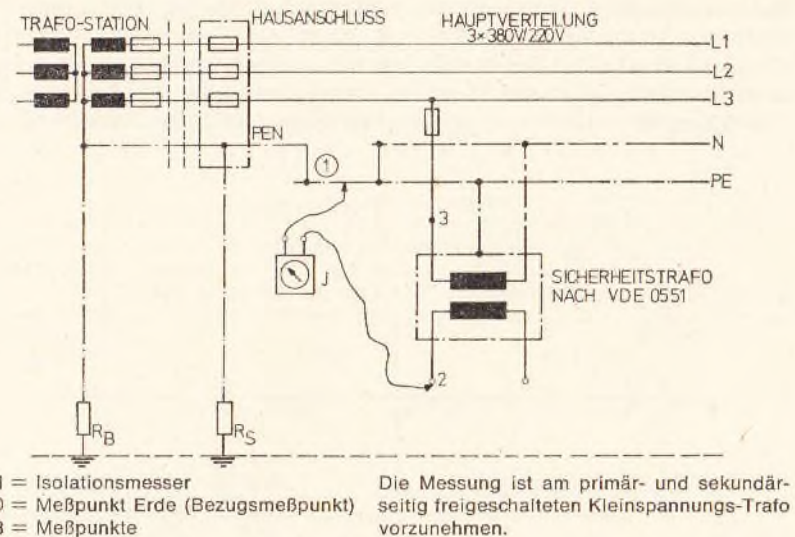


Abb. 4.30 – Isolationsmessung bei Kleinspannung

von 0 bis 4 Ω . Die Leerlaufspannung beträgt 4,1 Volt. Bei langen Verbindungsleitungen muß deren Widerstand berücksichtigt werden.

Bevor an einem Stromkreis gemessen wird, ist freizuschalten und die Spannungsfreiheit festzustellen.

Mit dem Widerstandsmeßverfahren kann **bei der Schutzmaßnahme Nullung mit besonderem Schutzleiter** auch festgestellt werden, ob Schutzleiter (PE) und Mittelleiter (N) hinter dem Aufteilungspunkt nicht wieder miteinander verbunden wurden. Dazu muß der zu messende Stromkreis freigeschaltet und der Mittelleiter an der Verteilung aufgetrennt werden. Am Verbraucher wird dann zwischen PE und N gemessen, wobei sich ein möglichst hochohmiger Wert (mindestens 220 000 Ω) ergeben muß. Bei darunter liegenden Werten muß die fehlerhafte Verbindung gesucht und beseitigt werden.

Widerstandsmessungen sind bei allen Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter erforderlich.

4.4.3.4 Erdungswiderstandsmessung

Bei den Schutzmaßnahmen Schutzerdung, Nullung, Schutzleitungssystem und FI-Schutzschaltung muß zum Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme der Erdungswiderstand gemessen werden. Durch

Berechnung wird nachgewiesen (vgl. Abb. 4.31), ob der gemessene Wert den geforderten Werten z. B. nach der Fernmeldebauordnung (FBO) 14 entspricht. Bei Gebäuden mit posteigener Mittelspannungsanlage werden alle vorhandenen Erden über eine Mittelspannungs-Erdungssammelschiene (= R_B) mit dem Sternpunkt des Transformators

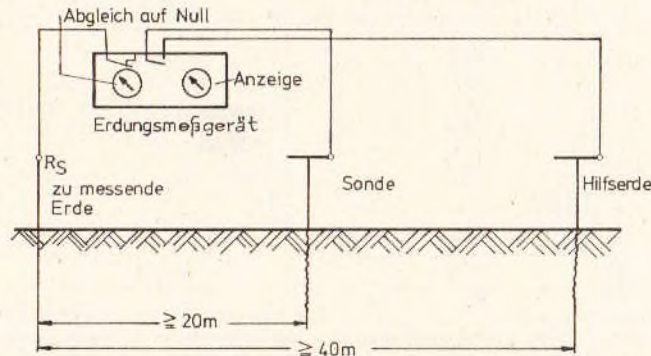


Abb. 4.31 – Erdungswiderstandsmessung

R_S bei Schutzordnung nach Berechnung:¹

$$R_S = \frac{65 \text{ V}}{I_A}$$

$$I_A = I_N \cdot k$$

I_A = Abschaltstrom der Sicherung oder des Automaten

I_N = Nennstrom der Sicherung oder des Automaten

$k = 3,5$ bei Sicherungen flink

= 3,5 bei Sicherungen träge ab 63 A

= 2,5 bei LS-Schalter Typ H

 R_S bei FI-Schutzschaltung:¹

$$R_S = \frac{65 \text{ V}}{I_{EN}}$$

I_{FN} = Nenn-Fehlerstrom des FI-Schutzschalters

 R_S bei Nullung:[†]

Nach VDE kein fester Wert vorgeschrieben, R_C jedoch möglichst klein halten!

 R_B bei Nullung: $R_B \leq 2 \Omega$

¹ In Fernmeldedienstgebäuden (OVSt) nach FBO 14 R₅ bzw. R₈

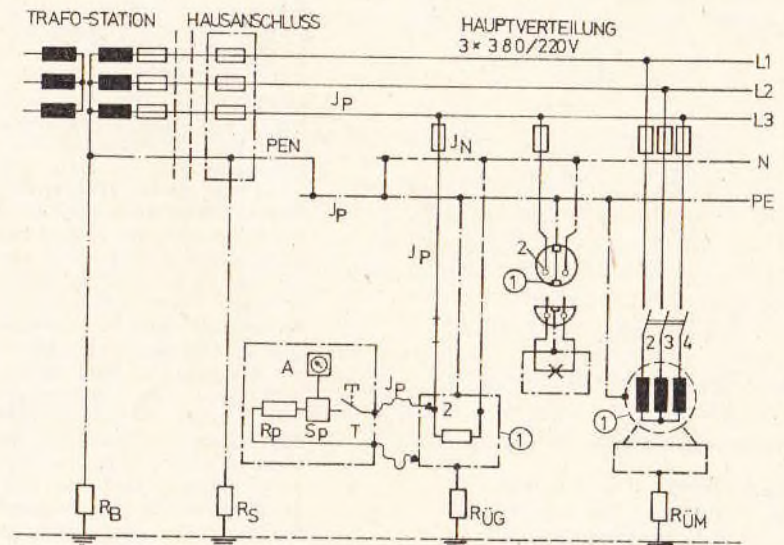
- ≥ 10 Ω bis 500 AE
- ≥ 5 Ω über 500 AE bis 1000 AE
- ≥ 2 Ω über 1000 AE bis 2000 AE
- ≥ 0,5 Ω über 2000 AE

Es muß jeweils der niedrigere von beiden Werten erreicht werden!

220

verbunden. Die Betriebserde darf 2 Ohm nicht überschreiten. Als Meßgerät eignet sich der Erdungsmesser GEOHM 2. In Abb. 4.31 ist das Prinzip der Messung dargestellt. Es ist darauf zu achten, daß die Sonde und die Hilferde die Mindestabstände von 20 m voneinander und von der zu messenden Erde haben, da sonst falsche Werte gemessen werden. Die Meßleitungen und Erdbohrer sind im Erdungsmeßkoffer enthalten.

Bei der Messung wird mit einem Rändelknopf so lange gedreht, bis das Galvanometer auf Null zeigt. In einem Skalenfenster kann dann ein Wert abgelesen werden, der, mit dem Meßbereichsfaktor multipliziert, den gemessenen Erdungswiderstand angibt. Bei feuchtem Erdreich ist der Widerstand kleiner als bei trockenem. Bei feuchtem Erdreich sollten deshalb die gemessenen Werte möglichst niedriger als die geforderten sein.



R_D = Prüf Widerstand ca. 22 Ω

I_p = Prüfstrom ca. 10 A

$\bar{T}$ = Taste

S_p = Einrichtung zur Abschaltung nach 1 bis 3 gemessenen Halbwellen und Meßwertspeicherung

A = Meßwertanzeige

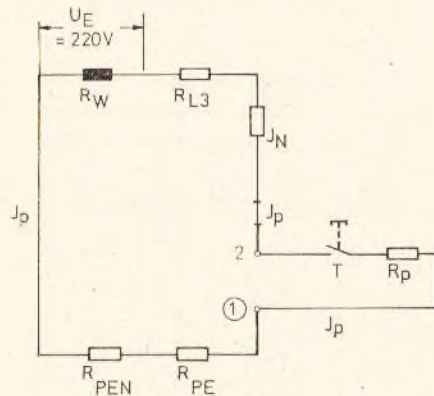
① = Meßpunkte Körper, Schutzkontakt

2, 3, 4 = Meßpunkte der Außenleiter

Abb. 4.32 – Messung des Schleifenwiderstandes bei Nullung mit bes. Schutzleiter

4.4.3.5 Schleifenwiderstandsmessung

Bei der Schutzmaßnahme Schutzerdung muß durch Messung des Widerstandes der Leiterschleife, bei der Schutzmaßnahme Nullung durch Messung des Kurzschlußstromes zwischen Außenleiter und Nullleiter oder besonderem Schutzleiter nachgewiesen werden, daß beim Auftreten eines vollkommenen Kurzschlusses mindestens der Abschaltstrom I_A des nächsten vorgeschalteten Überstromorgans zum Fließen kommt. Abb. 4.32 zeigt am Beispiel der Nullung mit besonderem Schutzleiter die Messung, die bei Nullung ohne besonderen Schutzleiter und bei Schutzerdung in gleicher Weise durchgeführt wird. Gemessen wird mittels Prüfspitzen oder an Schukosteckdosen mittels Schukostecker zwischen den Meßpunkten 1-2 und 1-2,3,4, direkt an den Verbrauchern bzw. an den Schukosteckdosen.



$$R_{Sch} = R_W + R_{L3} + R_{PE} + R_{PEN}$$

$$I_A = I_N \cdot k$$

Abschaltbedingung erfüllt bei $I_K \geq I_A$

- R_W = Widerstand der Wicklung
- R_{PE} = Widerstand des Außenleiters
- R_{PEN} = Widerstand des Schutzleiters
- R_p = Widerstand des Nulleiters
- R_{L3} = Prüfwiderstand
- I_p = Prüfstrom

Nach Drücken der Taste T fließt über den Prüfwiderstand R_p ein Prüfstrom I_p von etwa 10 A, wodurch am Widerstand der Schleife ein Spannungsabfall auftritt. Da dieser dem Schleifenwiderstand proportional ist (vgl. Abb. 4.33), kann die Anzeige in Kurzschlußstrom geeicht werden. Der abgelesene Kurzschlußstrom I_K muß gleich oder größer als der errechnete Abschaltstrom I_A sein, damit bei auftretendem Kurzschluß das Überstromschutzorgan sofort auslöst. Um bei fehlerhaftem Stromkreis eine länger anstehende Berührungsspannung an den Körpern zu vermeiden, erstreckt sich die Messung auf höchstens 3 Halbwellen. Das Meßergebnis wird, solange die Taste gedrückt bleibt, gespeichert und auf der Skala angezeigt. Für die Messung geeignet sind die Meßgeräte Revitester 100 (baugleich mit Elavi 0100n) der Firma Metrawatt und das Zeropan der Firma Gossen.

Abb. 4.33 — Schleifenwiderstand

Beispiel:

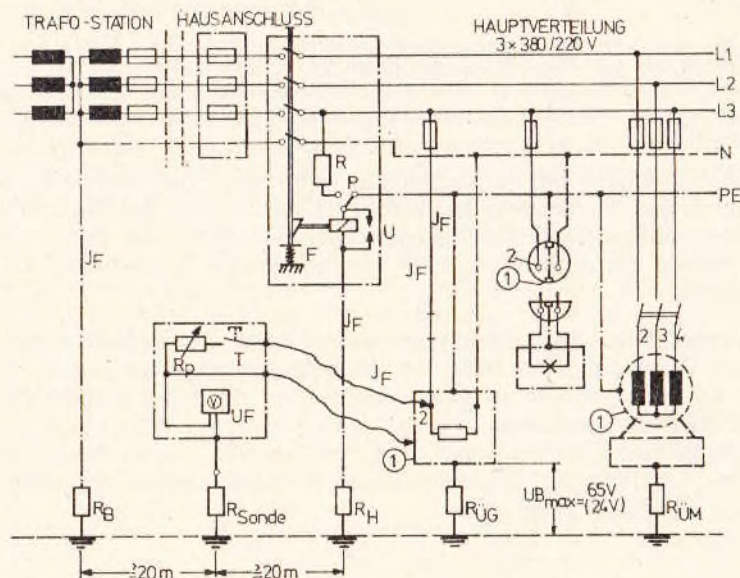
Das in der Abb. 4.32 aufgezeichnete Gerät sei mit einer Sicherung mit 25 A Nennstrom abgesichert. Der Faktor k beträgt hierfür 3,5, so daß sich ein Abschaltstrom von $I_A = I_N \cdot k = 25 \text{ A} \cdot 3,5 = 87,5 \text{ A}$ errechnet. Gemessen wurde ein Kurzschlußstrom $I_K = 420 \text{ A}$. Da der gemessene Wert weit über dem errechneten liegt, ist die Abschaltbedingung erfüllt.

Nach VDE 0100g genügt normalerweise, wenn der Schleifenwiderstand an ungünstigen Stellen ermittelt wird, z. B. an den von der Verteilung am weitest entfernten Anschlußstellen, weil hier infolge der verhältnismäßig hohen Leitungswiderstände die niedrigsten Kurzschlußströme auftreten.

An anderen Stellen genügt dann der Nachweis der durchgehend niederohmigen Verbindung mit Hilfe von Widerstandsmessungen nach Abschnitt 4.4.3.3. Wenn also an einem Verbraucher ein ausreichend hoher Kurzschlußstrom gemessen wurde, genügt es, den Widerstand der Schutzleiter zwischen Verteilung und den Körpern der anderen Verbraucher festzustellen. Bei fehlerfreien Anlagen liegen die Widerstände in der Praxis unter 1Ω .

4.4.3.6 Messung der Fehlerspannung bei der FU-Schutzschaltung

Mit dem in Abb. 4.34 dargestellten Meßgerät (Prinzipschaltung) läßt man bei eingeschaltetem FU-Schutzschalter über den Schutzleiter (Meßpunkt 1) und den Außenleiter (Meßpunkt 2) über die Spule des FU-Schutzschalters einen Fehlerstrom I_F fließen. Die Messung beginnt bei gedrückter Prüftaste T mit dem höchsten Prüfwiderstand, der dann solange verringert wird, bis der FU-Schutzschalter auslöst. Zum Auslösezeitpunkt wird an einem Voltmeter, das zwischen dem Körper und der Erde (Meßsonde, R_{Sonde}) angeschlossen ist, die auftretende Fehler-spannung (= Berührungsspannung U_B) gemessen. Sie muß bei ordnungsgemäßer Anlage deutlich unter 65 bzw. 24 V liegen, z. B. bei 15 V.



- R_P = Prüfwiderstand ca. 20 bis 2000 Ω
 T = Taste
 V = Voltmeter ($R_i = 3000 \Omega$)
 U_F = Fehlerspannung zwischen Erde und Körper
 R_{Sonde} = Erdungswiderstand der Meßsonde
 $\textcircled{1}$ = Meßpunkte Körper, Schutzkontakte
2, 3, 4 = Meßpunkte der Außenleiter
 I_F = Fehlerstrom

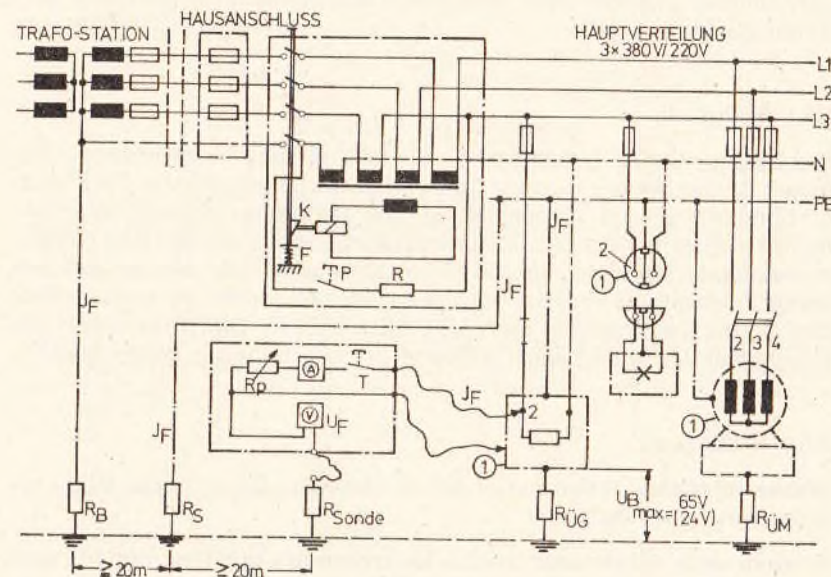
Abb. 4.34 – Messung der Fehlerspannung und Prüfung der Funktion bei FU-Schutzschaltung

Für die Messung geeignet ist der Revitester 100 (baugleich mit Elavi 0100n) der Firma Metrawatt. Mit diesem Meßgerät wird nach Drücken der Taste T der Prüfwiderstand R_P automatisch bis zum Auslösen des FU-Schutzschalters stufenlos verstellt. Die beim Auslösen gemessene Spannung wird elektronisch gespeichert und kann durch Drücken einer weiteren Taste abgefragt werden. Wird die eingestellte maximal zulässige Berührungsspannung erreicht, bevor der FU-Schutzschalter auslöst, wird der Meßvorgang unterbrochen und damit die Gefahr des Auftretens zu hoher Berührungsspannung vermieden.

4.4.3.7 Messung der Fehlerspannung bei der FI-Schutzschaltung

Das Prinzip der Messung ist aus Abb. 4.35 ersichtlich. Bei eingeschaltetem FI-Schutzschalter wird zwischen den Meßpunkten 1 und 2 gemessen.

Der Prüfwiderstand R_P wird bei gedrückter Taste T solange verringert, bis ein genügend hoher Fehlerstrom I_F zur Auslösung des FI-Schutzschalters führt. Der angezeigte Fehlerstrom darf nicht über dem Nennfehlerstrom des FI-Schutzschalters liegen. Gleichzeitig muß die Fehlerspannung U_F (= Berührungsspannung U_B zwischen dem Körper und der Erde (Meßsonde, R_{Sonde}) festgestellt werden. Sie muß bei ordnungsgemäßer Anlage deutlich unter 65 V bzw. 24 V liegen. Für die Messung geeignet ist ebenfalls der Revitester 100 (baugleich mit Elavi 0100n) der Firma Metrawatt. Die Funktion ist die gleiche wie bei der FU-Schutzschaltung. Das Meßgerät speichert die beim Auslösen gemessenen Werte von Strom und Spannung, die dann durch Drücken von weiteren Tasten abgefragt werden können. Beim Auftreten zu hoher Berührungsspannung wird auch hier die Messung automatisch unterbrochen.



- R_P = Prüfwiderstand ca. 73 bis 7300 Ω
 T = Taste
 A = Amperemeter
 V = Voltmeter ($R_i = 3000 \Omega$)
 I_F = Fehlerstrom
 U_F = Fehlerspannung zwischen Erde und Körper
 R_{Sonde} = Erdungswiderstand der Meßsonde
 $\textcircled{1}$ = Meßpunkte Körper, Schutzkontakte
2, 3, 4 = Meßpunkte der Außenleiter

Abb. 4.35 – Messung der Fehlerspannung und Prüfung der Funktion bei der FI-Schutzschaltung

4.5 VDE-Bestimmungen 0190

Einbeziehen von Rohrleitungen in Schutzmaßnahmen von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

Durch den **Potentialausgleich** werden die Potentialunterschiede zwischen dem Schutzleiter, den Rohrsystemen und Anlagen von Heizung, Wasser, Abwasser, Gas, Lüftung, Antenne, Fernmeldeeinrichtungen und leitfähigen Gebäudeteilen beseitigt. Daraus ergibt sich für den Benutzer eine wesentliche Erhöhung der Sicherheit, weil gefährliche Berührungsspannungen zwischen den beschriebenen Systemen nicht mehr auftreten können.

4.5.1 Gültigkeit

Die Bestimmungen gelten seit 1. 10. 1970 für **neu zu errichtende Anlagen**. Da das Wasserrohrnetz (unterirdisches Leitungssystem) nur noch in Sonderfällen mit Genehmigung des Wasserversorgungsunternehmens als Schutz- oder Betriebserder herangezogen werden darf (wegen zunehmender Verwendung von Kunststoffrohren), sind **bestehende Anlagen** innerhalb einer Frist von höchstens 20 Jahren so umzustellen, daß sie die Bedingungen nach VDE 0190 erfüllen. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme muß auch während der Umstellzeit erhalten bleiben.

4.5.2 Erdungen

Wasserrohrnetze dürfen nur in Sonderfällen als Schutz- oder Betriebserder verwendet werden.

Gasrohrnetze, Gasinnenleitungen, Heizrohrnetze und Heizrohrleitungen dürfen weder als Schutz- und Betriebserder, noch als Schutzleiter benutzt oder mitbenutzt werden.

Wasserverbrauchsleitungen (Rohrleitungen hinter dem Wasserzähler) dürfen als Erder für das Schutzleitungssystem, für die FI-Schutzschaltung sowie als Hilferder für die FU-Schutzschaltung und in bestehenden Anlagen als Schutzleiter benutzt werden, wenn sichergestellt ist, daß ihre Eigenschaft als Erder oder Schutzleiter unabhängig vom Wasserrohrnetz erhalten bleibt.

Nach den technischen Anschlußbedingungen (TAB) der EVU sind für Neubauten in die Gebädefundamente Erder, die sogenannten **Fundamenterder**, einzulegen. Sie haben den Zweck, durch Verbindung mit sämtlichen metallisch leitenden Systemen das gesamte Gebäude auf ein Potential zu bringen und damit Spannungsverschleppungen zu vermeiden.

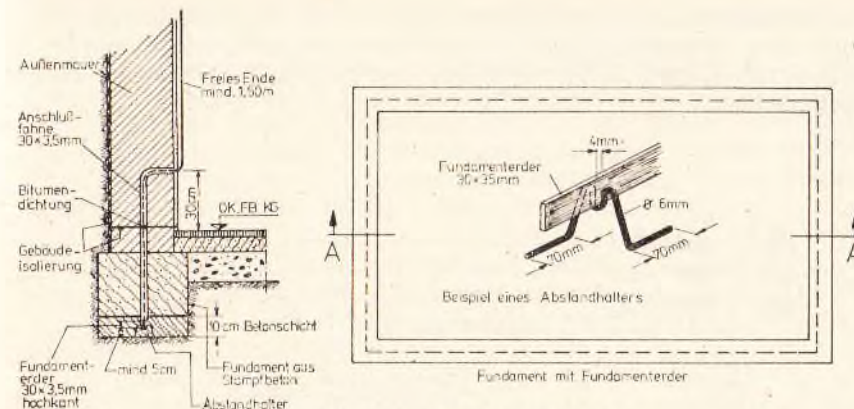


Abb. 4.36 – Fundamenterder

Die dauernde Wirksamkeit des Fundamenterders wird dadurch erreicht, daß er im Beton eingebettet gegen Korrosion geschützt ist.

Abb. 4.36 zeigt die Anordnung der Fundamenterder bei Betonfundamenten. Als Werkstoff ist verzinkter Bandstahl 30 mm × 3,5 mm oder verzinkter Rundstahl mit 10 mm ϕ zu wählen. Der Fundamenterder ist als geschlossener Ring auf Abstandhaltern zu verlegen. Eine Anschlußfahne ist bei Postdienstgebäuden in den Hausanschlußraum auf die Potentialausgleichsschiene zu führen; bei Fernmeldedienstgebäuden an einigen Stellen auf die innere Erdungsringleitung. Der Fundamenterder kann als Blitzschutz-erder benutzt werden.

4.5.3 Potentialausgleich

Für neu errichtete Verbraucheranlagen gilt:

Wasserverbrauchsleitungen, Gasinnenleitungen und Heizrohrleitungen sind durch Potentialausgleichsleitungen unabhängig von den angewendeten Schutzmaßnahmen in der Nähe der Hauseinführung miteinander zu verbinden. Nulleiter oder die Schutzleiter für Nullung, Schutz-erdung, Schutzleitungssystem oder Fehlerstrom-Schutzschaltung sind am Anfang der Verbraucheranlage in den Potentialausgleich einzubeziehen. Einzubeziehen sind auch Schutzleiter oder Hilferder für die Fehlerspannungs-Schutzschaltung, soweit nicht VDE 0100 § 12 N b) 11 entgegensteht.

In bereits bestehenden Verbraucheranlagen sollen bei Umstellung Wasserverbrauchsleitungen, Gasinnenleitungen und Heizrohrleitungen in den Potentialausgleich mit einbezogen werden.

Nicht jede Rohrleitung braucht über eine eigene Potentialausgleichsleitung an die Potentialausgleichsschiene angeschlossen zu werden. Es dürfen also auch mehrere Rohrleitungen untereinander verbunden und über eine gemeinsame Potentialausgleichsleitung an die Potentialausgleichsschiene angeschlossen werden.

Die Schutzmaßnahmen in den elektrischen Verbraucheranlagen müssen auch ohne Potentialausgleichsleitungen wirksam sein. Die Potentialausgleichsleitungen dürfen die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme nicht beeinträchtigen.

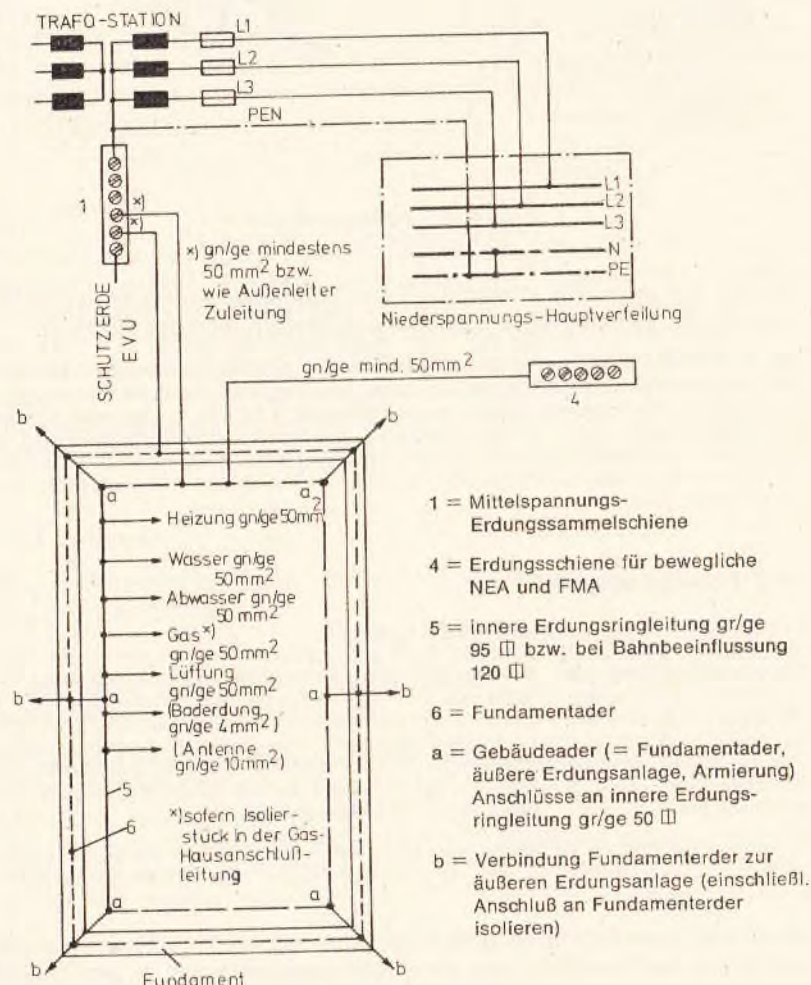


Abb. 4.37 – Erdungsanlage und Potentialausgleich in Fernmeldedienstgebäuden mit Mittelspannungsanlage (Schutzmaßnahme Nullung)

4.5.4 Ausführung von Erdungs- und Potentialausgleichsleitungen

Potentialausgleichsleitungen und Überbrückungsleitungen (z. B. beim Wassermesser) müssen nach den Querschnitten der Außenleiter der stärksten vom Hausanschlußkasten oder von der Hauptverteilung abgehenden Hauptleitung der betreffenden Anlage bemessen werden, und zwar so, daß sie mindestens die Leitfähigkeit des Schutzleiters nach Tabelle 4.10 (Spalten 4 und 5) haben, jedoch nicht weniger als 10 mm² bei Kupfer. In Baderäumen und Duschecken genügen 4 mm² Kupfer. Die Potentialausgleichsleiter **dürfen** wie Schutzleiter, also grüngelb, gekennzeichnet sein. In Abb. 4.37 ist die Erdungsanlage und der Potentialausgleich in Fernmeldedienstgebäuden mit Mittelspannungsanlage bei der Schutzmaßnahme Nullung dargestellt. Nach den „Richtlinien über Erdungen und Schutzmaßnahmen in Fernmeldeanlagen“ ist anstelle der Potentialausgleichsschiene eine innere Erdungsringleitung zu verlegen. An die innere Erdungsringleitung werden auf kürzestem Weg die Potentialausgleichsleitungen sowie die fernmeldetechnischen Einrichtungen und Kabel angeschlossen. Die Erdungsringleitung wird an der Wand ca. 30 cm unter der Decke isoliert geführt. Beim Anschluß an das Niederspannungsnetz ist am Hausanschluß der Nulleiter mit der inneren Erdungsringleitung zu verbinden. Bei Mittelspannungsanlagen in einem Postdienstgebäude (PDG) sitzt die Potentialausgleichsschiene isoliert in der Nähe der Niederspannungshauptverteilung. Bei Niederspannungsversorgung (vgl. Abb. 4.38) wird die Potentialausgleichsschiene isoliert in der Nähe des Hausanschlusses montiert.

Der Fundamenterder darf als Schutz- bzw. Betriebserder benutzt werden, wenn der für die jeweilige Schutzmaßnahme errechnete Wert des Erdungswiderstandes R_S bzw. R_B erreicht wird (vgl. Abb. 4.37) und dieser Wert gleich oder kleiner dem nach FBO vorgeschriebenen Wert ist. Da häufig die geforderten Werte nicht erreicht werden, muß eine zusätzliche äußere Erdungsanlage erstellt werden. Sie kann aus feuerverzinktem Bandstahl (Banderder) bestehen, der in einem oder in mehreren Ringen im Erdreich um das Gebäude verlegt wird, oder aus senkrecht in das Erdreich eingetriebenen feuerverzinkten Stahlrohren (Staberder) hergestellt sein, was oft wirksamer ist.

Vom Fundamenterder läßt man Fahnen nach außen stehen, die isoliert bis zu den Anschlußpunkten der äußeren Erdungsanlage geführt werden. Der Fundamenterder darf auch als Blitzschutzterder verwendet werden.

An Hauptleitungen und an außerhalb von Gebäuden liegenden Anschlußleitungen von Wasserrohrnetzen sind die Anschlüsse auf Veranlassung des EVU im Einvernehmen mit dem Wasserversorgungsunternehmen auszuführen.

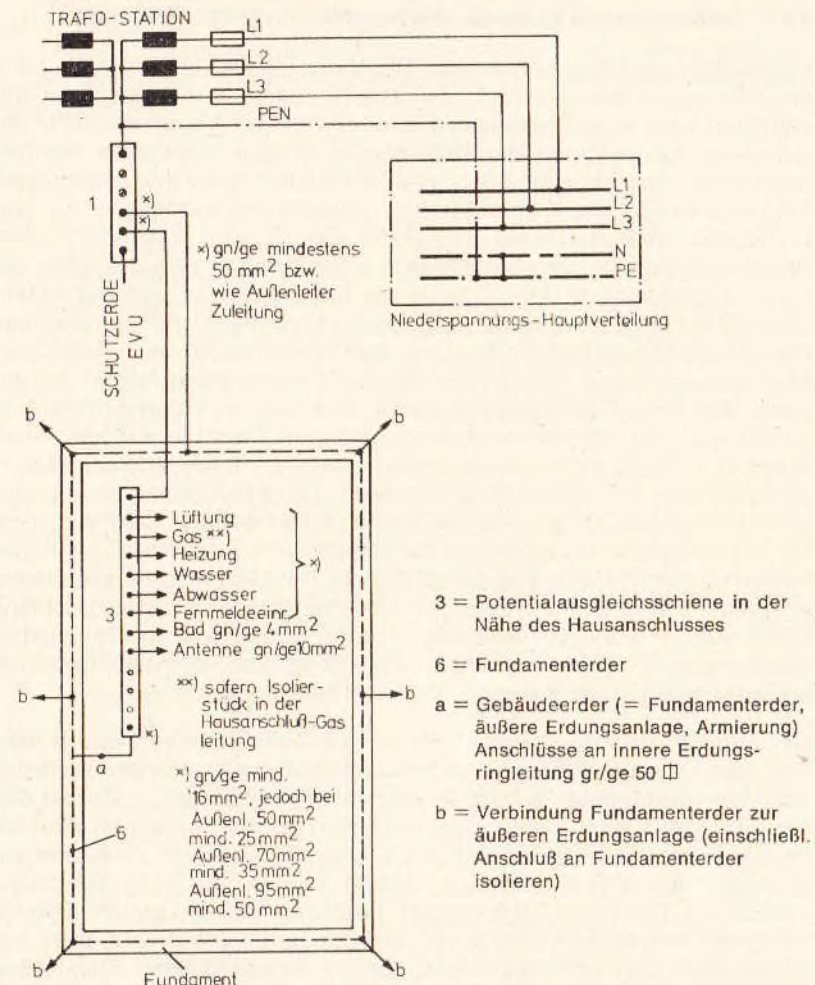
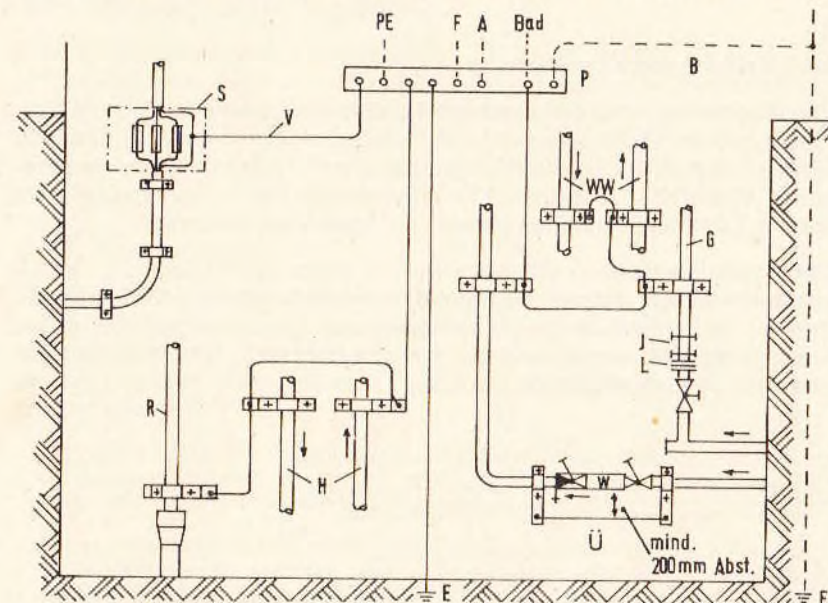


Abb. 4.38 — Erdungsanlage und Potentialausgleich in Postdienstgebäuden mit Niederspannungsanschluß (Schutzmaßnahme Nullung)

Anschlüsse in Verbrauchsanlagen an Wasserverbrauchsleitungen, Gasinnenleitungen und Heizrohrleitungen sind von dem Errichter der elektrischen Anlage fachgerecht auszuführen. Die Potentialausgleichsleitungen sind hinter der nach der Hauseinführung liegenden lösbaren Verbindung anzuschließen.

Alle Anschlüsse müssen gut und dauerhaft Kontakt geben. Erdungsklemmen (Erdungsschellen) müssen VDE 0609 entsprechen und für die zu klemmenden Leiterquerschnitte geeignet sein.

Anschlußklemmen zum Verwenden im Erdboden müssen verzinkt sein oder aus dem gleichen Werkstoff bestehen wie die Rohrleitungen. Die



A	Antennenanlage	J	Isolierstück
B	Blitzschutzanlage	L	Langgewinde
E	Erder, z. B. Fundamenterder	P	Potentialausgleichsschiene
F	Fernmeldeanlage	R	Abwasserrohr
G	Gasrohr	S	Starkstrom-Hausanschlußkasten
H	Heizungsrohr		
PE	Schutzleiter		
V	Verbindungsleitung bei Nullung		
W	Wasserzähler		
WW	Warmwasser		

je nach Schutzmaßnahme

Überbrückung nur mit Absprache des EVU

Sämtliche Verbindungsleitungen sind entsprechend den Außenleitern des Hausanschlußkabels nach Tabelle 4.10 (VDE 0100/5.73 Tabelle 9-2) zu bemessen, jedoch mit mindestens 10 mm² Cu. Für die Verbindungen V und Ü sind die TAB des zuständigen EVU zu beachten! Die Verbindung E muß mindestens mit einem Querschnitt von 25 mm² ausgeführt werden. Als Verbindungsmaterial ist zulässig: im Rohr HO7V, bei offener Verlegung NYM oder NYY. Bei den Anschlußschellen darf keine Weichbleizwischenlage verwendet werden.

Abb. 4.39 — Erdungsanlage und Potentialausgleich in einem Wohngebäude

Verbindungsstellen müssen gegen Korrosion geschützt sein, z. B. durch wasserdichte und säurefeste Umhüllungen, plastische Binden, Umgießen.

Die Abb. 4.39 zeigt die Erdungsanlage und den Potentialausgleich in einem Wohngebäude.

4.5.5 Prüfung und Überwachung

Vor Inbetriebsetzung der elektrischen Verbraucheranlage sind die Verbindungen auf ihre einwandfreie Beschaffenheit in Augenschein zu nehmen; außerdem ist die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme entsprechend VDE 0100g zu prüfen. Die Wirksamkeit des Potentialausgleichs kann in Zweifelsfällen durch Messen nachgewiesen werden.

Der Potentialausgleich gilt als wirksam, wenn der Widerstand R zwischen der Anschlußstelle der Potentialausgleichsleitung und den Enden der in den Potentialausgleich einbezogenen Rohrleitungen 3 Ohm bei einem Prüfstrom von etwa 5 A nicht überschreitet. Die Prüfung kann nach Abb. 4.40 durchgeführt werden.

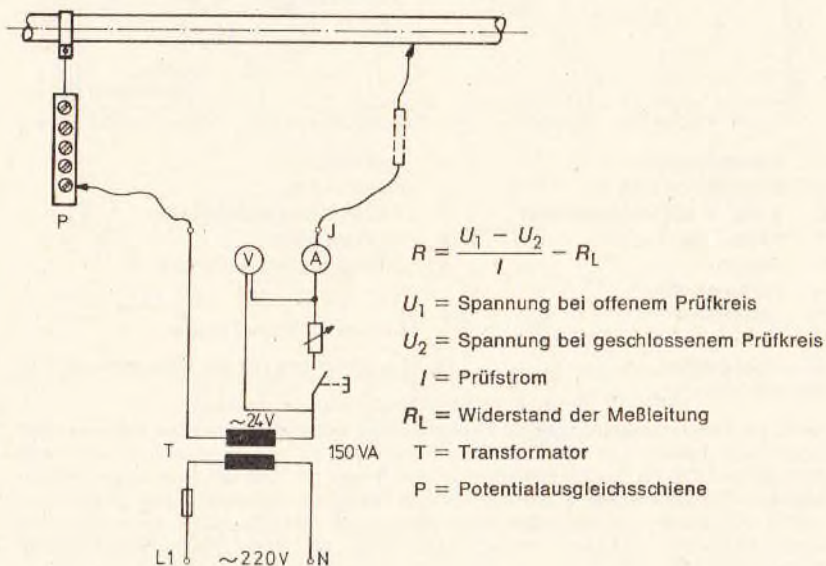


Abb. 4.40 — Prüfung des Potentialausgleichs

4.6 VDE-Bestimmungen 0701

Bestimmungen für die Instandsetzung, Änderung und Prüfung gebrauchter elektrischer Verbrauchsmittel (Geräte)

4.6.1 Gültigkeit und Geltungsbereich

Diese VDE-Bestimmungen gelten seit 01. 09. 71 für die Bereiche VDE 0720 „Bestimmungen für Elektrowärmegeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke“ und VDE 0730 „Bestimmungen für Geräte mit elektromotorischem Antrieb für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke“.

4.6.2 Anforderungen

Da nach dem Instandsetzen und Ändern von Geräten oder Geräteteilen bei normalem Gebrauch keine Gefahr für den Benutzer oder die Umgebung auftreten darf, sind folgende Anforderungen zu beachten, die als erfüllt gelten, wenn folgende Prüfungen gemäß Abschnitt 4.6.3 durchgeführt werden:

- 1 Instandsetzungen und Änderungen von Geräten und der Einbau von Einzelteilen in Geräten sind fachgerecht durchzuführen. **Die Arbeiten dürfen nur von Fachkräften oder unterwiesenen Personen ausgeführt werden.**

Es ist besonders darauf zu achten, daß die konstruktiven Merkmale der Geräte nicht sicherheitsmindernd verändert werden. Insbesondere dürfen die ursprünglichen Kriech- und Luftstrecken und die Abstände durch die Isolierung hindurch nicht verkleinert werden. Darauf ist besonders zu achten, wenn die entsprechenden Originalersatzteile nicht mehr erhältlich sind.

- 2 Die einzubauenden Einzelteile müssen in Nenndaten und sonstigen Merkmalen (Temperaturbeständigkeit, Schutzart, Isolation usw.) für das Gerät geeignet sein, so daß das Gerät auch nach der Instandsetzung und Änderung den einschlägigen VDE-Bestimmungen entspricht. Die einzubauenden Einzelteile sollen deshalb **Original-Ersatzteile** sein.
- 3 Das **Auswechseln von Original-Ersatzteilen ohne Gebrauch von Werkzeugen gilt nicht als Instandsetzung.**
- 4 Werden andere als Original-Ersatzteile verwendet, ist zu prüfen, ob das Gerät dadurch nicht sicherheitsmindernd verändert wurde und noch den zugehörigen VDE-Bestimmungen genügt. Insbesondere ist auf die Beibehaltung der Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung zu achten.

4.6.3 Prüfungen

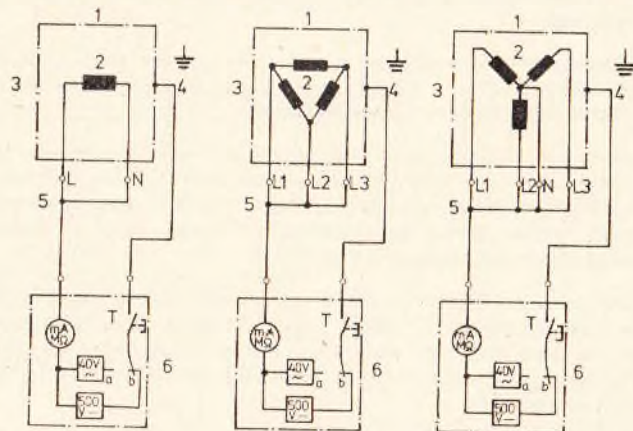
Nach Instandsetzung oder Änderung von Geräten ist der **Isolationswiderstand** mit einem Isolationsmesser gemäß VDE 0413 zu messen. Als Meßgerät ist der EHG-Prüfer der Firma Gossen geeignet. Folgende Werte dürfen nicht unterschritten werden:

- Bei Geräten mit elektromotorischem Antrieb 1 M Ω , bei Elektrowärmegegeräten und bei Geräten mit elektromotorischem Antrieb und Heizeinrichtungen 0,25 M Ω (sämtliche Geräte Schutzklasse I und III).

Werden diese Werte nicht erreicht, muß eine **Ersatz-Ableitstrommessung** vorgenommen werden.

Der Isolationswiderstand von Einzelteilen mit Wicklungen, z. B. Motoren, Transformatoren, Schützen usw., muß vor dem Einbau gemessen werden und mindestens 1 M Ω aufweisen.

- Bei Geräten der Schutzklasse II (Schutzisolierung) muß der Isolationswiderstand zwischen aktiven Teilen und berührbaren Metallteilen mindestens 5 M Ω sein.



1 = zu prüfende Geräte
2 = Schaltungsart
3 = Körper

4 = Verbindung Meßleitungsanschluß am Körper
5 = Anschluß aktive Teile - Meßgerät
6 = Meßgerät (EHG-Prüfer)
Stellung a = Ableitstrommessung
Stellung b = Isolationsmessung

Achtung: Während der Prüfung sämtliche Schalter und Taster auf Einschaltstellung bringen. Schütze, die als Hauptschalter dienen, überbrücken!

Abb. 4.41 – Prinzip der Isolationsmessung und der Ersatz-Ableitstrommessung

Sind zwischen aktiven Teilen und Körpern Kondensatoren eingebaut, muß zwischen den aktiven Teilen und den Körpern eine **Ersatz-Ableitstrommessung** durchgeführt werden. Eine Ableitstrommessung gemäß VDE 0470 § 20 ist meist nicht möglich, da die Geräte dazu isoliert aufgestellt oder an eine von Erde isolierte Spannungsquelle angeschlossen werden müßten. Das Meßgerät für die Ersatz-Ableitstrommessung muß Ableitströme zwischen 0 und 15 mA anzeigen können, wobei sich die Eichung auf die 1,06fache Nennspannung des zu prüfenden Gerätes beziehen muß.

Die Messungen sind nach Abb. 4.41 vorzunehmen. Für die **Isolationsmessung** steht der Wahlschalter in Stellung „b“. Bei Drücken der Taste T wird an das zu prüfende Gerät zwischen den überbrückten aktiven Teilen und dem Körper eine Spannung von 500 V – angelegt; der Wert des Isolationswiderstandes kann dann auf dem Meßinstrument abgelesen werden. Wenn der Wert nicht erreicht wird oder Kondensatoren zwischen aktiven Teilen und Körper eingebaut sind, wird durch Umschalten des Wahlschalters in Stellung „a“ die **Ersatz-Ableitstrommessung** mit 40 V Wechselspannung durchgeführt. Die in Tabelle 4.42 aufgeführten Werte dürfen nicht überschritten werden.

Die Werte der Tabelle gelten für die Nennspannung der Geräte.

Geräteart	angezeigter Strom mA Geräte der Schutzklasse	
	I	II und III
Bei Geräten mit elektromotorischem Antrieb, die: – ortsveränderlich sind und über eine feste Anschluß- leitung oder über eine Geräteanschlußleitung mit dem Netz verbunden werden	... 0,75	0,5
– ortsfest sind und über einen festen Anschluß oder in einzelnen Fällen, z. B. bei Waschmaschinen, über eine feste Anschlußleitung mit dem Netz verbunden werden	... 3,5	0,5
Bei Elektrowärmegegeräten, die: – ortsveränderlich sind und über eine feste Anschluß- leitung oder über eine Geräteanschlußleitung mit dem Netz verbunden werden	... 3,0	0,5
– ortsfest sind und über einen festen Anschluß oder in einzelnen Fällen, z. B. bei Heißwassergeräten, über eine feste Anschlußleitung mit dem Netz verbunden werden	... 5,0	0,5
Bei Elektroherden – bis 3 kW Nennleistung	... 6,0	0,5
– über 3 kW Nennleistung	...15,0	0,5

Tabelle 4.42 – Maximal zulässige Ableitströme

Werden Messungen bei Unter- oder Überspannungen im Netz durchgeführt, so sind die abgelesenen Werte auf die Nennspannung umzurechnen oder die Angaben des Herstellers des Meßgerätes zu berücksichtigen.

Bei Erneuerung von Wicklungen, z. B. von Motoren, Transformatoren, Schützen usw., muß zwischen den aktiven Teilen und den nicht aktiven Teilen eine Minute lang eine sinusförmige Wechselspannung von 50 Hz angelegt werden. Zunächst wird die halbe vorgeschriebene Prüfspannung angelegt und innerhalb von 10 sec auf vollen Wert gebracht. Dabei darf kein Überschlag oder Durchschlag auftreten. Bei nur teilweise erneuerten Wicklungen genügt der 0,75fache Wert der Prüfspannung. Die Prüfspannungen betragen bei Einzelteilen mit einer Nennspannung bis 42 V : 500 V, über 42 V : 1500 V

Bei Erneuerung der Wicklungen anderer Einzelteile sind die Prüfungen nach den einschlägigen Gerätebestimmungen zu beachten. Bei Geräten der Schutzklasse I (mit Schutzleiter) muß der **Schutzleiter auf seine ordnungsgemäße Beschaffenheit, insbesondere an Klemm- und Verbindungsstellen** und auf **Zugentlastung** geprüft werden. Die **Geräteanschlußleitung** ist in jedem Fall mit zu **überprüfen**.

Der Widerstand des Schutzleiters einschl. der Klemm- und Verbindungsstellen muß gemessen werden und darf 0,3 Ohm nicht übersteigen.

Nach dem Instandsetzen oder Ändern von Geräten ist eine **Funktionsprüfung** durchzuführen. Bei Elektrowärmegegeräten muß vor Benutzung die ordnungsgemäße Funktion der Temperaturregler oder -begrenzer sichergestellt sein.

Bei Geräten, die betriebsmäßig unter Druck stehen, ist eine Druckprüfung durchzuführen, sofern nicht druckgeprüfte Originalersatzteile eingebaut werden.

4.7 VDE-Bestimmungen 0800

Bestimmungen für Errichtung und Betrieb von Fernmeldeanlagen einschließlich Informationsverarbeitungsanlagen

Die nachfolgende Zusammenfassung soll einen Überblick über die wichtigsten Begriffe und Bestimmungen geben.

4.7.1 Teil 1: Allgemeine Bestimmungen

4.7.1.1 Gültigkeit und Geltungsbereich § 1 und § 2

Diese Bestimmungen gelten seit 01. 05. 70 für das Errichten und den Betrieb von Fernmeldeanlagen einschließlich Informationsverarbeitungsanlagen.

Ausgenommen sind Fernmeldeanlagen in bergbaulichen Betrieben und unter Tage.

In Fernmeldeanlagen und Informationsverarbeitungsanlagen gelten für den Teil der Anlage, der mit dem Starkstromnetz in leitender Verbindung steht oder von solchen Netzen nicht elektrisch getrennt ist, die für Starkstromanlagen maßgebenden Bestimmungen, hinsichtlich der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren, der Kriechwege, der Abstände und der Prüfspannungen.

4.7.1.2 Begriffe

Fernmeldeanlagen (§ 3) einschließlich Informationsverarbeitungsanlagen sind Anlagen zur Übertragung und Verarbeitung von Nachrichten und Fernwirkinformationen mit elektrischen Betriebsmitteln. Die Fernmeldeanlagen wurden nach Klassen eingeteilt:

Klasse A: Fernmeldeanlagen für einfache Ansprüche, z. B. Hausklingelanlagen und Heimfernsprecher.

Klasse B: Fernmeldeanlagen für erhöhte Ansprüche an die Übertragungssicherheit, z. B. Fernsprech-, Fernschreib-, Fernwirkanlagen, Informationsverarbeitungsanlagen und Anlage zur Übermittlung eines Gefahrenzustandes auch durch automatische Wähl- und Ansagegeräte.

Klasse C: Fernmeldeanlagen, deren Übertragungssicherheit durch zusätzliche Maßnahmen erhöht und deren Versagen damit weitgehend verhindert ist, z. B. Anlagen zur Sicherung von Leben und Sachwerten, wie Überfall- und Einbruchmeldeanlagen, Fernmeldeanlagen.

Auf die allgemeinen Begriffe (§ 4), wie z. B. Fachmann, unterwiesene Person, Handbereich usw., gehen wir in Abschnitt 4.8 ein. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang der Begriff **Beeinflussungen**. Darunter versteht man die elektrischen Einwirkungen einer Starkstromanlage auf eine Fernmeldeanlage durch Kopplung über kapazitive, induktive und ohmsche Widerstände.

Als weitere Begriffe sind enthalten:

- Leitungen § 5,
- Betrieb § 6,
- Arten der Stromversorgung § 7,
- Schädigende Einwirkungen § 8 und
- Arten der Betriebsstätte § 9.

Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung § 10. Es werden hier die Schutzmaßnahmen nach VDE 0100 aufgeführt, wobei bei der Schutzmaßnahme Schutzisolierung noch die Begriffe Schutz-Isolierung umhüllung, Schutzzwischenisolierung und verstärkte Isolierung definiert sind.

4.7.1.3 Bestimmungen

Allgemeine Bestimmungen

Fernmeldeanlagen müssen so geplant, errichtet und unterhalten werden, daß ihr fehlerfreier Betrieb keine Personen gefährden und keinen Sachschaden verursachen kann. Darüber hinaus sind für den Fehlerfall zusätzliche Maßnahmen nach § 15 zu treffen.

Die in Fernmeldeanlagen verwendeten Geräte und Teile müssen den für sie geltenden VDE-Bestimmungen entsprechen. Fernmeldeanlagen sollen andere Anlagen nicht unzulässig beeinflussen.

Werden Fernmeldeanlagen durch Starkstromanlagen beeinflusst, so gelten VDE 0226, 0227, 0228, 0845, 0141 und Teil 2 von 0800.

Bezüglich gefährdender Spannungen durch Blitzschutzanlagen sind die Allgemeinen Blitzschutzbestimmungen des Ausschusses für Blitzableiterbau (ABB), VDE 0845 und VDE 0800 Teil 2 § 15 zu beachten.

Anschlüsse von Leitungen und Verbindungen von Leitungen untereinander, z. B. an Verteilern außerhalb von Geräten, die betriebsmäßig Wechselspannung über 65 V oder Gleichspannung über 100 V führen, müssen sich von Anschlüssen mit geringerer Spannung unterscheiden. Um eine angemessene Wärmesicherheit zu erzielen, ist für ausreichende Wärmeabfuhr zu sorgen.

Die Klasse, nach der eine Anlage errichtet werden soll, ist von dem für den Betrieb Verantwortlichen festzulegen. Fernmeldestromkreise müssen von Starkstromkreisen elektrisch sicher getrennt sein. Betriebsmäßig unter Spannung stehende Teile elektrischer Betriebsmittel müssen ausreichend isoliert oder gegen zufälliges Berühren abgedeckt sein.

Gehäuse, Abdeckungen, Schutzgitter und dergleichen müssen zuverlässig befestigt und mechanisch ausreichend widerstandsfähig sein. Leitungen, die betriebsmäßig durch Zug-, Druck- oder Verdrehungskräfte beansprucht werden können, z. B. bewegliche Leitungen, müssen so befestigt werden, daß sich diese Kräfte nicht auf die Anschlußstellen der Leiter auswirken können, z. B. durch Zugentlastungsvorrichtungen. Vom Schutz gegen zufälliges Berühren der betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teile darf abgesehen werden, in offenen und bedingt zugänglichen Betriebsstätten bei Wechselspannungen bis 65 V oder Gleichspannungen bis 100 V gegen Erde sowie in abgeschlossenen Betriebsstätten bei Spannungen bis 250 V gegen Erde. In Fernmeldeanlagen oder Teilen von ihnen, die nicht leitend mit Starkstromanlagen verbunden sind, gelten als zu hohe Berührungsspannungen

Bei Gefährdung von Menschen:

- Wechselspannung 65 V gegen Erde,
- Gleichspannung 100 V gegen Erde,

bei Gefährdung von Nutztieren:

- Wechselspannung über 24 V gegen Erde.

In Anlagen bis zu diesen Höchstwerten sind zusätzliche Schutzmaßnahmen nicht erforderlich. In Anlagen über diesen Werten sind Schutzmaßnahmen erforderlich; abgesehen von einigen Ausnahmen nach c) 2.1, 2.2 und 2.3. Die zusätzlichen Schutzmaßnahmen und ihre Prüfung auf Wirksamkeit muß VDE 0100 bzw. VDE 0101 entsprechen.

Für die **Fernmelde-Betriebserdungen** gelten die Bestimmungen VDE 0800 Teil 2. Verbindungen der Leiter untereinander müssen bei Anlagen der Klassen B und C durch Löten, Verschrauben, Klemmen, Schweißen, Nieten oder mittels Löt-, Quetsch-, Würgehülsen oder durch gleichwertige Verbindungen (z. B. nicht gelöteter Spleiß) nach den Vorschriften der DBP hergestellt werden. Verbindungen, die nur durch einfaches Verwürgen der Leiter hergestellt werden, sind lediglich in Anlagen der Klasse A zulässig.

Zwischen Leitungen von Fernmeldestromkreisen und Starkstromleitungen muß ein lichter Abstand von 10 mm eingehalten werden, oder es ist ein Trennsteg erforderlich.

Als Trennsteg gilt bei Kreuzungen oder kurzer Parallelführung auch der Mantel von Mantelleitungen nach BDE 0250. Aderisolierung allein ist nicht ausreichend. Für Fernmeldeanlagen, die zur Übertragung der Nachricht eine Hochspannungsleitung benutzen, gilt VDE 0850.

Für die Auswahl und Verlegung von **Leitungen in und an Bauwerken** gelten VDE 0812 bis 0817 und 0890 und für die Auswahl und Verlegung von **Außenkabeln** gelten VDE 0880 und VDE 0890. Es ist sicherzustellen, daß keine metallene Berührung auftritt sowie Spannungen nicht auf Fernmeldeanlagen und umgekehrt gebracht werden können. Die Benutzung öffentlicher Verkehrswege darf nicht behindert werden sowie die Sicherheit von Rohr- und Tankanlagen – besonders mit entflammablem Inhalt – nicht beeinträchtigt sowie Personen und die Fernmeldeanlagen nicht gefährdet werden. Bei Arbeiten an einer der beiden Anlagen dürfen weder Personen gefährdet noch die andere Anlage beschädigt werden. Die **Stromversorgung** soll so bemessen sein, daß ein einwandfreier Betrieb gewährleistet ist.

Zwischen einem Wechselstromnetz und einer Fernmeldeanlage, die nach VDE 0800 errichtet ist, darf keine galvanische oder kapazitive Verbindung, mit Ausnahme über den Schutzleiter des Wechselstrom-

netzes, bestehen. Eine Verbindung darf bestehen, wenn die Fernmeldeanlage wie eine Starkstromanlage nach VDE 0100 ausgeführt ist.

Für den Überstromschutz und für **Überspannungsableiter** gilt die Fernmeldebauordnung der Deutschen Bundespost Teil 14.

Geräte und Leitungen von Fernmeldeanlagen, bei denen ein Überstrom von unzulässiger Stärke und Dauer entstehen kann, müssen so geschützt werden, daß keine Sachwerte gefährdet werden. Sind Überspannungen zu erwarten, so müssen diejenigen Teile der Fernmeldeanlagen, an denen eine Personengefährdung möglich ist, entsprechend geschützt werden.

Als Überstromschutz sind Stromsicherungen nach VDE 0635, 0641, 0643 sowie 0820 (nur für Geräte) und DIN 41 566 zu verwenden. In geerdeten Leitern, die als Schutzleiter dienen, dürfen keine Sicherungen liegen. Überspannungsschutzgeräte sind im allgemeinen erforderlich

1. zum Schutz der Fernmeldeleitungen (Freileitungen, Luftkabel, Erdkabel, Zuführungskabel) und der mit ihnen in leitender Verbindung stehenden Geräte gegen Überspannungen infolge atmosphärischer Entladung, durch Einwirkungen aus benachbarten Starkstromanlagen und bei der Möglichkeit eines direkten Spannungsübertritts aus Starkstromanlagen,
2. zum Schutz von hochempfindlichen Bauelementen (elektronische Bauelemente, Halbleiterbauelemente usw.) in Geräten, wobei die Schutzwirkung durch ein Zusammenwirken der Überspannungsschutzgeräte mit weiteren Schaltelementen erreicht wird (integrierter Schutz),
3. zum Herstellen eines Potentialausgleichs zwischen nicht zu Betriebsstromkreisen gehörenden, metallenen Anlageteilen, wenn die zwischen diesen Teilen möglichen Überspannungen aus betrieblichen Gründen nicht durch eine leitende Verbindung ausgeglichen werden können,
4. zum Schutz der angeschlossenen Geräte bei Hochfrequenz-Telephonie und Fernwirkanlagen in Verbindung mit Hochspannungsleitungen (vgl. VDE 0850),
5. bei Antennen (vgl. VDE 0855),
6. bei Funksendern (vgl. VDE 0866).

Zur Dämpfung von Knallgeräuschen im Fernhörer muß ein **Gehörschutz** vorhanden sein. Hiervon darf in Fernmeldeanlagen abgesehen werden, wenn das Gehör gefährdende Schalldrücke, z. B. infolge von Schaltvorgängen und infolge ungleichmäßigen Ansprechens von Überspannungsableitern, nicht zu erwarten sind (vgl. VDE 0804).

Bei Fernmeldeanlagen muß den **schädigenden Einwirkungen** der Betriebsstätte Rechnung getragen werden, z. B. durch geeignete Werkstoffe, konstruktive Maßnahmen oder zusätzliche Maßnahmen (Farbanstrich, Fettüberzug o. dgl.). Anlageteile, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechungen oder Erhitzungen stattfinden, dürfen nur dann eingebaut werden, wenn durch ihre Bauart oder durch andere Maßnahmen die leicht entzündlichen Stoffe von den gefährbringenden Tei-

len abgehalten werden. Blanke Leiter dürfen nicht verwendet werden. Zulässig sind Rohrdrähte, Schlauchdrähte, Kabel und Rohr verlegte Leitungen. Geräte und Leitungen müssen gegen mechanische Beschädigungen ausreichend geschützt werden.

Bei laufenden **Untersuchungen von Fernmeldeanlagen und Fernmeldegeräten** in Prüffeldern, Prüfständen, Laboratorien, Justirräumen und ähnlichen Betriebsstätten können die Bestimmungen außer acht gelassen werden, wenn die Arbeiten von **Fachleuten oder unterwiesenen Personen** ausgeführt werden. In diesen Fällen müssen die Betriebsstätten, Räume oder einzelne Untersuchungsplätze, in denen Teile mit Spannungen über 65 V bzw. 100 V der Berührung zugänglich sind, mit festen Abgrenzungen und Warningschildern versehen sein, so daß nicht-unterwiesene Personen auf die Gefährdung hingewiesen werden. Stromkreise, die zur Bildung oder Weiterleitung von Gefahrenmeldungen oder -signalen dienen, müssen ständig elektrisch überwacht sein (z. B. durch Ruhestrom-Überwachung oder gleichwertige Verfahren). **Leitungen** müssen, soweit sie mit anderen Leitungen gemeinsam verlegt sind, in den Verzweigen und Verteilern besonders gekennzeichnet werden, sofern nicht besondere Gründe dieser Kennzeichnung ausdrücklich entgegenstehen. In Feuermeldeanlagen sind außerdem Dosen und Verteiler innen rot zu kennzeichnen. Für Feuermeldeanlagen mit eigenem Leitungsnetz darf für Freileitungen nur Bronzedraht mit einem Durchmesser von 2 mm mit wetterfester Umhüllung verwendet werden. Es ist anzustreben, an Stelle von Freileitungen oder Luftkabeln nur unterirdisch verlegte Kabel zu verwenden. Zur Unterscheidung von anderen Freileitungen müssen für Feuermeldeanlagen Isolatoren nach DIN 48 140 verwendet werden.

Für die **Stromversorgung** sind zwei voneinander unabhängige Stromquellen erforderlich. Die ausschließliche Verwendung von Netzstrom eines Netzes oder die alleinige Verwendung von nur einer Batterie ist unzulässig. Ausgenommen sind solche Anlagen, die beweglich sind und nur zeitlich begrenzt zum Einsatz kommen, z. B. Rottenwarnanlagen.

Die Anlage muß regelmäßig und nach Beseitigung jeder Störung auf ihre elektrische und mechanische Funktion **überprüft** und ständig betriebsfähig gehalten werden. Die Prüfungen dürfen nur vom Fachmann oder von einer unterwiesenen Person durchgeführt werden. Es wird empfohlen, die Prüfungen durch laufende Aufzeichnungen nachzuweisen. Die Prüfungen sind bei Überfall- und Einbruchsmeldungen monatlich, bei Feuermeldeanlagen vierteljährlich durchzuführen. Transportable Anlagen müssen nach jeder Ortsveränderung des Gebers oder der Anlage sowie nach jeder Betriebspause auf ihre ordnungsgemäße Arbeitsweise überprüft werden.

4.7.2 Teil 2: Besondere Bestimmungen für Erdungsanlagen

Für die Ausführung und den Betrieb von Erdungsanlagen gilt die Fernmeldebauordnung der Deutschen Bundespost Teil 14.

Diese Bestimmungen gelten seit 01. 04. 73 für die Errichtung von Fernmeldeerdungsanlagen und ihr Zusammentreffen mit anderen Erdungsanlagen. Sie gelten ergänzend zu VDE 0800 Teil 1.

4.7.2.1 Begriffe

Es gelten im wesentlichen die Begriffe nach VDE 0100. Zusätzlich sind noch folgende Begriffe enthalten:

Fernmeldeerder ist ein Erder, der aus Gründen des Fernmeldebetriebs gebaut ist. **Blitzschutzterdung** ist die Erdung einer Blitzschutzanlage von Bauwerken oder einzelner metallener Bauteile zum Ableiten von Blitzströmen zur Erde, und zwar unmittelbar oder über eine Schutzfunkenstrecke (siehe ABB-Bestimmungen). Fernmelde-Betriebs-terdung (FBE) ist die für den Betrieb notwendige Erdung eines zum Betriebsstromkreis gehörenden Anlageteiles. Über den Fernmelde-Betriebserdungsleiter kann der Betriebsstrom von solchen Fernmeldegeräten fließen, die die Erde als Rückleitung benutzen. Die FBE wird auch zu Schirm- und Störschutzzwecken von Fernmeldestromkreisen benutzt. Fernmelde-Betriebs- und Schutzterdung (BSE) ist die Erdung, bei der die Fernmelde-Betriebserdung zugleich als Schutzterdung unter Benutzung eines gemeinsamen Erdungsleiters verwendet wird. Als Bahnerde gelten die als Rückleitung dienenden und über die Beltung mit Erde in Verbindung stehenden Fahrschienen sowie die mit ihnen verbundenen Leiter. Bezugsleiter sind ein System leitender Verbindungen, auf die die Potentiale der anderen Leiter, insbesondere der signalführenden Leiter bezogen werden. Die Bezugsleiter können mit Erde verbunden sein. Über sie fließen keine Betriebsströme zur Erde ab (Potentialbezeichnung z. B. DC_0 , U_0).

Bei **Einzelerdung** ist das Gerät nur an seinen eigenen Erder angeschlossen. Unter **sternförmiger Erdung** ist die sternförmige Zusammenfassung der Erdungsleiter von mehreren Geräten an einem geordneten Sternpunkt zu verstehen. Bei der **Flächenerdung** sind die zu erdenden Geräte und die nicht betriebsstromführenden leitfähigen Teile von Fernmeldeanlagen maschenförmig untereinander mit dem Schutzterdungsleiter oder mit der BSE verbunden.

4.7.2.2 Allgemeine Anforderungen an Erdungsanlagen

Erdungswiderstand, Potentialausgleich, Korrosionsschutz § 6

Die Größe des **Erdungswiderstandes** ist jeweils nach den Anforderungen für die Fernmeldebetriebserdung, die Betriebsschutzterdung und die Erdung der Überspannungsschutzeinrichtungen zu bemessen. Erdungsanlagen oder Teile von Erdungsanlagen voneinander unabhängiger Systeme, zwischen denen Überspannungen auftreten können, die Personen gefährden oder zu Sachschäden (z. B. durch Überschlag)

führen können, sind zum **Potentialausgleich** miteinander leitend oder über offene Erdungen zu verbinden. Der Potentialausgleich gibt einen zuverlässigeren Schutz als das Einhalten eines besonders niedrigen Erdungswiderstandes, auch wenn die Gesamtheit der Erdungsanlage dabei ein höheres, dafür aber einheitliches Potential gegenüber der Bezugserde annimmt.

Betriebsgleichströme dürfen nur in einer Größe über die Erder geführt werden, daß die Stromdichte des austretenden Gleichstromes die Erder und damit ihre Wirksamkeit durch Metallabtrag nicht beeinträchtigt (vgl. VDE 0150). Um **Korrosionsschäden** durch Elementbildung zu vermeiden, ist darauf zu achten, daß an den Erdungssammelleiter keine Erder angeschlossen werden, deren Werkstoffe in der elektrochemischen Spannungsreihe weit auseinanderliegen. Die **Ausführung der Erdungsanlage** richtet sich nach den an sie gestellten Anforderungen und den örtlichen Gegebenheiten. Sie kann entweder ausschließlich zu Betriebszwecken als Fernmelde-Betriebserdung (FBE) oder zu Betriebs- und Schutzzwecken als Betriebsschutzterdung (BSE) ausgeführt werden. An die BSE werden zusätzliche Anforderungen gestellt.

Als Erder für die Erdungsanlage der Fernmeldeanlage dürfen anstelle eines nach § 7 herzustellenden Erders verwendet werden:

Die Metallmäntel der Fernmeldekabel mit Erderwirkung, der Fundamenteerder einschließlich der Bewehrung bei Stahlbetonbauten, die Blitzschutzanlage des Gebäudes, soweit sie den ABB-Bestimmungen entspricht, die Rohrleitungen mit Erderwirkung, ausgenommen Gasrohrleitungen; hierbei ist VDE 0150 wegen der Gefahr der Korrosion zu beachten.

Für die Ausführung der Erdungsanlage in Verbindung mit dem Potentialausgleich gelten die **Ausführungsbeispiele unter VDE 0190**. Für die Betriebs- und Schutzterdung (BSE) gilt zusätzlich:

Verbindungen im Verlauf der Erdungsleiter und Erdungssammelleiter für Schutzterden dürfen nur unter Anwendung von Werkzeug trennbar sein. Leitfähige Teile von Anlagen (Gehäuse, Konstruktionsteile, Gerüste und Gestelle) dürfen nur dann als Teile des Schutzleiters verwendet werden, wenn bei deren Entfernen der Schutzleiter nicht unterbrochen wird. In Erdungsleiter, die Schutzzwecken dienen, dürfen keine Sicherungen eingebaut sein.

BSE-Leiter sind nach VDE 0100/5.73 § 6)2 zu kennzeichnen. Die BSE darf an keiner Stelle unterbrochen werden, wenn dadurch Schutzmaßnahmen der angeschlossenen Starkstromverbraucher unwirksam werden. Zum Verhüten solcher Unterbrechungen sind die Verbindungs- und Klemmstellen mechanisch zu sichern.

Der Querschnitt der BSE muß im gesamten Verlauf einschließlich des Erdungsleiters und Erdungssammelleiters mindestens dem Querschnitt des N-Leiters des Netzes entsprechen.

Die Erdungswiderstände von Erdern, die der Schutzerdung dienen, müssen vor der Inbetriebnahme **gemessen** werden (vgl. VDE 0100). Es wird empfohlen, den Erdungswiderstand der Erdungsanlage in angemessenen Zeitabständen nachzumessen und den ordnungsgemäßen Zustand der Erdungsanlage nachzuprüfen, da sich der Erdungswiderstand, z. B. durch Witterungseinflüsse, so verschlechtern kann, daß die Erde unwirksam werden. Die für den Bereich der DBP geforderten Werte der Erdungswiderstände sind in der FBO 14 enthalten.

Da die berührbaren Teile von Fernmeldeanlagen **ohne Schutzleiteranschluß** entsprechend Schutzklasse II nach VDE 0804/5.72 §§ 3 und 16 e) keine Verbindung mit dem speisenden Netz haben, darf deren Betriebserdungsanschluß mit beliebigen Erdern verbunden werden. Der Mittelleiter oder Schutzleiter der Starkstrominstallation, aus welcher das Gerät gespeist wird, darf jedoch nicht an den Betriebserdungsanschluß geführt werden.

Fernmeldeanlagen mit Fernmeldegeräten der Schutzklasse I entsprechend VDE 0804/5.72 §§ 3 und 16 d) haben eine Anschlußklemme für den Schutzleiter. Erfordern sie eine Fernmelde-Betriebserdung und erfolgt die Speisung unmittelbar aus einem Starkstrom-Niederspannungsnetz oder mittelbar über einen eigenen Hochspannungstransformator im Gebäude, so gelten die unter VDE 0190 aufgeführten Ausführungsbeispiele.

Bei **Fehlerstrom-(FI-)Schutzschaltung** gilt:

Falls bei Fehlerstrom-(FI-)Schutzschaltung nach VDE 0100/5.73 § 13 ein N-Leiter im Niederspannungsnetz mitgeführt wird, darf dieser nicht hinter dem FI-Schutzschalter mit der Fernmeldeerdungsanlage verbunden werden. Bei Fehlerstromschutzschaltung ist der Erdungssammelleiter der Fernmeldeanlage mit dem Schutzleiter der Starkstrominstallation zu verbinden. Es ist darauf zu achten, daß die Funktion des FI-Schutzschalters nicht durch Gleichstrom-Vormagnetisierung oder durch Oberschwingungen beeinträchtigt wird. Treten bei der Fehlerstrom-(FI-)Schutzschaltung Nachteile für den Fernmeldebetrieb auf, so können Fernmeldegeräte über einen Zwischentransformator mit getrennten Wicklungen versorgt werden.

Bei den Einrichtungen zur Fernmelde-Stromversorgung müssen die Anschlußstellen für Schutzleiter der Netzanschlußgeräte, Gleichrichter, Schaltfelder usw. mit dem über BSE geerdeten Pol der Speiseleitung verbunden werden (Querschnitt siehe Tafel 1). Die Schutzkontakte der Steckdosen und Anschlußstellen für Schutzleiter der Geräte mit Starkstromanschluß in Fernmeldeeinrichtungen sind gut leitend mit den Gestellen oder mit der BSE zu verbinden.

4.8 VDE-Bestimmungen 0105

Betrieb von Starkstromanlagen

Die seit 01. 05. 75 gültigen Bestimmungen beziehen sich auf den Betrieb von Starkstromanlagen nach VDE 0100 (bis 1000 V Nennspannung) und nach VDE 0101 (über 1000 V Nennspannung). Zu den Starkstromanlagen gehören auch die Stromversorgungsanlagen für fernmeldetechnische Einrichtungen. Für den Betrieb von Hausinstallationen (Starkstromanlagen in Wohnungen) gelten sie nur in einigen Punkten. Beim Errichten und Ändern von Starkstromanlagen sind sie auch dann verbindlich, wenn die Anlagen oder einzelne Teile unter Spannung stehen, unter Spannung stehende Teile berührt werden können oder Spannung an den im Bau befindlichen Anlagenteilen auftreten kann.

4.8.1 Betrieb von Starkstromanlagen

4.8.1.1 Bedienen

Das Bedienen umfaßt

- Beobachten,
- Schalten, Einstellen, Steuern,
- Anschließen von Geräten und Steckvorrichtungen,
- Auswechseln von Schmelzsicherungen, sofern dies gefahrlos möglich ist, z. B. wenn sie gegen zufälliges Berühren geschützt sind,
- Auswechseln von Lampen bis 200 W und 250 V gegen Erde sowie
- Reinigen von geschlossenen Geräten.

Es ist davon auszugehen, daß nach den VDE-Bestimmungen errichtete Anlagen gefahrlos bedient werden können und für das Bedienen keine besonderen Kenntnisse erforderlich sind. Das Bedienen darf also von Laien wahrgenommen werden.

4.8.1.2 Arbeiten

Das Arbeiten umfaßt

- Reinigen von offenen Geräten und von elektrischen Betriebsstätten,
- Beseitigen von Störungen,
- Auswechseln von Lampen,
- Auswechseln von NH-Sicherungen,
- Auswechseln von Teilen,
- Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten,
- Überwachen, Besichtigen, Erproben,
- Messen und Prüfen, Instandsetzen,
- Ändern und Erweitern sowie
- Probelaufe.

Für das Arbeiten an elektrischen Anlagen sind nur **Fachkräfte** zugelassen, da hierfür Fachkenntnisse notwendig sind.

4.8.1.3 Begriff Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen

Sie umfassen alle Arbeiten, bei denen eine Person unmittelbar mit Körperteilen oder mittelbar mit Werkzeugen oder Gegenständen unter Spannung stehende, nicht isolierte Teile eines Betriebsmittels oder einer Anlage berührt. Dazu zählen auch Arbeiten bei der Prüfung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren.

4.8.1.4 Arbeitskräfte

Grundsätzlich wird zwischen folgenden Personen unterschieden:

1. der für den Elektrobetrieb Verantwortliche (z. B. Meister, Ingenieur),
2. die Fachkraft,
3. die unterwiesene Person und
4. Personen ohne Fachkenntnisse.

Die VDE 0105 nennt nur die Fachkräfte und die unterwiesenen Personen.

Als **Fachkraft** (Fachmann) gilt, wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnisse der einschlägigen Bestimmungen besitzt und die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann.

Facharbeiter, Meister und Ingenieure können unter bestimmten Voraussetzungen im Sinne dieser Definition Fachkräfte sein. Es kann aber auch zur Fachkraft erklärt werden, wer eine mehrjährige Tätigkeit auf einem abgegrenzten Arbeitsgebiet nachweisen kann und Lehrgänge und Ausbildungskurse besucht hat. Auf Grund dieser Möglichkeit werden von den Oberpostdirektionen für den maschinentechnischen Dienst Personen zu Fachkräften ernannt. Diese Fachkräfte dürfen im Bereich der DBP Arbeiten an und in elektrischen Anlagen durchführen. Für das Errichten, Ändern und Erweitern elektrischer Starkstromanlagen außerhalb dieses Bereiches gelten die „Grundsätze für die Zusammenarbeit von Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) und Elektro-Installateuren bei der Ausführung und Unterhaltung von elektrischen Anlagen im Anschluß an das Niederspannungsnetz der EVU“. Danach werden nur solche Personen in das Installateurverzeichnis des EVU aufgenommen und damit als Installateur zugelassen, die in die Handwerksrolle eingetragen sind (im allgemeinen Meister). Als **unterwiesene Person** gilt, wer über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angeleitet sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde.

Nach dem Merkblatt der DBP für das maschinentechnische Personal bei den Ämtern über die Ausführung von Arbeiten an Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde (außer Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen) gilt folgendes:

Arbeiten an Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde (elektrischer Teil der maschinentechnischen Einrichtungen) dürfen nur von **Fachleuten** und **unterwiesenen Personen** ausgeführt werden, und zwar

- von **Fachleuten** alle Arbeiten, die bei der Unterhaltung der vorgenannten maschinentechnischen Einrichtungen im Rahmen des maschinentechnischen Dienstes und der Fernmeldestromversorgung bei den Ämtern auszuführen sind,
- von **unterwiesenen Personen** nur folgende Arbeiten und nur nach besonderer Einweisung:
 1. Ersetzen von Steckdosen, Steckvorrichtungen, Schaltern und Lampenfassungen in einphasigen Stromkreisen.
 2. Abnehmen und Anbringen von einphasigen Verbrauchsmitteln.
 3. Ersetzen von festen Anschlußleitungen an einphasigen, ortsveränderlichen Verbrauchsmitteln.
 4. Reinigen und Prüfen des Zustandes (Sichtprüfung) des elektrischen Teils von maschinentechnischen Einrichtungen – ausgenommen Aufzüge, Starkstromversorgungsanlagen, Ersatzstromanlagen – sowie Schmieren von Lagerstellen und Ersetzen von Kohlebürsten bei elektrischen Motoren und Laden von Akkumulatoren.
 5. Verlegen von Niederspannungsleitungen und Leitungen von Meldeanlagen (ohne Anschließen).
 6. Ersetzen von elektrischen und elektronischen Bauteilen an Büro- und Betriebsmaschinen.
 7. Reinigen der Räume und Flächen in elektrischen Betriebsstätten und in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten.
 8. Unterhalten des elektrischen Teils von Aufzugsanlagen (nur sachkundige Personen entsprechend § 22 AufzV).

Das Arbeiten an Starkstromanlagen durch Kräfte des maschinentechnischen Dienstes muß beaufsichtigt werden (Richtl M § 17). Die Aufsichten müssen bei unterwiesenen Personen mindestens unterwiesene Personen und bei Fachleuten ebenfalls Fachleute sein.

Als **Freischalten** in Starkstromanlagen gilt das allseitige Abschalten oder Abtrennen einer Anlage, eines Teiles einer Anlage oder eines Betriebsmittels von allen nicht geerdeten Leitern.

Den Arbeitskräften sind die für ihre Arbeit geltenden **Sicherheitsbestimmungen**, Betriebsanordnungen und Arbeitsschutzvorschriften bekanntzugeben, zu erläutern und deren Befolgung zur Pflicht zu machen. In Zeitabständen, die den Betriebsverhältnissen angepaßt sind, ist dies zu wiederholen.

4.8.2 Erhalten des ordnungsgemäßen Zustandes

Starkstromanlagen sind den Errichtungsbestimmungen entsprechend in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten. Sie sind neuen VDE-Bestimmungen nur dann anzupassen, wenn dies die neuen VDE-Bestimmungen ausdrücklich fordern.

Werden an Starkstromanlagen Mängel beobachtet, die eine Gefahr für Personen oder Sachen zur Folge haben, so sind von den dort beschäftigten Arbeitskräften sofort Maßnahmen zur Beseitigung der Mängel zu treffen. Sofern die Betriebsverhältnisse dies nicht erlauben, ist die Gefahr zunächst einzuschränken, z. B. durch Absperren, Kennlichmachen, Anbringen von Schildern. Der Vorgesetzte oder die zuständige Stelle ist sobald wie möglich zu benachrichtigen.

4.8.2.1 Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen

Wegen der erhöhten Gefahren darf an unter Spannung stehenden Teilen nur gearbeitet werden, wenn

- die Nennspannung zwischen den Außenleitern und die Spannung zwischen Außenleiter und Erde nicht höher als 42 V Wechselspannung oder 60 V Gleichspannung ist oder die Stromkreise nach VDE 0171 eigensicher sind oder
- erhebliche Gefahren, z. B. für Leben und Gesundheit von Personen oder Brand- und Explosionsgefahren, abzuwenden sind.

Die Arbeiten dürfen nur durch Fachkräfte unter Beachtung geeigneter Vorsichtsmaßnahmen ausgeführt werden. **In feuchten und nassen Räumen** und im Freien muß dabei außer der Fachkraft eine mindestens unterwiesene **zweite Person** anwesend sein, wenn die Ausführung der Arbeiten durch ungünstige Einflüsse, z. B. beengte Raumverhältnisse, starke Witterungseinflüsse, erschwert ist.

4.8.2.2 Arbeiten an freigeschalteten Starkstromanlagen

Vor Beginn der Arbeiten, die nur im spannungsfreien Zustand ausgeführt werden dürfen, ist der Betrieb vom Umfang und der voraussichtlichen Zeitdauer der Arbeiten zu verständigen. Wird eine Arbeit von mehreren Personen gemeinschaftlich ausgeführt, so ist eine dieser Personen von dem Vorgesetzten als Aufsicht zu bestimmen. Die aufsichtsführende Person erteilt die Arbeitsanweisungen, veranlaßt und prüft die Freischaltung, überzeugt sich von der Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen und gibt die freigeschaltete Arbeitsstelle zur Arbeit frei.

Vor Beginn der Arbeiten sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- 1 Freischalten
- 2 Gegen Wiedereinschalten sichern
- 3 Spannungsfreiheit feststellen
- 4 Erden und Kurzschließen
- 5 Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken und abschränken

Die Teile der Anlage, an denen gearbeitet werden soll, müssen **freigeschaltet** werden, d. h., alle Außenleiter sind allseitig abzuschalten oder abzutrennen. Der geerdete Mittelleiter braucht nicht und der Nullleiter darf nicht abgeschaltet werden, auch wenn er während der Arbeiten Schutzfunktion für unter Spannung stehende Anlagenteile übernehmen muß. Freigeschaltet bedeutet Ausschalten eines Schalters, Herausnehmen von Schmelzeinsätzen oder Sicherungsautomaten.

Betriebsmittel, z. B. Schalter, mit denen freigeschaltet worden ist, sind gegen **Wiedereinschalten** zu sichern. An Schaltgriffen oder Antrieben von Schaltern, an Steuerorganen, Druck- und Schwanktasten, an Sicherungs-Unterteilen, Leitungsschutzschaltern, mit denen freigeschaltet worden ist, muß für die Dauer der Arbeit ein Warnschild, wie es die Abb. 4.43 zeigt, zuverlässig angebracht werden.



Abb. 4.43 – Schild zur Sicherung gegen Wiedereinschalten

Sicherungseinsätze oder einschraubbare Leitungsschutzschalter, die zum Freischalten benutzt wurden, müssen **allpolig** herausgenommen und während der Dauer der Arbeit sicher verwahrt werden. Die Schraubkappen müssen zur Abdeckung wieder eingeschraubt werden (auch bei Leitungsschutzschaltern). Ein Hinterlegen der Einsätze in der Verteilung ist keine sichere Verwahrung. Festeingebaute Leitungsschutzschalter sind mit Klebefolien oder Steckkappen gegen Wiedereinschalten zu sichern. Bei Schaltern, die in freigeschaltetem Zustand durch eine Verriegelung oder ein Schloß gesichert werden können, ist diese Sicherung zu benutzen.

Die **Spannungsfreiheit** muß in jedem Fall an der Arbeitsstelle allpolig durch eine Fachkraft oder durch eine unterwiesene Person festgestellt werden. Zur Feststellung der Spannungsfreiheit sind 2polige Spannungsprüfer oder Meßinstrumente geeignet. Die Verwendung von einpoligen Spannungsprüfern kann aus Sicherheitsgründen nicht empfohlen werden. Die Spannungsprüfer sind kurz vor dem Benutzen auf einwandfreie Funktion zu prüfen.

An der Arbeitsstelle bei Anlagen mit Nennspannungen über 1000 V und bei Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 V bei Freileitungen müssen Teile, an denen gearbeitet werden soll, erst **geerdet** und **kurzgeschlossen** werden.

Besteht bei Arbeiten an nicht unter Spannung stehenden Teilen offensichtlich die Gefahr des zufälligen, unmittelbaren oder mittelbaren Berührens von benachbarten, unter Spannung stehenden Teilen, z. B. durch Werkzeuge oder Werkstücke, Leitungsschienen, Leitern, Gerüstteile, so muß vor Aufnahme der Arbeiten der unter Spannung stehende Teil durch hinreichend feste und zuverlässig angebrachte isolierende **Abdeckungen** oder andere geeignete Einrichtungen gegen zufälliges Berühren geschützt werden. Im Bereich der DBP treten solche Fälle hauptsächlich bei Stromversorgungsanlagen für fernmeldetechnische Einrichtungen auf. Wenn sich die aufsichtsführende Person überzeugt hat, daß die fünf Sicherheitsregeln beachtet wurden, darf die Arbeitsstelle von ihr zur Arbeit **freigegeben** werden.

Nach beendeter Arbeit sind die nicht mehr erforderlichen Werkzeuge und Hilfsmittel von der Arbeitsstelle zu entfernen und die entbehrlichen Personen zurückzuziehen. Erst dann dürfen die für die Arbeit getroffenen Schutzmaßnahmen aufgehoben werden, und zwar so, daß keine Gefährdung auftreten kann. Vorhandene Verkleidungen und Abdeckungen müssen wieder angebracht werden. Erst dann darf die aufsichtsführende Person die Einschaltbereitschaft bestätigen. Die Schutzmaßnahmen an der Freischaltstelle dürfen aufgehoben und die Anlage darf wieder unter Spannung gesetzt werden. Vor Verständigung des Betriebes und Durchführung einer Funktionsprüfung ist die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme nachzuweisen.

4.8.3 Persönliche Schutzausrüstung

Nach der Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ sind für Arbeiten an elektrischen Anlagen die erforderlichen Schutzeinrichtungen zur Verfügung zu stellen und zu benutzen. Dazu gehört auch die persönliche Schutzausrüstung. Gemäß VDE 0105 müssen Einrichtungen zur Unfallverhütung (Schutzvorrichtungen, Schutzmittel, Hilfsmittel) den Anforderungen des Betriebes und der Sicherheit angepaßt sein.

Die persönliche Schutzausrüstung dient als Schutz gegen

- die thermischen Auswirkungen des Stromes (Lichtbögen),
- die Durchströmung des menschlichen Körpers sowie
- wegfliegende Teile bei Kurzschluß.

Sie muß in ihrer Ausführung den einschlägigen VDE-Bestimmungen genügen.

Sie ist anzuwenden bei Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen (z. B. auch beim **Auswechseln von NH-Sicherungen**), beim Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen sowie beim Bedienen elektrischer Anlagen, wenn z. B. nicht verriegelte Trennschalter zu schalten sind.

Beim Auswechseln von NH-Sicherungen können bei zu langsamem Ziehen oder durch unbeabsichtigte Überbrückung der Außenleiter starke Lichtbögen entstehen, wobei Stichflammen oder absprühende, glühende Teile erhebliche Verletzungen an Kopf, Armen und Oberkörper verursachen können.

Als wirksame Schutzausrüstung, die vor allem Gesicht (Augen), Hände und Arme schützen soll, sind für diese Arbeiten zu verwenden:

- Schutzhelm mit Gesichtsschutz,
- Betätigungshandhaben für NH-Sicherungen mit Armschutzstulpen aus Leder oder kunststoffbeschichteten Textilien sowie
- isolierende Handschuhe nach VDE 0680.

Die Schutzbekleidung ist alle sechs Monate durch Fachkräfte zu prüfen und vor Gebrauch auf augenfällige Mängel zu untersuchen. Beschädigte Teile sind auszumustern.

5 Planungsbeispiele

5.1 Planungsgrundsätze

5.1.1 Grundsätze zur Planung von Starkstromanlagen

Für die Planung von Starkstromanlagen ist es erforderlich, daß sich der Planer bei Beginn dieser Arbeiten mit dem **zuständigen EVU** (Energie-Versorgungs-Unternehmen) in Verbindung setzt.

Mit dem EVU sind insbesondere auch die Festlegungen über Lage und Art des Hausanschlusses und des Zählerplatzes zu klären. Nähere Einzelheiten über Hausanschlußraum, Hausanschluß der Starkstromanlage, Hauptleitung und Hauptleitungsschütz, Zählerplatz und Hauptleitungsabzweig sind im Abschnitt 2.6 ausführlich erläutert. Die erforderlichen Maßnahmen zur Herstellung des Potentialausgleichs nach VDE 0190 und des Fundamentterders sind unter Ziffer 4.2.3 und der Potentialausgleich in Bade-räumen im Abschnitt 2.2.5 erläutert. Die Hinweise für die Verlegung der Leitungen sind im Abschnitt 2.2.3 und die Hinweise entsprechend der Raumart im Abschnitt 2.2.4 zu finden. Die Lage der Schalter, Steckdosen, Geräteanschlußdosen usw. sind aus Abb. 2.36 ersichtlich. Für Küchen ist zu beachten, daß die Steckdosen über der Arbeitsfläche möglichst 1050 mm und die Anschlußstellen für Herd, Spülmaschine usw. (Geräteanschlußdosen) 200 mm über dem fertigen Fußboden angeordnet sein sollen.

Die Qualität einer Elektroinstallation hängt nicht nur vom gegenwärtigen Gebrauchswert, sondern auch von der **Zukunftssicherheit** der Anlage ab. Bei einer zukunftssicheren Elektroinstallation sind Erweiterungen ohne große Bauarbeiten oder Auswechslungen möglich. Dazu sind entsprechend Leerrohre, Leerdosen, Ringleitungen und vor allem Platz in den Verteilungen und ausreichende Leiterquerschnitte erforderlich.

Neben den Ausstattungsvorschriften nach DIN, die ein Installations-Minimum darstellen, sind von der HEA (Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung) **Merkbblätter** als Planungshilfe herausgegeben worden. Damit waren die unterschiedlichen Ausstattungen bei der Elektroinstallation früher nicht vergleichbar.

Auf der Grundlage eines Gutachtens des Institutes für Bauforschung wurden **Bewertungsblätter** entwickelt, mit deren Hilfe Wohnungsbau-Elektro-Installationen bewertbar und damit auch vergleichbar wurden. In der Bewertungsskala werden Grundwerte 0 bis 3 für einzelne Räume, Stromkreise, Anlagenteile usw. vergeben. Die Werte bedeuten

- 0 Anforderungen nicht erfüllt
- 1 Mindestanforderungen
- 2 Durchschnittliche Anforderungen
- 3 Gehobene Anforderungen

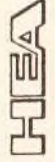
Mit der **Wohnraumkennziffer-Elektroinstallation** können Mieter, Käufer und Bauherren verschiedene Wohnungen oder Angebote vergleichen,

Tabelle 5.1 — Planungsblatt für Elektro-Installation nach Wohnraumkennziffer gemäß HEA/IB

Bewertung		Elektroinstallation im Wohnungsbau										Blatt 11	
IB		Zusammenstellung der Anforderungen an die Elektro-Installation										HEA	
Anlagen- Kategorie	Anlage	Anforderungen										Anmerkung: 1) Die Anzahl d. Steckdosen für den gehö- rigen Anschluß	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
SCHWACHSTROMANLAGEN	Antennen- anlage	2	1 Anschluß je Wohn-, Kinder- und Elternzimmer 9) 10)	3	2 Anschlüsse je Wohn-, Kinder- u. Elternzimmer, zusätzlich 1 Anschluß in der Küche 9) 10)	4	1 Anschluß je Wohn-, Kinder- und Elternzimmer 9) 10)	5	2 Anschlüsse je Wohn-, Kinder- u. Elternzimmer, zusätzlich 1 Anschluß in der Küche 9) 10)	6	1 Anschluß je Wohn-, Kinder- und Elternzimmer 9) 10)	7	2 Anschlüsse je Wohn-, Kinder- u. Elternzimmer, zusätzlich 1 Anschluß in der Küche 9) 10)
	Fernsprech- anlage	0	Kein Anschluß vorhanden	1	Einzelanschluß in der Diele oder Wohnzimmer 10)	2	Mehrere Anschlüsse in der Wohnung 10)	3	Anschlüsse für alle Wohn-, Kinder- u. Elternzimmer + Schlafzimmer + Küche + Bad (+ Nebenstellenanlage) 10)	4	Einzelanschluß in der Diele oder Wohnzimmer 10)	5	Mehrere Anschlüsse in der Wohnung 10)
	Klingel- u. Haus- sprechanlage	0	Klingel	1	Klingel mit Türöffner	2	Wechselsprechanlage	3	Gegensprechanlage	4	Klingel	5	Klingel mit Türöffner



Zusammenstellung der Anforderungen an die Elektro-Installation



Elektro-Installation	Grundwert	Wohnzimmer		mit Eßplatz	Separater Eßplatz	Küche	Küche		Kochfläche	2-Bett-Zimmer (Eltern, Kinder)		1-Bett-Zimmer		B + D	WC	Hauserbeitsraum		mit Wasserverschluß	Flur/Diele	Freizeit
		ohne Eßplatz	mit Eßplatz				ohne Imbißplatz	mit Imbißplatz		2-Bett-Zimmer	1-Bett-Zimmer	ohne Wasserverschluß	mit Wasserverschluß							
Steckdose 1)	1	4-6	6-8	2	6-8	7-10	6-8	4-5	4	2-3	1	3	4-5	1	1					
	2	7-10	9-12	3	9-11	11-14	9-11	6-8	5-6	4-5	2	4	6-7	2	2					
	3	11-14	13-16	4	12-14	15-18	12-14	9-11	7-8	6-7	3	5	8-9	3	22)					
Beleuchtungs-einrichtung	1	2	3	1	2	3	2	1	1	2	1	2	2	1	-					
	2	4	5	2	3	4	3	3	2	3	2	3	3	3	1					
	3	6	7	3	4	5	-	5	3	4	3	4	4	4	23)					

Anmerkung:	
1)	Die Anzahl d. Steckdosen für den gegebenen Standard beinhaltet auch Leerdosen
2)	Steckdosen je Eßplatz
3)	Steckdosen 1 Ausg. für Infra-Strahler
4)	Bei Elektro-Haßwasserbereitung erhöht sich die Anzahl der Gestirromkreise entsprechend
5)	Bei elektr. Heizkörpern und/oder Heizstrahlern erhöht sich die Anzahl der Licht-/Steckdosenstromkreise entsprechend
6)	Die Nebenräume haben in der Regel nur eine Licht-/Steckdosenstromkreis, sondern werden mit dem angrenzenden Licht-/Steckdosenstromkreis eines Aufenthaltsraumes zusammengefaßt
7)	Die Beleuchtung ist die Größe eines Sicherheitsabstandes = 17,5 mm
8)	Im Einfamilienhaus auch innerhalb der Zonenanlage
9)	Die Anordnung von Ausläusen in allen Räumen ist nach den Möglichkeiten eines Nutzungswechsels, Voraussetzung ist allerdings eine funktionelle Beleuchtung der Räume
10)	Die Beleuchtung ist nach dem Heizwertabstand zu berücksichtigen, es richtet sich die Gesamtzahl der Anschlüsse entsprechend

- Anmerkung:
- Die Anzahl d. Steckdosen für den gegebenen Standard beinhaltet auch Leertast.
 - 2 Steckdosen je Freizeitz
 - 3 Steckdosen je Freizeitz
 - 4) Bei 1 Auslast. für Infra-Strahler
 - 5) Sofern ein sep. Eßplatz und/oder Hauserbeitsraum vorhanden ist, erhöht sich die Anzahl der Steckdosen entsprechend.
 - 6) Die Nebenräume haben in der Regel keinen eigenen Licht-/Steckdosenstromkreis, sondern werden mit dem angrenzenden Licht-/Steckdosenstromkreis versorgt.
 - 7) Eine Teilungseinheit ist die Breite eines Einflügelkabinetts = 17,5 mm
 - 8) Z. B. im Einflügelkabinetts
 - 9) Die Anordnung von Ausläßen in allen Individualräumen berücksichtigt die Möglichkeit eines Nutzungsaustausches. Voraussetzung ist allerdings eine funktionstüchtige Abwasserleitung.
 - 10) Sofern ein separater Eßplatz und/oder Hauserbeitsraum vorhanden ist, erhöht sich die Gesamtzahl der Anschlüsse entsprechend.

Haushaltsgröße Anzahl der Personen					
1	2	3	4	5	6
Anzahl d. Stromkreise					

STARKSTROMANLAGEN

Gerätestrom-kreis	1	Herd + Waschmaschine + Geschirrspüler (+ Heißwasser) 4)	3	3	3	3	3
	2	Herd + Waschmaschine + Wäschetrockner + Geschirrspüler + Kochendwassergerät (+ Heißwasser) 4)	4	5	5	5	5
	3	Herd + Backofen + Waschmaschine + Wäschetrockner + Geschirrspüler + Kochendwassergerät + Bügelmaschine (bei Wohnung mit Hauserbeitsraum) (+ Heißwasser) 4)	4	5	6	6/7	6/7
Licht-/Steckdosen-stromkreise	1	Wohnungen mit 3 Räumen: 1 Stromkreis ≥ 3 Räumen: 2 Stromkreise	1	2	2	2	2
	2	Je 1 Stromkreis für Wohnzimmer + Schlafzimmer + Küche 5/6)	2/3	3	4	4/5	5/6
Licht-/Steckdosen-stromkreise	3	Je 2 Stromkreise für Wohnzimmer + Küche (+ Hauserbeitsraum) + 1 Stromkreis je Schlafzimmer	3/4	5	6	6/7	7/8
		Je 1 Ringleitung für Wohnzimmer + Küche (+ Hauserbeitsraum) + 1 Stromkreis je Schlafzimmer	2/3	3	4	4/5	5/6
	0	Nicht in der Wohnung vorhanden					

Bei 2-6 Personen-Wohnungen ist die detaillierte Bewertung mit den Grundwerten 0, 1, 2, 3 maßgebend.
Für 1-jähr. Wohnungen ist der Grundwert 2 auf 3 zu erhöhen, da die zugrundegelegte Personenzahl dem gegebenen Standard entspricht.
Die Anordnung der Wohnungs-Stromkreisverteilung setzt voraus, daß die Wohnungszuleitung eine Leistung von 30 kVA überträgt kann.

SCHWACHSTROMANLAGEN

Antennen-anlage	0	Keine Hausantennen-Anlage vorhanden	-	-	-	-	-
	1	1 Anschluß im Wohnzimmer und in 1 Individualraum 10)	1/2	2	2	2	2
	2	1 Anschluß je Wohn-, Kinder- und Elternzimmer 9/10)	1/2	2	3	3/4	4/5
Fernsprechanlage	3	2 Anschlüsse je Wohn-, Kinder- u. Elternzimmer, zusätzlich 1 Anschluß in der Küche 9/10)	3/4	5	6	7	8
	0	Kein Anschluß vorhanden	-	-	-	-	-
	1	Einzelanschluß in der Diele oder Wohnzimmer 10)	1	1	1	1	1
Klingel- u. Haus-sprechanlage	2	Mehrere Anschlüsse in der Wohnung 10)	1/2	2	3	3/4	4/5
	3	Anschlüsse für alle Wohn-, Schlafzimmer + Schlafzimmer + Küche + Bad (+ Nebenstellenanlage) 10)	2/3	4	5	5/6	6/7
	0	Klingel					
Klingel- u. Haus-sprechanlage	1	Klingel mit Türöffner					
	2	Wechselsprechanlage					
	3	Gegensprechanlage					

für den Planer sind Alternativen besser deutlich zu machen, und die Planung ist daher erleichtert. Eine Zusammenstellung der Anforderungen ist der Tabelle 5.1 zu entnehmen, aus der dann umgekehrt auch Rückschlüsse für die Planung der Wohnungs-Elektroinstallation gezogen werden können. Folgt man den bisher in den HEA-Merkblättern angegebenen Empfehlungen, so wird die betreffende Wohnung mit ca. 2,2 bewertet. Auf die einzelnen Räume und Kriterien wird in Abschnitt 5.2 eingegangen.

Eine weitere Planungshilfe sind die in Tabelle 5.2 angegebenen **Anschlußwerte** einiger wichtiger Elektrogeräte. Die größten Energiemengen werden für Nahrungsbereitung, Geschirrspülen und Wäschepflege benötigt (Anschlußleistung insgesamt 20 bis 30 kW je nach Ausstattung). Wird die Warmwasserbereitung elektrisch durchgeführt, so sind hierfür ebenfalls hohe Anschlußwerte zu berücksichtigen (bis zu 25 kW). Die übrigen Lebensbereiche benötigen unter 10 kW. Diese Schwerpunkte sind bei der Planung unbedingt zu berücksichtigen.

Für **Gemeinschaftsanlagen** wie Treppenhaus, Keller und Dachböden und ggf. Waschküchen sind möglichst besondere Zähler vorzusehen. Daneben ist es jedoch empfehlenswert, für Steckdosen in den einzelnen Kellerräumen und evtl. auch für den Waschmaschinenanschluß in der Waschküche gesonderte Abgänge vom individuellen Wohnungszähler aus zu schaffen.

5.1.2 Grundsätze zur Planung von Antennenanlagen

Antennenanlagen sind heute wesentlicher Wohnungsbestandteil. Jeder Wohnraum sollte daher mit mindestens 1 Antennensteckdose ausgerüstet sein. Insbesondere bei Gemeinschaftsantennenanlagen sind meistens **Verstärker** erforderlich. Gemeinschaftsantennenanlagen mit aktiven elektronischen Bauelementen sind **genehmigungspflichtig**. Die Genehmigung erteilt die DBP auf Antrag, nachdem die einwandfreie Funktion der Anlage mit einer Kontrollmessung vom Errichter überprüft und in einem Abnahmeprotokoll festgehalten wurde.

Es gibt grundsätzlich zwei verschiedene Arten von der **Leitungsführung** bei Antennenanlagen, wobei die Einzelantennenanlagen eines Einfamilienhauses bei mehr als einer Antennensteckdose prinzipiell wie Gemeinschaftsantennenanlagen zu behandeln sind.

Stammleitungsanlage. In einer Stammleitung können bis zu 10 Antennensteckdosen hintereinander liegen. Mehrere Stammleitungen können in Verteilern zusammengefaßt werden. Bei dieser Installationsart sind kurze Kabelwege möglich.

Tabelle 5.2 — Anschlußwerte elektrischer Geräte

Gerätebezeichnung	Anschlußwerte in Watt	
	Mittelwert	Höchstwert
Allesschneider	140	
Antennenverstärker	15	
Backofen	2400	5000
Bestrahlungsgerät	800	2000
Bohnergerät	300	500
Büchsenöffner	100	
Bügeleisen	800	1000
Bügelmaschine	2000	3500
Dunstabzug	220	250
Eierkocher	400	
Elektroherd	6000	12000
Entsalter	250	300
Fernsehgerät	180	350
Friteuse	1600	2000
Gefriergerät	180	280
Geschirrspülmaschine	3300	5100
Grillgerät	1600	2000
Haartrockenhaube	550	800
Händetrockner	1800	2100
Haussprechanlage	10	
Heißwassergeräte:		
— Durchlauferhitzer	21000	33000
— Speicher, Boiler	4000	6000
Heizdecke	150	
Heizlüfter, Radiatoren	1500	4000
Heizstrahler	1000	2000
Kaffeemaschine	800	1200
Klimagerät	1500	3000
Kochendwassergerät	2000	
Kochmulde	6000	
Kochplatte, einzeln	1500	2000
Küchenmaschine	300	500
Kühlschrank	120	150
Mikrowellengerät	1200	
Mixer	130	300
Nähmaschine	40	90
Plattenspieler	40	50
Rasenmäher	400	1000
Rundfunkgerät	50	
Staubsauger	500	1000
Tonbandgerät	80	100
Toaster	1000	1800
Toröffner (Garage)	500	
Waffeleisen	950	1500
Wäscheschleuder	200	400
Wäschetrockner	2500	3300
Warmhalteplatte	600	1000
Waschmaschine	3300	6200
Wasserkocher	1600	2000
Werkzeuge	400	1000
Zahnbürste	6	

Stichleitungsanlage. Die durchlaufende Stammleitung wird gewöhnlich im Treppenhaus verlegt. Einzelne Stiche gehen von dort in jede Wohnung und versorgen eine oder mehrere Antennensteckdosen.

Die Stammleitungen von Antennenanlagen dürfen im Hauptleitungsschütz der Elektro-Installation mitverlegt werden. Sie müssen von den Starkstromleitungen jedoch einen Mindestabstand von 10 mm haben oder in Isolierrohren verlegt sein.

In allen Fällen ist mindestens ein **Leerrohrsystem** als Vorsorgemaßnahme empfehlenswert.

Es empfiehlt sich, im Hinblick auf künftige **Kabelfernsehanlagen** oder Groß-Gemeinschafts-Antennenanlagen mit Versorgung der einzelnen Häuser über Erdkabel bereits heute ein **Leerrohr** vom Antennenverstärker bis zum Hausanschlußraum mitzuverlegen.

Der für den Antennenverstärker erforderliche **Netzanschluß** ist mit einzuplanen (üblicherweise im Dachgeschoß in Antennenmastnähe). Antennenanlagen müssen geerdet werden (gilt nicht für Zimmer-, Fenster- und Unter-Dach-Antennen). Die **Erdungsleitung** kann innerhalb des Gebäudes aus einem blanken, massiven Kupferdraht von 10 mm² oder außerhalb des Gebäudes aus 8 mm² Rundkupfer, 20 mm x 2,5 mm Flachkupfer, NYN 10 mm² oder verzinktem Stahl mit 8 mm ϕ oder 20 mm x 2,5 mm bestehen. Ableitungen einer etwa vorhandenen Blitzschutzanlage können hierfür mitverwendet werden. Nulleiter oder Schutzleiter oder ähnliches dürfen hierfür **nicht** verwendet werden. Eine Verbindung mit diesen Leitern darf erst an der **Potentialausgleichsschiene** erfolgen. Nähere Einzelheiten regelt die VDE 0855.

Welche **Sender** an den jeweiligen Antennenstandorten günstig empfangen werden können, läßt sich bei der zuständigen Funkstörungsmeßstelle kostenlos erfragen.

5.1.3 Planung der Fernsprechanlage

Auch hier ist eine frühzeitige Kontaktaufnahme mit dem zuständigen Fernmeldeamt zu empfehlen. Für die **Leitungsführung** gelten die gleichen Grundsätze wie bei Starkstromleitungen. Der Planer und der Installateur müssen jedoch beachten, daß bei parallelen Leitungsführungen oder bei Kreuzungen **mindestens 10 mm Abstand** einzuhalten sind. Ausnahmen gelten für die Verlegung in getrennten Isolierrohren oder bei Verwendung von Trennstegen. Bei Kombinationen von **Fernmeldedosen** und Starkstromsteckdosen dürfen die Dosen keine gemeinsame Abdeckplatte haben. Der Abstand von Dosenmitte zu Dosenmitte

darf 80 mm nicht unterschreiten. Die einander zugekehrten **Einführungsöffnungen** der Dosen dürfen nicht ausgebrochen werden.

Die DBP wünscht eine **getrennte Führung** ihrer Fernmeldeeinrichtungen von anderen Fernmeldeeinrichtungen (z. B. Klingel-, Türöffner-, Haus-sprech-, Alarmanlagen, Lautsprecherleitungen, Antennenleitungen). Einzelheiten sind in VDE 0800 geregelt. Außerdem ist die Druckschrift „Leernetze für Fernmeldeeinrichtungen in Gebäuden“, die kostenlos bei den Anmeldestellen der Fernmeldeämter abgegeben wird, eine nützliche Planungshilfe.

Für die Fernsprechanlage ist die Verlegung eines **Leerrohrsystems** ebenfalls empfehlenswert, dessen Leerdosen an geeigneten Stellen die Flexibilität des Systems stark beeinflussen.

5.1.4 Klingel-, Türöffner- und Haussprechanlage

Die Ausstattung mit einer **Klingel- und Türöffneranlage** entspricht der Mindestausstattung nach der Wohnraumkennziffer-Elektroinstallation. Die Anlage sollte dann durch **Rohrverlegung** so installiert werden, daß eine Nachrüstung auf eine **Türsprechanlage** möglich ist. Die erforderlichen Leitungen werden gewöhnlich im Treppenhaus verlegt. Sie dürfen im Schlitz für die Starkstromleitungen mitverlegt werden (Mindestabstände beachten!).

Haussprechanlagen können u. U. in die Türsprechanlage mit einbezogen werden, wodurch eine Ersparnis im Installationsaufwand eintritt (bis ca. 10 Hausstationen).

Alarmanlagen müssen frühzeitig eingeplant werden, da alle Fenster und Außentüren angeschlossen werden, wenn nicht die jedoch im Wohnhaus nicht immer zweckmäßige Ultraschallüberwachung durchgeführt wird. Planungseinzelheiten sind den jeweiligen Herstellerunterlagen zu entnehmen.

Lautsprecherleitungen, als Ringleitung in einzelnen Wohnbereichen geschaltet, können eine sinnvolle Ergänzung der Rundfunkempfangsanlage sein. In Küchen, Bädern, Terrassen, Arbeits- und ggf. auch Schlafzimmern, sind keine weiteren Einzelempfängergeräte nötig. Die Lautstärke der Zweitlautsprecher muß einstell- und abschaltbar sein. Einbeziehung in Leitungs- oder Rohrsysteme anderer Schwachstromanlagen ist möglich, doch müssen die größeren Leitungsquerschnitte für die Lautsprecherleitungen beachtet werden.

5.1.5 Blitzschutzanlagen

Wie eine Blitzschutzanlage auszuführen ist, regeln die ABB (Allgemeine Blitzschutzbestimmungen). Die Zweckmäßigkeit einer solchen Anlage soll hier nicht erörtert werden. Der für den Potentialausgleich vorhandene **Fundamenterder** kann in den meisten Fällen auch als Blitzschutz-erder mitverwendet werden. Bei der Errichtung einer Blitzschutzanlage sind besondere Anschlußfahnen vom Fundamenterder an den Haus-ecken hochgeführt empfehlenswert.

5.1.6 Vorgehensweise bei der Elektroplanung

Die Elektroinstallation wird in Form des **Installationsplans** in die sogenannten Werkpläne für das Gebäude eingezeichnet. Werkpläne sind Grundrißpläne im Maßstab 1:50. Für die Planung der Elektroinstallation ist das Einzeichnen der Möbel und sonstigen Einrichtungsgegenstände zweckmäßig. Darüber hinaus sollten bei solchen Überlegungen auch andere Anordnungen der **Möbel**, die bei einer späteren Umstellung oder Änderung der Raumnutzung möglich sind, für Elektroinstallation mit berücksichtigt werden. Bei der Planung wird in der Regel vom Verbrauchsmittel ausgehend geplant. Liegen die Verbraucher und Steckdosen fest, können anhand Tabelle 5.1 die Stromkreise für den betreffenden Raum und aus der Summe der Stromkreise die Wohnungsverteilungen geplant werden.

Die Wohnungsverteilungen sind dann mit der Zähleranlage und diese mit dem Hausanschluß zu verbinden. Sinngemäß ist für die Gemeinschaftsanlage vorzugehen. Bei der Installation wird üblicherweise in umgekehrter Richtung vorgegangen.

5.2 Planung eines Musterbeispiels

Als **Planungsobjekt** wurde ein Einfamilienhaus mit einer Einliegerwohnung im Dachgeschoß und einer Werkstatt im Untergeschoß gewählt. Damit die Elektro-Planung nicht zu kompliziert wird, wurde eine Gas-Zentralheizung mit zentraler Warmwasserbereitung ebenfalls mit Gas unterstellt. Die Planung entspricht **durchschnittlichen Anforderungen**, soweit sie in die Pläne eingezeichnet ist. Im Text werden auch Hinweise auf eine Ausstattung für **gehobene Anforderungen** gegeben. Bei der Behandlung der Elektro-Installation haben die einzelnen Vor- und Nachteile des Grundrisses keinen Einfluß auf die Elektro-Planung, da der Grundriß im Regelfall bereits vorher vom Architekten feststeht. Wie Beleuchtungsauslässe und Steckdosen grundsätzlich anzuordnen sind, zeigt Abb. 5.3. Die Höhen sind aus Abb. 2.36 ersichtlich.

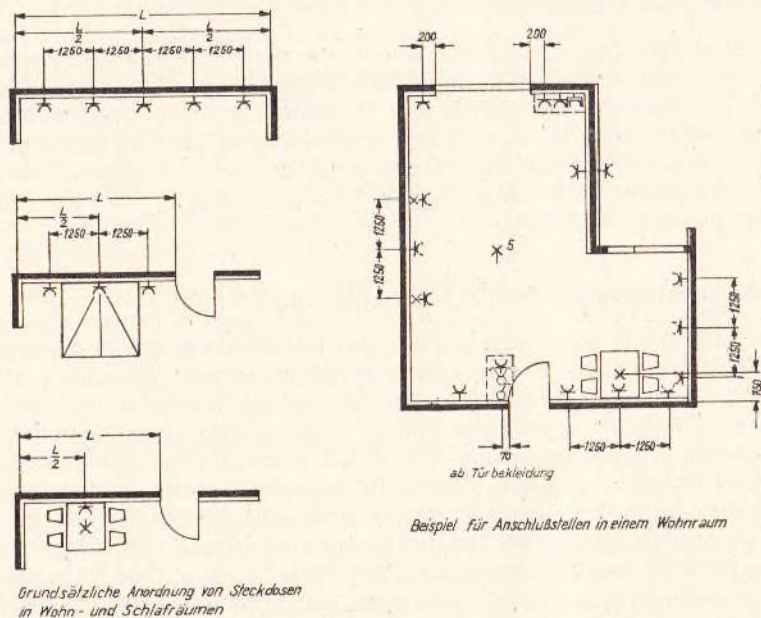


Abb. 5.3 – Anordnung von Steckdosen und Schaltern

5.2.1 Erdgeschoß

Bei den folgenden Übersichten ist der Installationsplan in Abb. 5.4 zugrunde gelegt worden.

Raum 1, Treppenhaus: siehe Raum 10

Raum 2, Eßzimmer:

Übersicht

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	1	1	1
Gerätestromkreise	—	—	—
Steckdosen	3	4	5
Beleuchtungsauslässe	2	3	3
Antennendosen	—	—	—
Fernsprechdosen	—*)	—*)	1

*) mehrere in der Wohnung

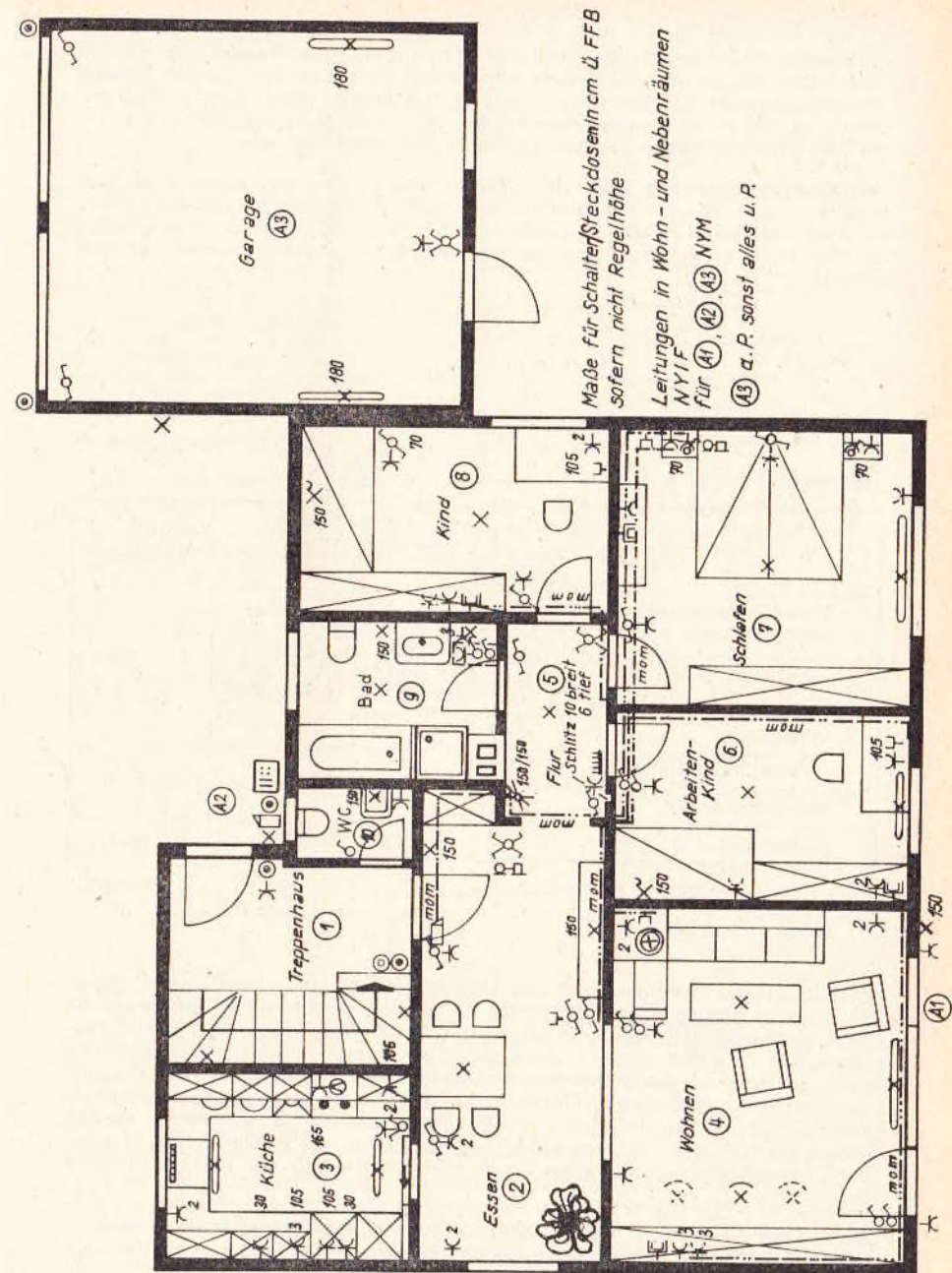


Abb. 5.4 — Installationsplan Musterhaus

Maße für Schaltersteckdosen in cm ü. FFB
sofern nicht Regelhöhe

Leitungen in Wohn- und Nebenräumen
NYLF
für (41), (42), (43) NYM
(43) α.P. sonst alles u.P.

Erläuterungen: Die Steckdosen neben dem Eßtisch sind für den Toaster u. ä. erforderlich. Da der Eßplatz auch vor dem Fenster möglich wäre, sind dort ebenfalls 2 Steckdosen vorgesehen. Die Steckdose unter dem Lichtschalter neben der Tür dient der Reinigung. Die beiden Wandleuchten werden gemeinsam geschaltet. Die Sprechstelle für die Türsprechanlage muß an einem zentralen Platz angebracht sein.

Ausführungsverbesserung: Ersatz der Kreuzschaltung für die Wandleuchten durch Tastschalter an allen Türöffnungen (auch Küche) und der Wechselschaltung für das Eßtischlicht ebenfalls durch Tastschalter (auch an der Wohnungstür). Einbau eines Dimmers für die Eßtischbeleuchtung. Reserve-Deckenauslaß für Eßtischanordnung vor dem Fenster.

Raum 3, Küche:

Übersicht

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	1	2	1
Gerätestromkreise	Herd, Geschirrspüler (Heißw.)	wie 2 + Kochendwassergerät	2
Steckdosen	9...11	12...14	11
Beleuchtungsauslässe	3	4	2*)
Antennendosen	—	1	—
Fernsprechdosen	—**)	1	—

*) 3. Lichtquelle üblich in der Dunstabzugshaube

***) mehrere in der Wohnung

Erläuterungen: 3 Steckdosen sind erforderlich für Kühlschrank, Gefrierschrank, Dunstabzugshaube. Ständig eingesteckte Geräte sind gewöhnlich Kaffeemühle, Kaffeemaschine (oder Kochendwassergerät), Brotschneider (evtl. auch als Einbaugerät), Toaster, Eierkocher u. ä. Zusätzlich werden in der Küche folgende, nicht immer eingesteckte Geräte benutzt: Handmixer, elektrisches Messer, Küchenmaschine, Frittiergerät, Grill, Entsafter usw. Für die fest gesteckten und die variablen Geräte stehen insgesamt 8 Steckdosen zur Verfügung. Die Deckenbeleuchtung soll in Küchen über der Vorderkante der Arbeitsflächen montiert sein. In Längsrichtung würden sich in der Planungsküche zu hohe Beleuchtungswerte ergeben, daher wurde die Querrichtung der Hauptarbeitsfläche gewählt.

Ausführungsverbesserung: Weitere Steckdosen, Arbeitsplatzbeleuchtungen unter den Hängeschränken. Ein weiterer Stromkreis für einen Mikrowellenherd oder ein Kochendwassergerät (ggf. auch als Reserve).

Raum 4, Wohnzimmer:

Übersicht

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	1	2	1
Gerätestromkreise	—	—	—
Steckdosen	7...10	11...14	12
Beleuchtungsauslässe	4	6	3
Antennendosen	1	2	1
Fernsprechdosen	—*)	1	1

*) mehrere in der Wohnung

Erläuterungen: Steckdosen hinter der Schrankwand für Rundfunkgeräte, Verstärker, Tonbandgerät, Plattenspieler, Fernseher und Beleuchtung bzw. Kühlschrank in Schränken, Strahlerschliene kann mit einem Lichtauslaß versorgt werden. Weitere Lichtquellen werden über Steckdosen angeschlossen (z. B. Tischlampe in der Sitzecke). Vor dem Fenster indirekte Beleuchtung.

Ausstattungsverbesserungen: Ein weiterer Lichtschalter neben der Terrassentür für die Wohnraumbelichtung (insbesondere, wenn als Fenster eine Hebe-/Schiebe-Anlage eingebaut ist) und ein weiterer Schalter neben der Sitzgarnitur. Dimmer anstelle von Lichtschaltern für die Wohnraumbelichtung, weitere Steckdosen am Durchgang zum Eßzimmer.

Raum A 1, Terrasse:

Übersicht

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	beim Wohnzimmer		
Gerätestromkreise	—	—	—
Steckdosen	2	2	2
Beleuchtungsauslässe	1	2	1

Erläuterungen: Licht und Steckdosen sind von innen schaltbar (bei Steckdosen mit Kontrolllicht). Evtl. kann auf Lichtauslaß verzichtet werden, wenn die indirekte Beleuchtung des Wohnzimmers als Terrassenbeleuchtung ausreicht.

Ausstattungsverbesserungen: Ein weiterer Lichtauslaß als Heizstrahleranschluß.

Raum 5, Flur:**Übersicht**

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	bei angrenzendem Raum		
Gerätestromkreise	—	—	—
Steckdosen	2	3	1
Beleuchtungsanschlüsse	3	4	1
Antennendosen	—	—	—
Fernsprechdosen	—	—	—

Erläuterungen: Da der Flur sehr klein ist, erscheint 1 Lichtauslaß und 1 Steckdose ausreichend. Der Stromkreis des Raumes 6 versorgt den Raum 5 mit.

Ausstattungsverbesserungen: Wandleuchtenanschlüsse. Anstelle der Kreuzschaltung für die Beleuchtung Tastschalter direkt neben jeder Tür (Schloßseite).

Raum 6, Arbeits-/Kinderzimmer:**Übersicht**

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	1(1)	1(2)	2
Gerätestromkreise	—(—)	—(Bügelm.)	—
Steckdosen	5...6(4)	7...8(5)	6
Beleuchtungsanschlüsse	2(3)	3(4)	3
Antennendosen	1(—)	1(—)	1
Fernsprechdosen	—*)(1)	1(1)	1

Die Werte in Klammern gelten für das Arbeitszimmer

*) mehrere in der Wohnung

Erläuterungen: Die Doppelnutzungsmöglichkeit als Arbeits- oder Kinderzimmer erfordert einen erhöhten Installationsaufwand, der beide Möglichkeiten zuläßt. Wegen der evtl. Nutzung als Arbeitszimmer sind 2 Stromkreise eingeplant, ein separater Gerätestromkreis wird jedoch nicht vorgesehen. Die indirekte Beleuchtung vor dem Fenster für das Arbeitszimmer wird im Falle des Kinderzimmers durch eine Schreibtischleuchte ersetzt. Für das Kinderzimmer ist eine schaltbare Wandleuchte als Leseleuchte neben dem Bett erforderlich.

Ausstattungsverbesserungen: Weitere Steckdosen (Leerdosen). Lichtschalter des Deckenlichts vom Bett aus bedienbar. Dimmer.

Raum 7, Schlafzimmer:**Übersicht**

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	1	1	1
Gerätestromkreise	—	—	—
Steckdosen	6...8	9...11	7
Beleuchtungsanschlüsse	3	5	4*)
Antennendosen	1	1	1
Fernsprechdosen	—**)	1	1

*) davon 2 über schaltbare Steckdosen

***) mehrere in der Wohnung

Erläuterungen: Die Leseleuchten werden über schaltbare Steckdosen angeschlossen. Zusätzliche Steckdosen beim Bett sind für Heizdecken u. ä. erforderlich. Ein Fernsprechananschluß sollte neben dem Bett möglich sein (Steckdosenschaltung). Wird eine weitere Sprechstelle für die Türsprechanlage im Schlafzimmer (z. B. wegen Krankheitsfällen usw.) vorgesehen, dann ist auch ein el. Türöffner für die Wohnungstür notwendig.

Ausstattungsverbesserungen: Raumbeleuchtung (Decke oder Fenster) mit Tastschalter neben jedem Bett anstelle der Wechselschaltung. Helligkeitssteuerung über Dimmer. Leersteckdosen hinter der Schrankwand für eine eventuelle andere Nutzung des Raums.

Raum 8, Kinderzimmer:**Übersicht**

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	1	1	1
Gerätestromkreise	—	—	—
Steckdosen	5...6	7...8	6
Beleuchtungsanschlüsse	2	3	2
Antennendosen	1	1	1
Fernsprechdosen	—*)	1	1

*) mehrere in der Wohnung

Erläuterungen: Schaltbare Wandleuchte wird als Leseleuchte verwendet. Schreibtischbeleuchtung über Steckdose.

Ausstattungsverbesserungen: Wandleuchte mit U.-P.-Schalter bedienbar. Indirekte Beleuchtung vor dem Fenster oder Strahlerleiste. Weitere Steckdosen als Leerdosen.

Raum 9, Bad:

Übersicht

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	bei angrenzendem Raum		
Gerätestromkreise	evtl. Waschm. + Heißw.		—
Steckdosen	4...5	6...7	4
Beleuchtungsauslässe	2	3	1
Antennendosen	—	—	—
Fernsprechdosen	—	—	—

Erläuterungen: Stromkreis bei Raum 8, Steckdosen sind nötig für elektrische Zahnbürste, Munddusche, Rasierapparat, Föhn, Massagegeräte. Die Beleuchtung erfolgt über zwei Leuchten seitlich neben dem Spiegel. Dies ist besser als mit einer Leuchte über dem Spiegel. Evtl. kann auch ein Spiegelschrank montiert werden. Anstelle des Deckenlichtanschlusses kann eine Fensterbeleuchtung eingeplant werden. Bei der Planung ist unbedingt der Schutzbereich zu beachten.

Ausstattungsverbesserungen: Beleuchtung durch Strahler.

Raum 10, WC:

Übersicht

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	bei angrenzendem Raum		
Gerätestromkreise	—	—	—
Steckdosen	2	3	1
Beleuchtungsauslässe	2	3	1

Erläuterungen: Stromkreis bei Raum 2. Das Gäste-WC liegt wegen der Werkstatt im UG außerhalb der Wohnung. Da der Raum sehr klein ist, sind keine weiteren Beleuchtungsauslässe und Steckdosen erforderlich. Wird der Lichtschalter außerhalb des Raumes angebracht, ist er mit einer Kontrolleuchte zu versehen.

Raum 1 und A2, Treppenhaus und Haustürrvorplatz

Hier sind keine Planungs-Einzelwerte vorgegeben. Folgende Planungsempfehlungen sollten aber beachtet werden: Es ist ein getrennter Stromkreis vom Zähler für Allgemeinverbrauch erforderlich. Das Licht sollte mit einem Zeitschalter (umstellbar auf Dauerlicht) geschaltet werden. Die Leuchten sollen so angeordnet sein, daß die Stufen keine Schatten werfen (Abb. 5.5). Die Leuchte vor der Haustür sollte mit dem Treppenlicht mitgeschaltet werden. Beleuchtete Tastschalter sind vor jeder Wohnungstür, vor

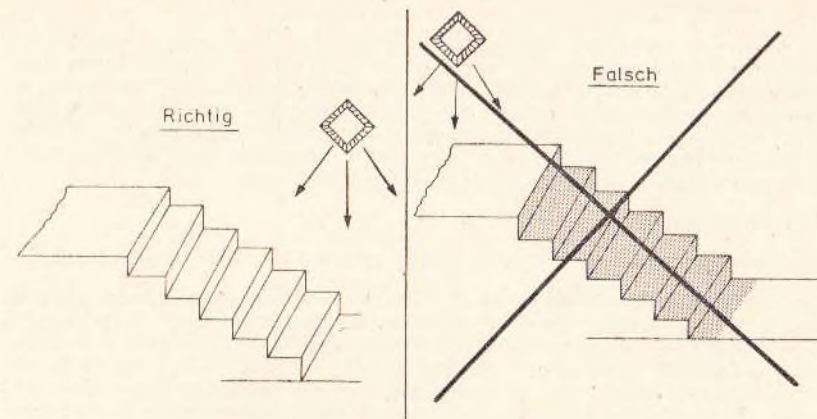


Abb. 5.5 — Beleuchtung von Treppenstufen

der Haustür und im Keller nötig. Eine Steckdose je Stockwerk ist für Reinigungsarbeiten günstig. Die Steckdose neben der Haustür erspart eine Außen-Steckdose. Vor jeder Wohnungstür und vor der Haustür (integriert in die Türsprechstelle) sind Klingeltaster vorzusehen.

Ausstattungsverbesserungen: Getrennter Zeitschalterkreis für die Wege- und Garagenaußenbeleuchtung mit zusätzlichem Taster an der Haustür.

Raum A3, Garage:

Der Garagenstromkreis wird je nach Nutzung an den Zähler der Hauptwohnung oder des Allgemeinverbrauchs angeschlossen.

Ausstattungsverbesserungen: Weitere Steckdose bei den Garagentoren. Zusätzliche NL-Leuchte an der Decke dicht vor der Fensterwand.

5.2.2 Obergeschoß (Einliegerwohnung)

Die Installation ist sinngemäß wie im EG zu planen.

5.2.3 Untergeschoß

Treppenhaus

siehe Raum 1, EG.

Kellervorraum

Der Vorraum wird von beiden Wohnungen benutzt; er wird daher von einem Stromkreis des Zählers für den Allgemeinverbrauch zusammen mit anderen Räumen versorgt.

Keller Hauptwohnung

Der Raum wird über einen eigenen Licht- und Steckdosenstromkreis vom Zähler der Hauptwohnung aus versorgt. Die vor allem in großen Wohngebäuden immer noch übliche Versorgung über den Zähler des Allgemeinverbrauchs führt zunehmend zu Schwierigkeiten und Nachrüstungen, da die Mieter häufig in den Kellern auch Tiefkühltruhen u. ä. ständig anschließen möchten. Die vorgeschlagene Lösung mit separatem Stromkreis erscheint in jedem Fall zweckmäßiger und ist bei zentraler Zählerplatzanordnung auch ohne Schwierigkeiten zu installieren.

Keller Einlegerwohnung

Stromkreis vom Zähler der Einlegerwohnung, sonst wie bei Keller Hauptwohnung.

Licht und Steckdose der **Waschküche** für Reinigung sind zusammengefaßt mit anderen Räumen. Für Aufstellung von Waschmaschinen und Wäschetrocknern in der Waschküche sind Steckdosenstromkreise oder Gerätestromkreise vom jeweiligen Wohnungszähler zweckmäßig. Sonst darf die Waschküche nicht mit Stromkreisen anderer Räume zusammengefaßt werden. Dies gilt auch, wenn in der Wohnung Geräteanschlüsse eingeplant wurden. Darüber hinaus könnten Steckdosenstromkreise ebenfalls vom eigenen Zähler für Bügelmaschinen den Wert der Elektroinstallation verbessern.

Der Licht- und Steckdosenstromkreis für die **Heizung** ist mit anderen Räumen gemeinsam. Der Verbrauch der Heizungsaggregate ist gering. Ein eigener Stromkreis mit einem LS-Schalter Typ G wäre auch bei kurzschlußgesicherten Pumpentypen zweckmäßig. Die Versorgung der elektrischen Betriebsmittel der Heizungsanlage, die im Gefahrenfall abgeschaltet werden müssen, geschieht über einen Gefahrenschalter, der sich außerhalb des Heizungsraumes befindet, mit Kontrolllicht versehen und entsprechend beschriftet ist (vgl. Abschn. 4.3.1).

Licht und Steckdose des **Hausanschlußraumes** sind gemeinsam mit Stromkreis für andere Räume vorgesehen. Hier befindet sich die Verteilung des Allgemeinverbrauchszählers und die Kellerverteilung der Wohnungszähler (für Kellerverbrauch). In diesem Hausanschlußraum ist neben dem Hausanschluß für das Fernsprechnetz auch der Verteiler mit Versorgung der Türsprechanlage. Hier endet auch ein Leerrohr, das vom Antennenverstärker kommt, damit bei späterem Anschluß an ein Kabelfernsehtz keine Stemmarbeiten mehr erforderlich sind.

5.2.4 Versorgung

Für die **Wohnungsverteiler** wurden 2reihige U.-P.-Kleinverteiler mit 2×12 Einbauplätzen gewählt. Die **Hauptleitungsabzweige** und die Steuerleitungsleerrohre mit 29 mm ϕ verlaufen in einem Schlitz von 10 cm $\times$ 6 cm in den Wohnungsfuren, da das Treppenhaus hierfür ungünstig liegt. Die Wohnungsverteiler sind im Installationsschwerpunkt angeordnet. Die **Fernsprechleitung** läuft ebenfalls mit ihrer Hauptleitung in den Fluren in einem Rohr mit 29 mm ϕ . Von den Wohnungsverteilkästen 150 mm $\times$ 150 mm führen 16-mm-Rohre zu den U.-P.-Dosen. In dem Wohnungsfur verläuft ebenfalls die Hauptleitung der **Türsprechanlage** in einem Rohr von 23 mm ϕ . Von den 150 mm $\times$ 150 mm großen Verteilkästen führen 16-mm-Rohre zu allen U.-P.-Dosen. Der **Antennenverstärker** speist zwei Stammleitungen, die zu den einzelnen in Reihe liegenden Dosen in einem 13,5-mm-Rohr führen. Ein weiteres Rohr von 13,5 mm ϕ führt vom Antennenverstärker direkt in den Hausanschlußraum.

Der Übersichtsschaltplan ist in Abb. 5.6 dargestellt.

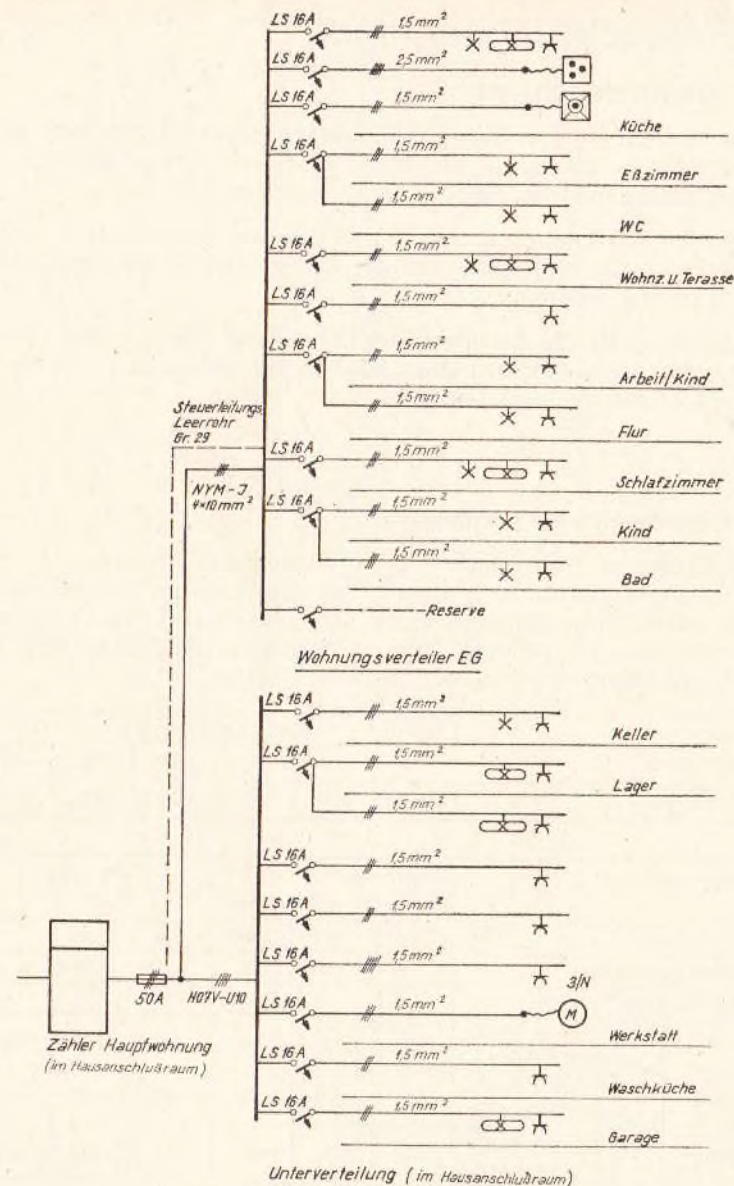


Abb. 5.6 – Übersichtsschaltplan Hauptwohnung (EG) Musterhaus

6 Beleuchtungsanlagen

6.1 Innenbeleuchtung

Für die Ausführung von Beleuchtungsanlagen sind die DIN 5035 vom Januar 1972 und für den Bereich der DBP die Richtlinien des PTZ für die Berechnung von Innenbeleuchtungsanlagen maßgebend.

Eine gute Innenraumbeleuchtung fördert das psychische und physische Wohlbefinden des Menschen, steigert damit seine Leistungsfähigkeit und hilft Unfälle verhüten.

Voraussetzung für die richtige Durchführung der Planung und Unterhaltung sind die wichtigsten Grundbegriffe der Lichttechnik, die nachfolgend kurz zusammengestellt sind.

6.1.1 Grundbegriffe der Lichttechnik

Der **Lichtstrom** hat die Bezeichnung Φ (Phi), gemessen in Lumen (= lm). Der Lichtstrom gibt die von einer Lichtquelle (Lampe) ausgestrahlte, für das menschliche Auge sichtbare Lichtleistung an. Der Lichtstrom sagt nichts über die Lichtfarbe aus. In der folgenden Tabelle sind die Lichtströme häufig verwendeter Lampen aufgeführt.

Glühlampen:		Hauptreihe 220/230 V					
Leistung (W)		40	60	100	200	300	500
Lichtstrom (lm)		430	730	1380	3150	5000	8400

Leuchtstofflampen:		Standardausführung 38 mm Rohrdurchmesser			Kreisförmige Lampen		
Leistung (W)		20	40	65	22	32	40
Vorschaltgerät (W)		5	11	13	7	10	10
Lichtstrom (lm)							
Bei den Licht- farben	neutralweiß, Farb- wiedergabestufe 3	1250	3200	5100	1100	1850	2640
	neutralweiß, Farb- wiedergabestufe 2	1050	2500	4000	980	1650	2250
	neutralweiß, Farb- wiedergabestufe 1	840	2000	3300	750	1300	1870
	warmweiß, Farb- wiedergabestufe 1	800	2000	3300	—	1250	1860

Tabelle 6.1 – Lichtströme

Richtwerte für die Beleuchtungsstärke (lx) in der Meßebebene¹⁾

	1	2	3	4 ²⁾	5
Reine Allgemeinbeleuchtung	10 bis 30	60	120	250	500
Platzbeleuchtung mit zusätzlicher Allgemeinbeleuchtung	—	—	250	500	1000
Einordnung der Räume und Arbeiten bei der DBP	Räume mit schwachem Verkehr, an denen das Erkennen großer Gegenstände ausreicht, z. B.: Bodenräume Brennstofflager Durchfahrten mit schwachem Verkehr Einfache Flure und Aufgänge Einfache Lager- und Kellerräume Nebeneingänge Neben-Treppenhäuser Kfz-Unterstellräume	Räume mit starkem Verkehr und für Arbeiten mit geringen Seh-aufgaben, z. B.: Durchfahrten mit starkem Verkehr Eingänge Flure mit starkem Verkehr, Haupt-treppenhäuser Treppenhäuser Gangbeleuchtung in Räumen mit fernmeldetechnischen Betriebs-einrichtungen	Arbeitsräume mit mäßigen Ansprüchen an die Beleuchtung, z. B.: Räume mit fern-meldetechnischen Betriebseinrichtungen ohne Flächenrost- oder Gestellbeleuchtung Batterieaderräume Bücherreihen Gleichrichter-räume Haupteingänge Heizräume Hoch- und Nieder-spannungsschalt-anlagen Kfz-Wartungs-stände Küchen Lagerräume in FZA ³⁾ Packkammer-räume ³⁾ Speise- und Auf-enthaltsräume Umkleieräume, Werkstätten für Grobarbeit, Toilet-ten, Waschräume	Arbeitsräume mit hohen Seh-aufgaben bzw. die Beleuchtungs-anlage, z. B.: Briefein- und -abgangsstellen PSchA-Buchungs-säle Fernsprech-abrechnungs-stellen Fe-Entstörungs-stellen Linienstellen Bürräume Druckereien Kanzleien Schalterhallen Unterrichtsräume Werkstätten mit Feinarbeit aller Art	Arbeitsräume mit sehr hohen An-sprüchen an die Beleuchtung, z. B.: Werkstätten, Druckerei- und Laborräume, in denen besonders feine und hoch-wertige Arbeiten erledigt werden müssen Zeichenräume Räume für EDV-Anlagen

Tabelle 6.2 – Richtwerte für Beleuchtungsstärken

Der **Leuchtenwirkungsgrad**, Bezeichnung η_L (Eta), gibt den Verlust an, der zwischen dem Lichtstrom einer Lampe und dem Lichtstrom einer Leuchte entsteht, in die die Lampe eingesetzt ist.

$$\eta_L = \Phi_{\text{Leuchte}} : \Phi_{\text{Lampe}}$$

In der Praxis ergeben sich für η_L meist Werte zwischen 0,6 bis 0,75.

Die Lichtausbeute, gemessen in Lumen je Watt (= lm/W), gibt die Höhe des Lichtstromes je Watt Leistung einer Lampe an.

Unter Beleuchtungsstärke, Bezeichnung E , gemessen in Lux (= lx), auf einer Meßebeine von 0,85 m über dem Fußboden, ist der Lichtstrom je Flächeneinheit zu verstehen, auf die dieser auftrifft. Da die Fläche jedoch meist nicht gleichmäßig beleuchtet wird, ergibt sich eine mittlere Beleuchtungsstärke von

$$E_m = \Phi : A \quad (lx) \quad A = \text{Fläche in m}^2$$

Bei der Berechnung von Beleuchtungsanlagen stellt die **Beleuchtungsstärke** einen der wichtigsten Faktoren dar. Von ihr ist mit die Güte des Sehens abhängig. Je nach den zu erfüllenden Sehaufgaben können die Werte zwischen 10 und 5000 lx liegen. In Tabelle 6.2 sind die im Bereich der DBP vorgeschriebenen mittleren Beleuchtungsstärken zusammengestellt.

Die **Leuchtdichte** (Bezeichnung B , gemessen in cd/m^2), gibt den Helligkeitsreiz an, der von der Oberfläche einer Lichtquelle oder eines beleuchteten Gegenstandes auf das Auge ausgeübt wird (z. B. Glühlampe 5 bis 50, Leuchtstofflampe 0,3 bis 0,9). **Je geringer die Leuchtdichteunterschiede zwischen Sehobjekt und Umgebung sind, um so besser sind die Sehbedingungen.** Daher sollen die Leuchtdichteunterschiede zwischen Arbeitsfeld und Umfeld (nähere Umgebung) nicht größer als 3:1, zwischen Arbeitsfeld und weiter entfernt ausgedehnten Flächen nicht größer als 10:1 sein. Hohe Leuchtdichten auf den Oberflächen von Lampen, Leuchten, Decken, Fenstern und Spiegeln sind durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden (Abschirmung der Lampen, besondere Farbgebung der Decken). Wesentlich hellere oder dunklere Zonen im Blickfeld sind ebenfalls zu vermeiden. Hellere und dunklere Zonen eines Raumes sowie benachbarter Räume, die wechselnd betreten werden, sind aufeinander abzustimmen.

Die **direkte Blendung** tritt auf durch zu hohe Leuchtdichten bei Lampen, Leuchten, Decken, Fenstern, Spiegeln usw. Aus diesem Grunde können freistrahrende Leuchten nur in bestimmten Fällen verwendet werden. Sie blenden dann am geringsten, wenn sie parallel zur Blickrichtung montiert werden. Grundsätzlich sollen also nur Leuchten verwendet werden, bei denen die Lampen so montiert sind, daß sie bei normaler Blickrichtung (etwa 30° zur Horizontalen) nicht eingesehen werden können. Ausnahmen bilden Feuchtraumleuchten, für die noch keine entsprechenden Konstruktionen auf dem Markt sind.

Bei Glühlampen und **Hochdruckentladungslampen** ist wegen der besonders hohen Leuchtdichten immer eine Abschirmung erforderlich.

Die **Reflexblendung** entsteht durch Reflexion auf blanken Oberflächen, wie z. B. Schreibtischplatten, Maschinenteilen, glänzenden Materialien, Glas usw. Sie kann vermieden werden durch richtige Anordnung der Leuchte im Raum und damit richtigen Lichteinfallswinkel auf das Arbeitsfeld, außerdem durch Erhöhung des seitlich einfallenden Lichtes und durch matte Oberflächen von Arbeitsflächen (z. B. auch Schaltertische), Tasten von Schreibmaschinen, Schalttafeln usw. Die Reflexblendung kann auch empfindliche Sehbeeinträchtigungen bei Arbeiten mit glänzenden Gegenständen hervorrufen.

Um Gegenstände in ihrer räumlichen Gestalt richtig zu erkennen, darf die Beleuchtung nicht zu **schattenarm** sein. Bei schattenloser Beleuchtung wirken die Gegenstände flach. Bei zu großer Schattigkeit können Feinheiten und Details nicht mehr genau erkannt werden. Die Art der Leuchten und ihre Anordnung sind deshalb so zu wählen, daß eine geringe Tiefe der Schatten und ein weicher Verlauf der Schattenränder erzielt werden. Dies läßt sich durch Anordnung mehrerer Leuchten oder durch Reflexion benachbarter heller Flächen im Raum erreichen.

Die **Lichtfarbe** beeinflusst die Stimmung des Menschen. Die ausgeleuchtete Umgebung erscheint nur dann natürlich, wenn sie mit tageslichtähnlichem Licht beleuchtet wird. Während z. B. durch Glühlampen gelbe Farben bevorzugt erscheinen, entspricht die Farbwiedergabe von Leuchtstofflampen des Typs „neutralweiß“ dem natürlichen Tageslicht. Die Lichtfarbe ist also auch Voraussetzung für das richtige Erkennen von Farben. Gute Lichtfarbe steigert die Arbeitsfreude und das Wohlbefinden des Menschen und trägt damit zu einer Leistungssteigerung bei. Für die unterschiedlichen Farbwiedergaben der Lampen gibt es drei Farbwiedergabestufen:

Stufe 1 warmweiß mit sehr guter Farbwiedergabe.

Stufe 1 neutralweiß mit sehr guter Farbwiedergabe.

Stufe 2 neutralweiß mit guter Farbwiedergabe.

Stufe 3 neutralweiß mit mittlerer Farbwiedergabe.

Mit besserer Farbwiedergabe sinkt die Lichtausbeute erheblich, z. T. bis zu 25 % (vgl. Tabelle 6.1).

Leuchtstofflampen strahlen kein zeitlich konstantes Licht aus. Bei einer Frequenz von 50 Hz strahlt die Lampe jeweils beim Nulldurchgang der Sinuslinie, also 100mal je Sekunde, kein Licht aus. Der dadurch entstehende **Flimmereffekt** kann bei Bewegungsgeschwindigkeiten drehender oder auch geradlinig bewegter Teile den Eindruck eines Still-

standes erwecken. Unfälle an Schleifmaschinen, Drehbänken und anderen Maschinen sind die Folgen dieses stroboskopischen Effekts. Die Duo-Schaltung vermindert diesen Effekt.

Eine Beleuchtungsanlage ist dann wirtschaftlich, wenn sie unter Berücksichtigung aller lichttechnischen Faktoren die geforderten Werte der Beleuchtungsstärken erreicht und möglichst niedrige Anschaffungs- und Betriebskosten aufweist. Sonderanfertigungen von Leuchten oder architektonisch besonders aufwendige Anlagen (z. B. indirekte Beleuchtung) sind wirtschaftlich nicht vertretbar. Um die Betriebskosten zu senken, ist zu beachten, daß die Leuchten so schaltbar sind, daß in größeren Räumen Zonen, in denen nicht gearbeitet wird, abgeschaltet werden können.

6.1.2 Lampen

Vergleicht man die Lichtströme aus Tabelle 6.1, haben **Glühlampen** eine wesentlich schlechtere Lichtausbeute als **Leuchtstofflampen**. Z. B. beträgt die Lichtausbeute einer 40-W-Glühlampe 430 lm : 40 W $\approx$ 10 lm/W, bei einer Leuchtstofflampe mit 40 W und der Lichtfarbe neutrales Weiß unter Berücksichtigung des Vorschaltgerätes mit ca. 11 W Leistung 3200 lm : 51 W $\approx$ 63 lm/W. Wie der Vergleich zeigt, können Beleuchtungsanlagen nur mit Leuchtstofflampen wirtschaftlich betrieben werden. Die Leuchtstofflampe bietet aber gegenüber der Glühlampe noch wesentlich andere Vorteile; das sind bessere Lichtfarbe, geringere Leuchtdichte und 7- bis 8fache Lebensdauer der Glühlampe (Glühlampe ca. 1000 Betriebsstunden, Leuchtstofflampe ca. 7000 bis 8000 Betriebsstunden). Die Lebensdauer von Glühlampen kann jedoch mindestens verdoppelt werden, wenn bei 220 V Netzspannung Lampen für 230 V eingesetzt werden. Zu beachten ist dann allerdings, daß der Lichtstrom um ca. 5% sinkt.

Für die verschiedenen Verwendungszwecke dürfen aus wirtschaftlichen Gründen nur Lampen mit folgenden Farbwiedergabestufen verwendet werden:

Stufe 1: Glühlampen nur für Sonderfälle; Lichtfarbe warmweiß nur in Verbindung mit Glühlampenbeleuchtung bei geringen Beleuchtungsstärken;

Lichtfarbe neutralweiß in Räumen mit überwiegend weiblichem Personal in PSchÄ und Kanzleien.

Stufe 2: Lichtfarbe neutralweiß in Büro- und büroähnlichen Räumen, Zeichen- und Unterrichtssälen, Räumen mit Publikumsverkehr, Kantine- und Versammlungsräumen sowie in personalintensiven Betriebsräumen.

Stufe 3: Lichtfarbe neutralweiß in Betriebsräumen, Werkstätten und Lagerräumen.

Neben den Leuchtstofflampen sind für hohe Räume (Werkhallen), für die **Strahler** oder aber auch für die **Außenleuchten Quecksilberdampf-Hochdrucklampen** erforderlich. Die Lichtausbeute liegt beim etwa 3- bis 5fachen der Glühlampe. Für den Betrieb sind Vorschaltgeräte (Drossel) notwendig. Die Farbwiedergabe ist neutralweiß (Farbwiedergabestufe 3). Am meisten hierfür gebräuchlich sind Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, nach Tabelle 6.3 zusammengestellt.

Leistung (W)	Lichtstrom (lm)
80	3 800
125	6 300
250	13 500
400	23 000
700	40 000
1 000	55 000
2 000	130 000

Tabelle 6.3 – Quecksilberdampf-Hochdrucklampen

6.1.3 Schaltung von Leuchtstofflampen

Zur Begrenzung des Lampenstromes werden bei Leuchtstofflampen **induktive** oder **kapazitive Vorschaltgeräte** erforderlich (Drosselspule oder Kondensator).

Bei Vorschaltung einer Drossel wird durch deren induktiven Widerstand eine **Phasenverschiebung** zwischen Strom und Spannung bewirkt, wodurch sich ein **Leistungsfaktor** ($\cos \phi$) von 0,5 induktiv ergibt. Dies bedeutet eine erhebliche Belastung der Leitungen und Kabel mit Blindstrom, womit die Verlegung höherer Leiterquerschnitte verbunden ist. Es ist deshalb bei größeren Beleuchtungsanlagen sowohl im Interesse der Elektrizitätsversorgungsunternehmen als auch der DBP, den Blindstrom durch **Kompensation** herabzusetzen. Wirtschaftlich vertretbar ist dabei ein Wert des Leistungsfaktors von 0,95. Die Kompensation kann durch Parallelschaltung eines Kondensators erreicht werden. Ihre Anwendung ist jedoch nur mit Zustimmung des EVU zulässig, da die Kondensatoren bei Rundsteueranlagen für die hochfrequenten Steuerimpulse Kurzschlüsse darstellen. Die **Kapazität** des Kondensators richtet sich nach der Leistung der Leuchtstofflampe. Für folgende Leistungen sind folgende Kondensatoren notwendig:

20-W-Lampe	3 μ F
32-W-Lampe	4,5 μ F
40-W-Lampe	4,5 μ F
65-W-Lampe	7 μ F

Eine andere Möglichkeit der Kompensation ergibt sich durch Verwendung von je 50 % Leuchtstofflampen mit induktiven und 50 % mit kapazitiven Vorschaltgeräten. Bei der **kapazitiven Schaltung** liegt die Drosselspule in Reihe mit einem Kondensator, womit der kapazitive Blindstrom erreicht wird. Die Blindströme gleichen sich dann ebenfalls etwa

aus. Gegenüber der Kompensation mit parallelgeschalteten Kondensatoren besteht hier der Vorteil, daß defekte Kondensatoren sofort erkannt werden können, da dann die zugehörige Lampe ausfällt. Bei Leuchten mit jeweils zwei Lampen kann die sogenannte **Duo-Schaltung** angewandt werden. Parallel zu einer induktiv geschalteten Lampe liegt eine kapazitiv geschaltete, so daß sich der gleiche Effekt, wie vorher beschrieben, ergibt. Durch die Duo-Schaltung wird auch der stroboskopische Effekt vermindert. Die Duo-Schaltung hat sich in der Praxis bewährt.

6.1.3.1 Schaltungen mit Starter

Diese Schaltungen sind die gebräuchlichsten Schaltungen, die sich durch ihren einfachen Aufbau, ihre hohe Betriebssicherheit und hohe Lichtausbeute auszeichnen. Dabei sind folgende Schaltungsarten zu unterscheiden:

Bei der **Induktiven Schaltung** übernimmt die Drosselspule die Strombegrenzung. Beim Einschalten erwärmt sich das Bimetall des Starters St und schaltet die beiden Elektroden der Lampe auf Netzspannung. Diese werden dadurch erhitzt. Gleichzeitig kühlt sich das Bimetall wieder ab. Beim Wiederöffnen des Bimetall-Kontaktes wird durch die Drosselspule eine Induktionsspannung erzeugt, die etwa bei 300 V liegt. Waren die Elektroden bereits genügend erhitzt, zündet die Lampe. Ansonsten wiederholt sich der Vorgang bis zur Zündung.

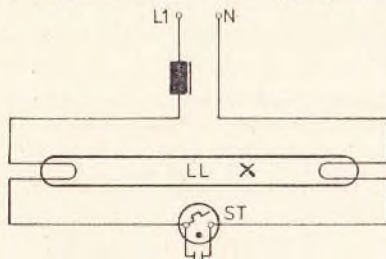


Abb. 6.4 – Induktive Schaltung

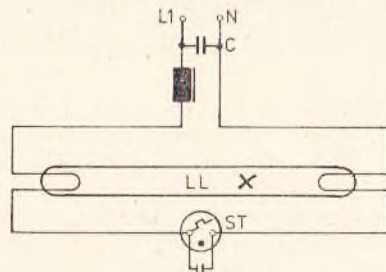


Abb. 6.5 – Induktive Schaltung mit Kompensationskondensator

Nach erfolgter Zündung wird die Spannung am Starter so gering, daß er geöffnet bleibt. Die Normalausführung der Drosselspulen kann für Raumtemperaturen bis $+40^{\circ}\text{C}$ verwendet werden. Sonderausführungen sind bis $+60^{\circ}\text{C}$ lieferbar. Da sich fehlerhafte Drosselspulen stark erhitzen können, sind bei Montage auf brennbaren Unterlagen, wie unter Abschnitt 6.1.4 beschrieben, besondere Vorkehrungen notwendig. Abb. 6.4 zeigt die induktive Schaltung.

Abb. 6.5 zeigt die induktive Schaltung mit Kompensationskondensator. Der Kondensator ist in der Leuchte untergebracht.

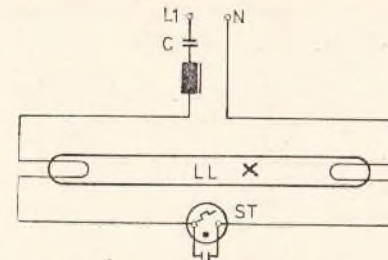


Abb. 6.6 – Kapazitive Schaltung

Bei der **kapazitiven Schaltung** ist in Reihe zur Drosselspule ein Kondensator C geschaltet (vgl. Abb. 6.6). Er ist so bemessen, daß sich ein $\cos \phi$ von 0,5 kapazitiv ergibt. Durch Kombination mit induktiv geschalteten Lampen ergibt sich ein $\cos \phi$ von annähernd gleich 1. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Lampen wie bei der Duo-Schaltung in einem Gehäuse untergebracht sind oder getrennt angeordnet werden. Es muß jedoch gewährleistet sein, daß jeder Stromkreis gleich viele induktiv und kapazitiv geschaltete Lampen aufweist.

Die **Duo-Schaltung** (vgl. Abb. 6.7) kombiniert die induktive und die kapazitive Schaltung in einer Leuchte. Induktiver und kapazitiver Blindstrom heben sich dabei ungefähr auf, so daß ein $\cos \phi$ von ungefähr 1 erzielt wird. Wie bereits erwähnt, wird der stroboskopische Effekt weitgehend beseitigt.

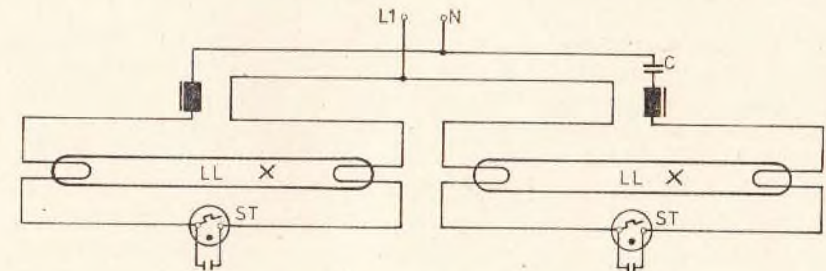


Abb. 6.7 – Duo-Schaltung

6.1.3.2 Schaltungen ohne Starter

Diese Schaltungen werden wegen des höheren Preises und der schlechteren Lichtausbeute nur sehr selten angewandt. Bei diesen Schaltungen erfolgt die Zündung flackerfrei. Diese Schaltungen sind erforderlich bei Lichtsteuerung (Dimmerung) und bei Leuchten für explosionsgefährdete Betriebsstätten.

Bei der **induktiven Rapid-Start-Schaltung** werden die Lampenelektroden durch einen Heiztransformator geheizt. Dadurch genügt als Zündspannung die Netzspannung. Eine sichere Zündung ist allerdings nur mit einer Zündhilfe, einem an der Lampe angebrachten Außenzündstreifen oder einem Zündnetz, zu erreichen. Die Lampe wird innerhalb von 1 bis 2 Sekunden gezündet. Zur Strombegrenzung ist eine Drosselspule in Reihe mit der Lampe geschaltet.

Die induktive Rapid-Start-Schaltung mit Kompensationskondensator hat einen zu den Eingangsklemmen parallel geschalteten Kondensator, der den $\cos \phi$ auf ca. 0,95 verbessert.

Die **kapazitive Rapid-Start-Schaltung** entspricht in Aufbau und Wirkungsweise der induktiven Schaltung, jedoch ist in Reihe zur Drosselspule ein Kondensator C_R geschaltet, womit ein $\cos \phi$ von ca. 0,5 kapazitiv erreicht wird.

Die **Duo-Rapid-Start-Schaltung** hat eine induktive und kapazitive Schaltung, die über einen gemeinsamen Heiztransformator zur Duo-Schaltung kombiniert ist. Für $\cos \phi$ ergibt sich ein Wert von ca. 1.

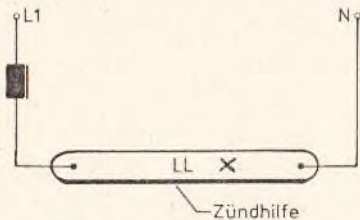


Abb. 6.8 – Induktive Schaltung für explosionsgeschützte Leuchten

Bei der **induktiven Schaltung für explosionsgeschützte Leuchten** (vgl. Abb. 6.8) leitet der mit einer Elektrode verbundene Innenzündstreifen bei der gegenüberliegenden Elektrode eine Glimmentladung ein, die sich längs des Innenzündstreifens ausbreitet und nach ca. 0,3 bis 1 Sekunde zur Gasentladung führt. Allerdings sind zum sicheren Zünden erhöhte Zündspannungen erforderlich. Der Lampenstrom wird auch hier durch eine Drosselspule begrenzt.

Für die von Leuchtstofflampen erzeugten hochfrequenten Störungen können die in die Anschlußleitungen eindringenden hochfrequenten Störspannungen (Lang- und Kurzwellenbereich) bei Rundfunk und Fernsehen sowie bei Funkverbindungen zu Störungen führen. Über 30 MHz tritt die Störenergie im wesentlichen als Strahlung auf und kann, da sie unter dem Kleinststörgrad K liegt, vernachlässigt werden.

Nach den „Technischen Vorschriften für die Lieferung von Leuchten und elektrischen Lampen“ des PTZ dürfen Leuchten den Grobstörgrad G nicht überschreiten. Die meisten Leuchten erfüllen den Normalstörgrad N. Für Leuchten in Senderräumen sowie in Funkempfangsstellen kann der Kleinststörgrad K erforderlich werden.

Störspannungsmessungen an Leuchtstofflampen zeigen starke Streuungen der Meßwerte. Ältere Lampen stören stärker als neue. Die Störspannungen sind auch abhängig von der Konstruktion und der Gasfüllung der Lampe.

Die Störspannungen werden durch einen im Starter eingebauten, zu diesen parallel geschalteten Kondensator herabgesetzt. Außerdem verringert sich der Störgrad durch den Einbau symmetrischer Vorschaltgeräte (Drossel), wie sie bei den Störgraden N und K grundsätzlich verwendet werden.

6.1.3.3 Schaltungen für Lichtsteuerung

Mit der **Spannungssteuerung** wird über einen Stelltransformator die Betriebsspannung der Lampe verändert. Damit verändern sich auch der Strom und der Lichtstrom der Lampe. Bei Glühlampen wird der Lichtstrom bei 12% der Nennspannung Null. Für Leuchtstofflampen, die bereits bei einer Betriebsspannung von weniger als 200 V erlöschen,

eignet sich diese Steuerung nicht, da sich der Lichtstrom nur ungenügend reduzieren läßt.

Durch vorgeschaltete Widerstände läßt sich der Strom bei der **Stromsteuerung** verändern. Wegen der Lastabhängigkeit und des Leistungsverlustes an den Widerständen hat sich diese Steuerung nicht bewährt.

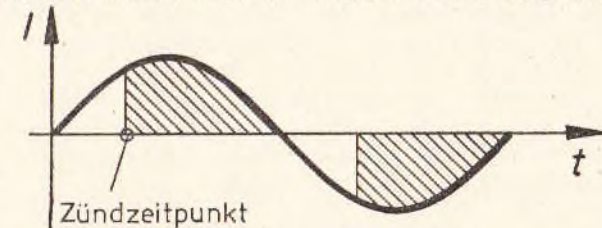


Abb. 6.9 – Anschnittsteuerung

Mit der **Anschnittsteuerung** wird durch Magnetverstärker oder mit Thyristor die Halbwelle des Wechselstromes beliebig einstellbar angeschnitten. Damit ist auch der Lampenstrom beliebig regelbar, und der Lichtstrom von Glühlampen und Leuchtstofflampen läßt sich so von hell bis dunkel stufenlos steuern. Abb. 6.9 zeigt den Verlauf der Sinuslinie bei der Anschnittsteuerung mit dem Zündzeitpunkt.

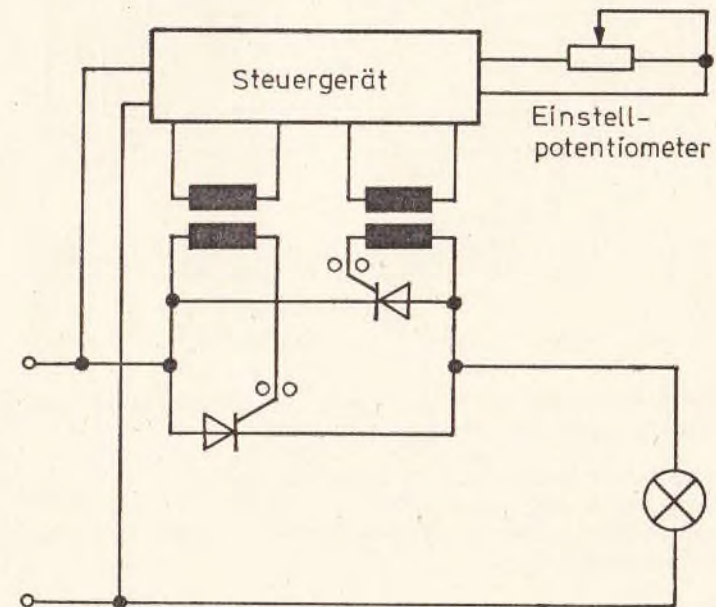


Abb. 6.10 – Schaltung für Anschnittsteuerung von Glühlampen

Über ein mit Transistoren geschaltetes Steuergerät kann über zwei Übertrager der Zündzeitpunkt der Thyristoren verändert werden. Durch die gegeneinander geschalteten Thyristoren kann sowohl die positive wie die negative Halbwelle an jeder beliebigen Stelle angeschnitten werden. Der Lichtstrom der Lampe ist also abhängig vom verbleibenden Strom des Phasenanschnitts. Die Transistoren werden über veränderliche Gleichspannung gesteuert (vgl. Abb. 6.10).

Bei größeren Leistungen wird das Steuerpotentiometer motorisch angetrieben. Die Steuerung eignet sich besonders für Leuchtstofflampen, ist jedoch nur möglich, wenn die Elektroden geheizt werden und außerdem ein Zündstreifen oder ein Zündgitter an der Lampe angebracht ist (vgl. Abb. 6.11). Da die Lampentypen untereinander verschiedene Steuereigenschaften ergeben, sollen nur jeweils Leuchten gleicher Leistung und desselben Typs verwendet werden.

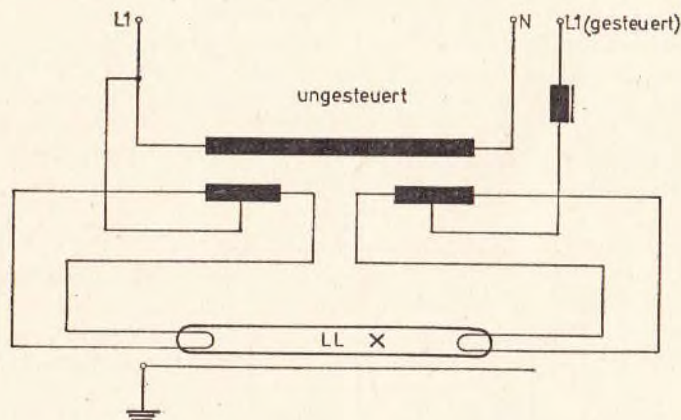


Abb. 6.11 – Schaltung für Anschnittsteuerung von NL-Lampen

Die Elektroden werden über den Heiztransformator geheizt. Die Zündung wird über den Zündstreifen eingeleitet.

Bei Lichtsteuerungen für kleinere Leistungen (300 bis 600 W) haben sich **Dimmer** bewährt. Der schaltungsmäßige Aufbau ist ähnlich wie bei Geräten größerer Leistung; dieser Dimmer lässt sich in einer Schaltdose unterbringen.

Der Dimmer für Glühlampen hat eine andere Schaltung als der für Niederspannungs-Leuchtstofflampen.

6.1.4 Leuchten

Um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen, müssen Leuchten folgende Forderungen erfüllen:

- dem jeweiligen Zweck angepaßte Lichtverteilung,
- hoher Leuchtenwirkungsgrad,
- Verhinderung der Blendung der Lampe durch entsprechende Abschirmung,
- ausreichende Wärmeableitung,
- zeitsparende Montage,
- einfache Wartung.

Es sind nur Leuchten zu verwenden, die den VDE-Bestimmungen 0710 entsprechen. Für Einbauteile sind außerdem die VDE-Bestimmungen 0560 und 0712 zu beachten. Die Leuchten werden nach VDE 0710 in drei Schutzklassen eingeteilt:

Schutzklasse I (Erdungszeichen im Kreis):

Schutz durch Erdung, Nullung oder Schutzschaltung. Berührbare Metallteile werden mit dem Schutzleiter verbunden. Alle der Berührung zugänglichen Teile, die im Fehlerfall Spannung annehmen können, müssen untereinander und mit dem Schutzleiter gut leitend verbunden werden. In die Schutzmaßnahme sind auch die Gehäuse von Vorschaltgeräten und Kondensatoren einzubeziehen.

Schutzklasse II (zwei Quadrate ineinander):

Leuchten mit Schutzisolierung. Die Leuchten sind nach außen vollkommen und dauerhaft isoliert.

Entsprechend der neuen IP-Bezeichnung gibt die erste Zahl den **Schutz gegen Fremdkörper** an, und zwar:

- 0 = kein Schutz
- 1 = Schutz gegen große Fremdkörper (Durchmesser > 50 mm)
- 2 = Schutz gegen große Fremdkörper (Durchmesser > 12 mm)
- 3 = Schutz gegen kleine Fremdkörper (Durchmesser > 2,5 mm)
- 4 = Schutz gegen kernförmige Fremdkörper (Durchmesser > 1 mm)
- 5 = Schutz gegen Staubablagerung
- 6 = Schutz gegen Staubeintritt

Die zweite Zahl gibt den **Schutz gegen Wasser** an:

- 0 = kein Schutz
- 1 = Schutz gegen senkrecht fallende Tropfen
- 2 = Schutz gegen schräg fallende Tropfen (bis 15° zur Senkrechten)
- 3 = Schutz gegen Sprühwasser (bis 60° zur Senkrechten)
- 4 = Schutz gegen Spritzwasser (aus allen Richtungen)

5 = Schutz gegen Strahlwasser (aus allen Richtungen)

6 = Schutz gegen Überflutung

7 = Schutz gegen Eintauchen

8 = Schutz gegen Untertauchen

Schutzklasse III (auf der Spitze stehendes Quadrat mit III):

Leuchten für Betrieb mit Schutzkleinspannung (max. 42 V). Die Schutzkleinspannung wird entweder aus Batterien oder aus Transformatoren mit getrennten Wicklungen entnommen. Sofern Steckvorrichtungen verwendet werden, müssen diese so ausgeführt sein, daß sie in normale Steckdosen für Netzspannung 220 V nicht eingeführt werden können.

Nach VDE 0710 werden die Leuchten auch nach Schutzarten unterteilt (vgl. Tabelle 6.12).

	Tropfwassergeschützt. Schutz gegen hohe Luftfeuchte, Wrasen und senkrecht fallende Wassertropfen.
	Regengeschützt. Schutz gegen von oben bis zu 30° über der Waagerechten auftreffende Wassertropfen.
	Spritzwassergeschützt. Schutz gegen aus allen Richtungen auftreffende Wassertropfen.
	Strahlwassergeschützt. Schutz gegen aus allen Richtungen auftreffenden Wasserstrahl.
	Wasserdicht. Schutz gegen Eindringen von Wasser ohne Druck.
	Druckwasserdicht. Schutz gegen Eindringen von Wasser unter Druck. Die zulässige Wasserhöhe in Metern über dem Prüfling (Eintauchtiefe unter Wasser) wird durch den Zusatz „h ...“ gekennzeichnet, z. B. P 55 h 3 (3 m Wassersäule über dem Prüfling). Vergleiche auch DIN 40 050.
	Staubgeschützt. Schutz gegen Eindringen von Staub ohne Druck.
	Staubdicht. Schutz gegen Eindringen von Staub unter Druck.
	Schutzisolierungs-Zeichen nach DIN 40 014 (gem. VDE 0100).
	Explosionsschutz-Zeichen nach DIN 40 012 (gem. VDE 0170/171).

Tabelle 6.12 – Kurzzeichen für Schutzarten nach VDE 0710 und nach DIN

Für die Montage von Leuchten auf leicht entflammaren Baustoffen, wie Holz, Styropor usw., sind wegen der hohen Temperaturen (300 bis 400° C), die durch defekte Drosseln auftreten können, besondere Maßnahmen zu ergreifen. Da sich z. B. Holz bereits bei 200° C entzünden kann, ist die Verwendung einer Asbestzwischenlage erforderlich. Sie muß aus mindestens 12 mm starkem Silikatasbest bestehen. Ausge-

nommen davon sind jedoch Leuchten, die das Zeichen  im auf der

Spitze stehenden Dreieck nach VDE 0710 tragen (vgl. auch VDE 0100 § 32). Diese Leuchten sind so gebaut, daß keine Brandschäden durch erhöhte Temperaturen auftreten können. Je nach den verschiedenen Raumarten, in denen Leuchten montiert werden, wird nach DIN 40 050

6.1.5 Hinweise für die Montage und das Anschließen von Leuchten bzw. nach der IEC-Empfehlung 144, wie in der Tabelle 6.13 dargestellt, unterteilt

Wie bereits beschrieben, müssen Leuchten ohne das Zeichen F bei Gebäudeteilen aus brennbaren Baustoffen feuersicher von der Befestigungsfläche getrennt angebracht werden.

Vorschaltgeräte, die außerhalb von Leuchten montiert werden, müssen das Zeichen  tragen. Bei Montage auf brennbaren Baustoffen muß ein Abstand von mindestens 35 mm eingehalten werden. Kondensatoren müssen das Zeichen  oder  tragen und einen parallelgeschalteten Entladewiderstand haben.

In Kesseln, Behältern und Rohrleitungen dürfen ortsveränderliche Leuchten (Handleuchten) nur eingesetzt werden, wenn als Schutzmaßnahme die Schutzkleinspannung (max. 42 V) oder die Schutztrennung angewendet wird. Die Schutztransformatoren müssen außerhalb bleiben. Stecker für die bewegliche Anschlußleitung (mindestens H07RN-F der Leuchte dürfen sich nicht in Steckdosen der normalen Hausinstallation einführen lassen. Aufhängevorrichtungen für Leuchten, z. B. Deckenhaken, müssen das 5fache des Gewichtes der Leuchte, mindestens jedoch 10 kg ohne Formänderung tragen können. Bei Unterputzinstallationen müssen Zuleitungen für Wandleuchten in Wanddosen enden. Für die Durchgangsverdrahtung durch Leuchten dürfen nur Hohlräume benutzt werden, die dafür vorgesehen sind und in denen die zu verlegenden Leitungen nicht verletzt werden können. In diesen Räumen dürfen mehrere Lampenstromkreise gemeinsam verlegt werden. Die Leitungen müssen wärmebeständig sein. Die Klemmen müssen an der Leuchte befestigt und gegen zufälliges Berühren der aktiven Teile geschützt sein. Die zu einem Drehstromkreis gehörenden Leitungen müssen in einer mehradrigen Leitung, in einem Rohr oder im selben Hohlraum verlegt werden. Bei Beleuchtung von Maschinen mit bewegten Teilen müssen Maßnahmen getroffen werden, um den stroboskopischen Effekt zu vermindern.

Nach VDE 0100 v₁ gilt für die Absicherung von Beleuchtungsstromkreisen folgendes:

Beleuchtungsstromkreise dürfen nur bis 25 A gesichert werden. Leuchtstofflampen- und Leuchtstoffröhren-Stromkreise sowie Beleuchtungsstromkreise mit Fassungen E 40 können mit höheren Überstromschutz-

Raumart nach VDE 0100	Zusätzliche Ortsangabe	nach DIN 40 050	Schutzart nach VDE 0710 mindestens	nach IEC Empfehlung 144	Mechanischer Schutz	Korrosionsschutz	Sonstige Forderungen
Innenräume ohne besondere Beanspruchung		P 20	abgedeckt	IP 20	normal	normal	
Feuchte Räume		P 22	regengeschützt	IP 23	normal	mindestens gegen Feuchtigkeit	
Nasse und durchdränkte Räume		P 44	strahlwasser-geschützt	IP 55	normal	gegen Wasser und chemische Agenzien	
Anlagen im Freien	an ungeschützten Orten	P 22	regengeschützt	IP 23	gegen Erschütterungen und Wind	gegen Wasser, evtl. Seewasser und Abgase	
	an geschützten Orten	P 22	regengeschützt	IP 23	gegen Wind	gegen Feuchtigkeit	
Baustellen		P 22	regengeschützt	IP 23	gegen Erschütterungen und Wind	gegen Wasser	
Baderäume und Duschecken	in Wohnungen und Hotels	P 33	spritzwasser-geschützt	IP 44	normal	mindestens gegen Feuchtigkeit	Schutzisolierung empfohlen
	in Badeanstalten	P 44	strahlwasser-geschützt	IP 55	normal	gegen Wasser	
Feuergefährdete Betriebsstätten	ohne Staub oder Faserstoffe	P 20	abgedeckt	IP 20	normal	normal	Gehäuse aus schwer entflammaren Baustoffen
	zusammen mit Staub und Faserstoffen	P 40	staubgeschützt	IP 50	normal	normal	Gehäuse aus schwer entflammaren Baustoffen
	zusammen mit mechanischer Beanspruchung	P 40	staubgeschützt	IP 50	Schutzgitter, Schutzkörbe oder Schutzgläser	normal	Gehäuse aus schwer entflammaren Baustoffen
Landwirtschaftliche Anlagen	allgemeine, feuchte u. feuergefährdete Räume, wie Ställe, Scheunen, Heu- und Strohhöden	P 43	staub- und spritzwasser-geschützt	IP 54	Schutzgitter, Schutzkörbe oder Schutzgläser	gegen Wasser und chemische Agenzien	Schutzisolierung empfohlen

Tabelle 6.13 – Schutzarten nach DIN 40 050

organen gesichert werden (vgl. Abschnitt 2). Dabei ist auf die zulässige Belastung der Leitungen und des Installationsmaterials zu achten. Der Überstromschutz von **Stromkreisen mit Steckdosen** muß nicht nur auf die zulässige Belastung der Leitungen, sondern auch auf den Nennstrom der angeschlossenen Steckdosen abgestimmt werden, d. h. auf den niedrigeren der beiden Werte.

Beleuchtungsstromkreise in Hausinstallationen dürfen nur mit **Überstromschutzorganen** bis 16 A gesichert werden.

Nach der **Lichtverteilung** (gewünschte Richtung, nach der die Lampe das Licht ausstrahlen soll) werden die Leuchten nach DIN 4050 in folgende Hauptgruppen eingeteilt:

- direkt,
- vorwiegend direkt,
- vorwiegend indirekt,
- indirekt.

Die Lichtverteilung kann konstruktiv durch die Art der Formgebung der Reflektoren, Spiegel, Gläser, Kunststoffwannen usw. beeinflusst werden (siehe Abb. 6.14).

Bei der **Beschaffung** von Leuchten ist darauf zu achten, daß sie in der PTZ-Leuchtenliste aufgeführt sind und vollkommen zusammengebaut angeliefert werden. So muß z. B. bei kompensierten Leuchten der Kondensator bereits eingebaut sein. Bezüglich der Reinigung und Pflege sollen Leuchten so konstruiert sein, daß ein einfacher Lampenwechsel möglich ist.

6.1.6 Ersatz-, Gefahren- und Sicherheitsbeleuchtung

Die **Ersatzbeleuchtung** gewährleistet bei Netzausfall eine Weiterführung des Betriebes. Die **Gefahrenbeleuchtung** übernimmt bei Netzausfall die Diebstahl- und Überfallsicherung und soll Personal und Publikum gegen Unfälle schützen. Die **Sicherheitsbeleuchtung** wird unterteilt in **Not-** und **Panikbeleuchtung**. Sie ist eine für bestimmte Gebäude (z. B. Versammlungsräume, Schulen, Hochhäuser usw.) behördlich vorgeschriebene Beleuchtung, die ebenfalls bei Netzausfall wirksam wird. Die Ausführung ist in VDE 0108 festgelegt.

Im Bereich der DBP sind im wesentlichen Ersatz- und Gefahrenbeleuchtung üblich. Eine Netzersatz- oder eine Schwungradumformeranlage versorgt die **Ersatzbeleuchtung**. Sie ist vorgesehen in Richtfunkstellen, Fernsehsenderräumen, in Knoten- und Verstärkerärtern und u. U. auch in Räumen für Datenverarbeitung. Um die NEA oder SUD-Anlagen nicht zu überlasten, stellt eine Leistungsbegrenzung sicher, daß nur eine bestimmte Anzahl von Leuchten eingeschaltet werden kann. Der Betrieb kann ohne Unterbrechung weitergeführt werden. Die **Gefahrenbeleuchtung** wird aus einer Batterie gespeist (z. B. 60-V-Amtsbatterie).

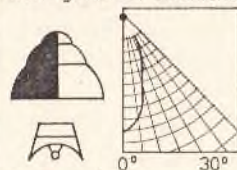
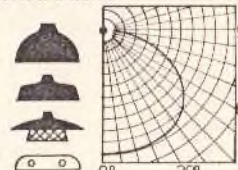
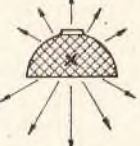
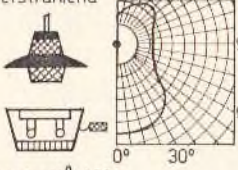
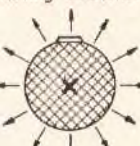
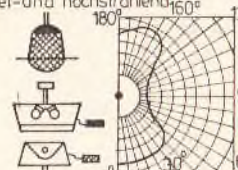
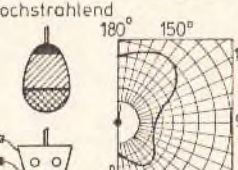
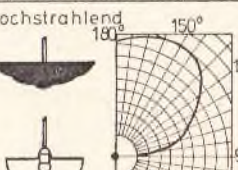
Hauptgruppen nach oberem und unterem Lichtstromanteil	Untergruppen nach der Art der Lichtverteilung	
Direkt-Leuchten  $\Phi_{\text{O}} = 100 \text{ bis } 90\%$ $\Phi_{\text{U}} = 0 \text{ bis } 10\%$	stark gerichtet strahlend  $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 30^\circ \approx 55\%$	tiefstrahlend  $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 60^\circ \approx 80\%$
Vorwiegend-Direkt-Leuchten  $\Phi_{\text{O}} = 90 \text{ bis } 60\%$ $\Phi_{\text{U}} = 10 \text{ bis } 40\%$		tiefstrahlend  $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 60^\circ \approx 40\%$ $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 120^\circ \approx 40\%$ $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 180^\circ \approx 20\%$
Gleichförmig-Leuchten  $\Phi_{\text{O}} = 40 \text{ bis } 60\%$ $\Phi_{\text{U}} = 60 \text{ bis } 40\%$		tief- und hochstrahlend  $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 60^\circ \approx 30\%$ $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 120^\circ \approx 40\%$ $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 180^\circ \approx 30\%$
Vorwiegend-Indirekt-Leuchten  $\Phi_{\text{O}} = 10 \text{ bis } 40\%$ $\Phi_{\text{U}} = 90 \text{ bis } 60\%$		hochstrahlend  $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 60^\circ \approx 25\%$ $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 120^\circ \approx 40\%$ $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 180^\circ \approx 65\%$
Indirekt-Leuchten  $\Phi_{\text{O}} = 0 \text{ bis } 10\%$ $\Phi_{\text{U}} = 100 \text{ bis } 90\%$		hochstrahlend  $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 90^\circ \approx 20\%$ $\Phi_{\text{O}} \text{ bis } 180^\circ \approx 80\%$

Abb. 6.14 — Charakteristische Grundformen von Leuchten

Sie soll Ausgänge und Fluchtwege markieren und wird daher an den Ausgangstüren und zu diesen führenden Gängen markiert. Neben den aufgeführten Räumen und Gebäuden für die Ersatzbeleuchtung wird die Gefahrenbeleuchtung auch in Maschinengebäuden — im Maschinenraum sowie in der Hochspannungsschaltanlage und in den Trafotzellen — eingebaut.

6.1.7 Unterhaltung von Beleuchtungsanlagen

Verstauben, Verschmutzen und Alterung von Leuchten ergeben eine erhebliche Verminderung des von der Leuchte abgegebenen Lichtstromes. Dies kann zu einem Rückgang von 20 bis 50 % des Nennwertes führen. Ein Teil des Rückganges wird bereits bei der Projektierung berücksichtigt (20 %).

Aus lichttechnischen und wirtschaftlichen Erwägungen ist es jedoch unerlässlich, die Leuchten regelmäßig zu reinigen. Je nach Staubanfall kann die Reinigung bis zweimal jährlich erforderlich werden. Als Beispiel sei hier eine Briefeinfach- und -abgangsstelle aufgeführt, bei der folgende Werte gemessen wurden: Nach Montage der Leuchten 480 lx, 8 Monate später ohne vorherige Reinigung 320 lx, nach Reinigung 420 lx.

Die Reinigung soll im Herbst durchgeführt werden. Vor Beginn der Arbeiten ist die Anlage gemäß VDE 0105 freizuschalten. Die Reinigung von lackierten Teilen, Glas und Emaille kann mit den üblichen Reinigungsmitteln (Wasser unter Zusatz von Spülmittel) erfolgen. Bei optisch wirksamen Teilen, wie Spiegeln ist zu beachten, daß bei eloxierten Spiegeln nur mit weichem Lappen oder Schwamm mit Wasser und nur bei besonders starker Verschmutzung mit Spiritus oder Benzin gereinigt wird. Bei zaponierten Spiegeln darf der Staub nur mit weichem Lappen oder Pinsel entfernt werden. Kunststoffteile sind nach der Reinigung mit Wasser und Spülmittel wegen der Anziehung des Staubes mit Antistatikmitteln zu behandeln, die dann ca. 6 bis 10 Monate wirksam bleiben.

Beim Ersatz von Lampen wird unterschieden zwischen **Einzelaustausch** — einzelne Lampen werden ausgetauscht, wenn beim Ausfall einer Lampe die Beleuchtungsgüte merklich nachläßt, **Sammelaustausch** — der Austausch ist erst erforderlich nach Ausfall mehrerer Lampen, sofern das Beleuchtungsniveau nicht wesentlich absinkt, **Gesamtaustausch** — bei schwer zugänglichen Leuchten, wenn Einzel- oder Sammelaustausch zu kostspielig würde. Noch brauchbare Lampen sind an leicht zugänglichen Stellen weiter zu verwenden.

Bei der **Instandsetzung** von Leuchten ist darauf zu achten, daß zuvor freigeschaltet wird und daß nur gleiche oder gleichwertige Teile verwendet werden, so daß die Leuchten auch nach der Instandsetzung den VDE-Bestimmungen genügen. Nach erfolgter Instandsetzung ist eine genaue Prüfung aller für die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme wichtigen Teile vorzunehmen.

Im einzelnen ist zu prüfen: Ist der Schutzleiter richtig, ohne Unterbrechung verlegt und sorgfältig angeschlossen und in seinem gesamten Verlauf farblich richtig gekennzeichnet (grün/gelb)? Vor Wiederinbetriebnahme und Übergabe an den Betrieb sind die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme und die richtige Funktion zu prüfen.

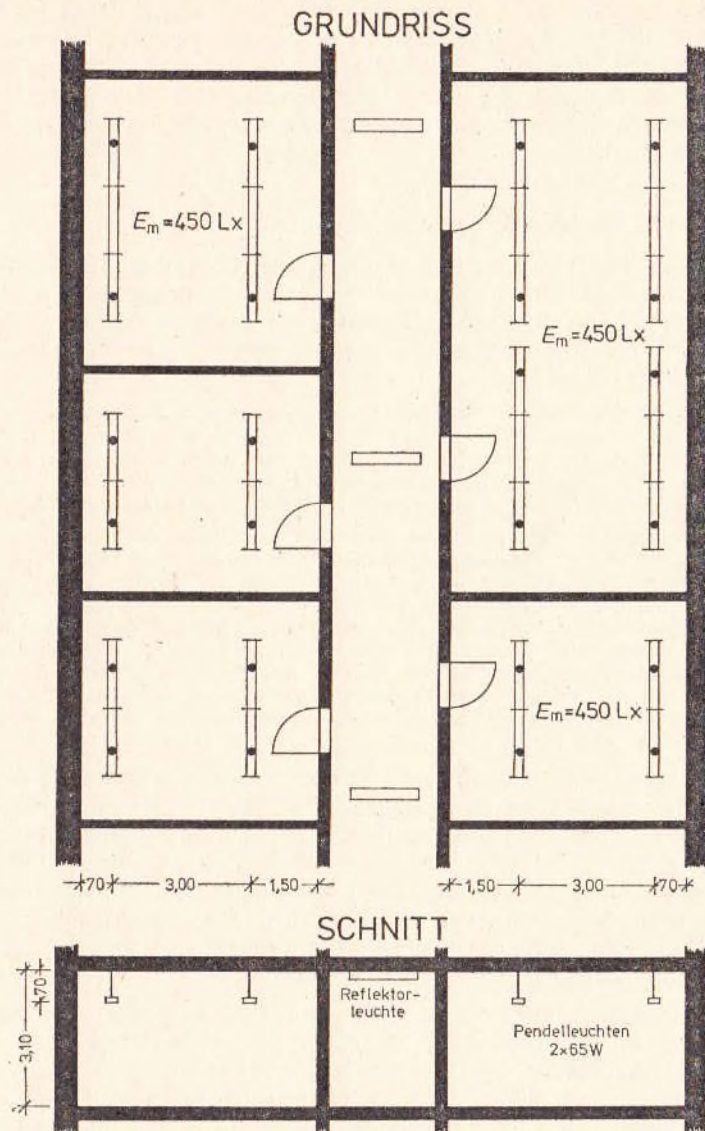
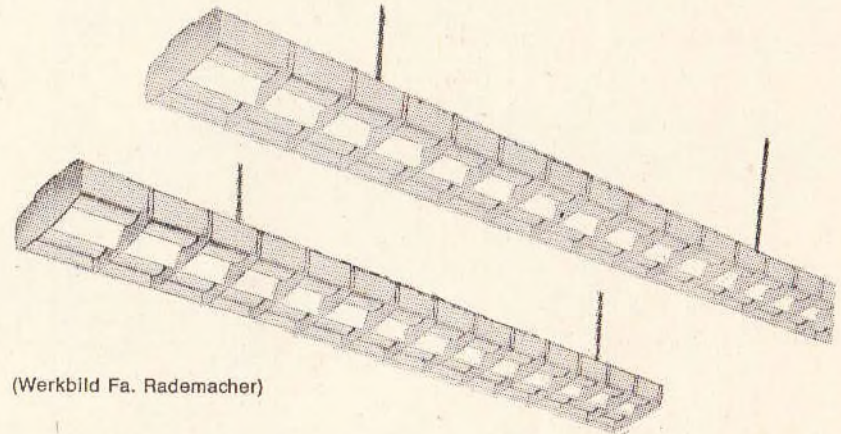


Abb. 6.15 – Beleuchtung von Büroräumen

6.2 Beleuchtungstechnische Anlagen

Die Planung lichttechnisch einwandfreier Beleuchtungsanlagen setzt Kenntnisse über die Gestaltung der Arbeitsräume, der Sehaufgaben und der Art der Arbeiten voraus. Sollen in einem Raum an jeder Stelle gleich gute Sehverhältnisse geschaffen werden, ist der Einbau einer **Allgemeinbeleuchtung** zweckmäßig.



(Werkbild Fa. Rademacher)

Art	Pendelleuchten
Verwendungszweck	Einzel- und Bandleuchten für Büros und büro-ähnliche Räume
Lichtverteilung	gleichförmig
Schutzmaßnahme	Schutzklasse I (SL-Anschluß)
Schutzart	IP 20 (nur für trockene Räume)
Schaltung	induktiv und Duo
Montage	Pendelaufhängung
Leuchteneinheiten	2×40 W 2×65 W
Leuchtenwirkungsgrad	0,9

Abb. 6.16 – Pendelleuchten

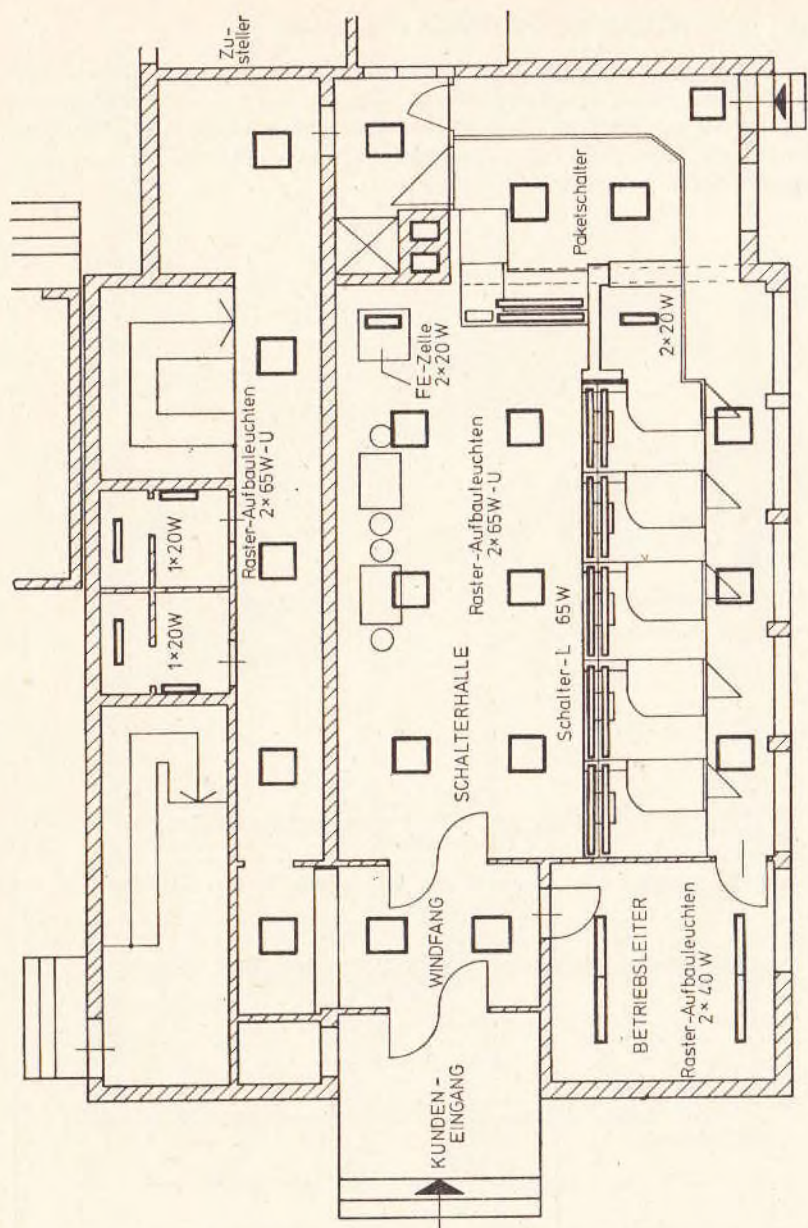
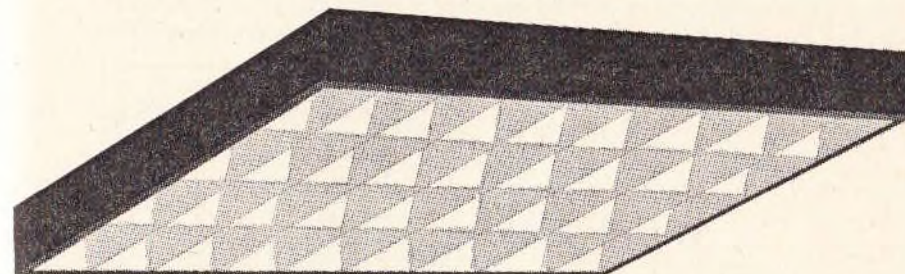


Abb. 6.17 – Beleuchtung einer Schalterhalle

In Arbeitsräumen mit festgelegten Arbeitsplätzen ist es vorteilhaft, die Allgemeinbeleuchtung **arbeitsplatzorientiert** anzuordnen, wie z. B. in Abb. 6.15 zu den Schreibtischen, parallel zu den Fenstern. Neben der Allgemeinbeleuchtung wird in Postämtern eine zusätzliche **Einzelplatzbeleuchtung** über den Schaltern eingebaut (siehe Abb. 6.17).

Zu den Leuchten ist zu bemerken, daß aus wirtschaftlichen Gründen Leuchten mit Wannenabdeckung nicht zu verwenden sind.

Bezüglich der Instandhaltung ist darauf zu achten, daß Lampen und Leuchten gut und gefahrlos zugänglich sind.



(Werkbild Fa. Rademacher)

Art	Reflektorleuchte mit Lamellenraster			
Verwendungszweck	Büros und ähnliche Räume, Schalterhallen u. ä.			
Lichtverteilung	direkt			
Schutzmaßnahme	Schutzklasse I (SL-Anschluß)			
Schutzart	IP 20 (nur für trockene Räume)			
Schaltung	induktiv, kapazitiv, Duo			
Montage	an Decke (Leuchte besitzt F-Zeichen)			
Leuchteneinheiten	1x20 W 2x20 W 4x20 W	1x40 W 2x40 W 3x40 W 4x40 W	1x65 W 2x65 W 3x65 W 4x65 W	2x65 W-U
Leuchtenwirkungsgrad	0,65...0,75			

Abb. 6.18 – Aufbau-Reflektorleuchte mit Lamellenraster

7 Klingel- und Türöffneranlagen

7.1 Allgemeines

Früher wurden in Ein- und Mehrfamilienhäusern häufig nur Klingel- und Türöffneranlagen eingebaut. Diese Signalanlagen genügen jedoch nicht, um die Personen zu identifizieren und um **unerwünschten Personen** den Eintritt nicht zu gewähren. Diese Aufgabe können **Türsprechanlagen** jedoch erfüllen. Es gibt sie in unterschiedlicher Größe und Ausführung. In besonderen Anwendungsfällen können sie zur **Türseh-anlage** erweitert werden. Die meisten der im Handel befindlichen Systeme lassen sich auch für **Haussprechanlagen** oder als kombinierte Tür- und Haussprechanlagen ausrüsten. Alle Anlagentypen dienen nur

Leitungs- bezeichnung	Kurz- zeichen	Ader- zahl	Lei- tungs- durch- messer mm	Verwen- dungszweck	Zulässiger Einsatzort		
					trockene Räume	feuchte u. nasse Räume	feuer- u. explo- sionsge- fährdete Betriebs- stätten
Klingeldraht	Y	1	0,8	feste Ver- legung in Rohren a.P. und u.P.	x		
Klingelsteg- leitung	IFY	2 u. 3	0,8	feste Ver- legung u.P.	x		
Klingel- leitung	YR	2...16	0,8	feste Ver- legung a.P. und u.P.	x	x	

Tabelle 7.1 — Gebräuchliche Leitungen für Türsprech- und Türöffneranlagen

der Verständigung **innerhalb** des Gebäudes bzw. desselben Grund-
stücks. Sie dürfen **nicht** mit dem **öffentlichen** Fernsprechnetzt der DBP
verbunden werden. Bei der Installation sollte daher auf **getrennte**
Führung der Leitungs- oder Leerrohrsysteme geachtet werden.

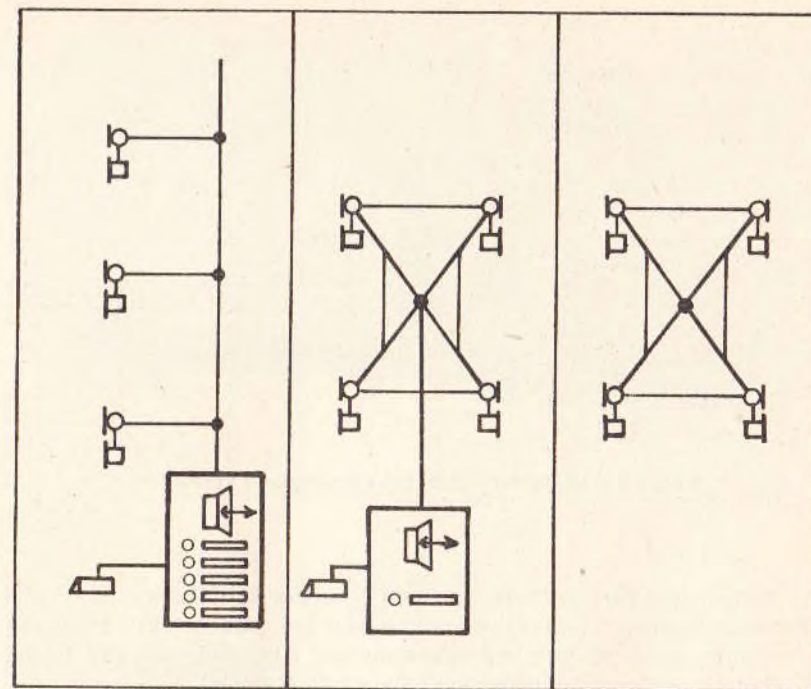
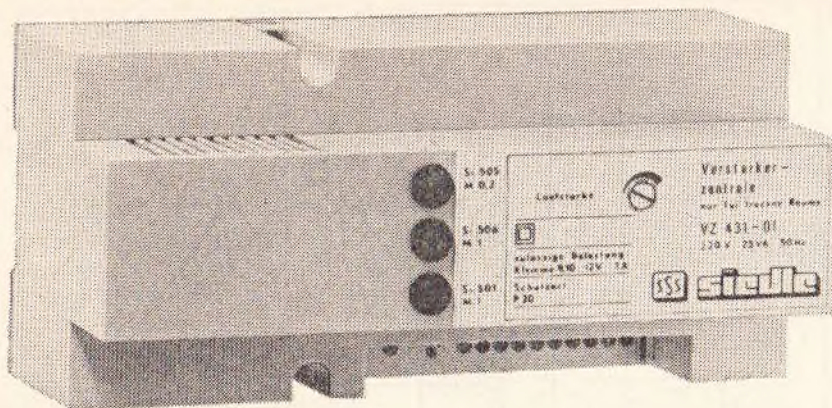


Abb. 7.2 — Grundsätzliche Darstellung von Tür- und Haussprechanlagen und
kombiniertem System

Alle Anlagen arbeiten mit **Kleinspannungen** (ausgenommen die Seh-
Anlagen), deren Erzeugungsgeräte zweckmäßigerweise auf der Netz-
seite abschaltbar sein sollten. Mit **Klingeltransformatoren** werden nur
Wechselspannungen von ca. 3 bis 12 V erzeugt. Klingeltransformatoren
müssen nach VDE kurzschlußfest sein. Für die Versorgung von Tür-
sprechanlagen sind auch Gleichspannungen nötig. Hierfür werden so-
genannte **Netzgleichrichter** verwendet, die außer den erforderlichen
Wechselspannungen auch die benötigten Gleichspannungen ungesiebt
und gesiebt/geregt erzeugen. Die Geräte werden sowohl für Einzel-
montage wie auch für den Einbau in Verteilern hergestellt. Ihre Breite
beträgt bei Klingeltransformatoren meist 3 Teilungseinheiten (zu je
18 mm) und bei Netzgleichrichtern meist 6 Teilungseinheiten bzw. 11 bis
12 Teilungseinheiten bei eingebautem Verstärker (vgl. Abb. 7.3).



(Werkbild Fa. S. Siedle & Söhne)

Abb. 7.3 – Netzgleichrichter mit eingebautem Verstärker

Für Klingel- und Türsprechanlagen werden in der Regel Leiter mit 0,8 mm **Aderdurchmesser** (0,5 mm²) verwendet. Nur bei größeren Entfernungen ist es nötig, auch größere Leiterdurchmesser zu installieren. Die hierfür üblichen Leitungen sind in Tabelle 7.1 zusammengestellt.

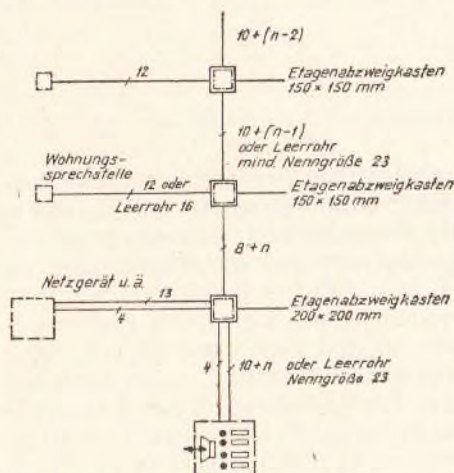
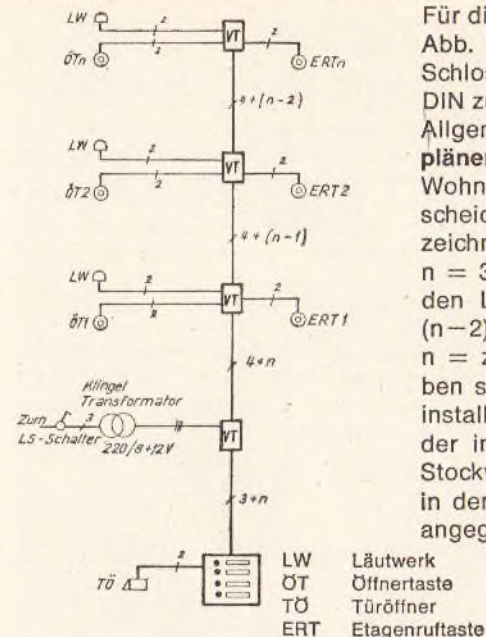


Abb. 7.4 – Vorsorgliche Rohr- und Leitungsinstallation für eine Türsprechanlage

Die Leitungszahlen beinhalten jeweils 2 Reserveadern und sind auch für Türsehanlagen ausreichend. Für Türsehanlagen muß getrennt eine Koaxialleitung von der Kamera zu den Anschlußdosen gelegt werden, außerdem sind dort Netzsteckdosen erforderlich.



**Abb. 7.5 – Übersichtsschaltplan
für eine Klingel- und Türöffneranlage**

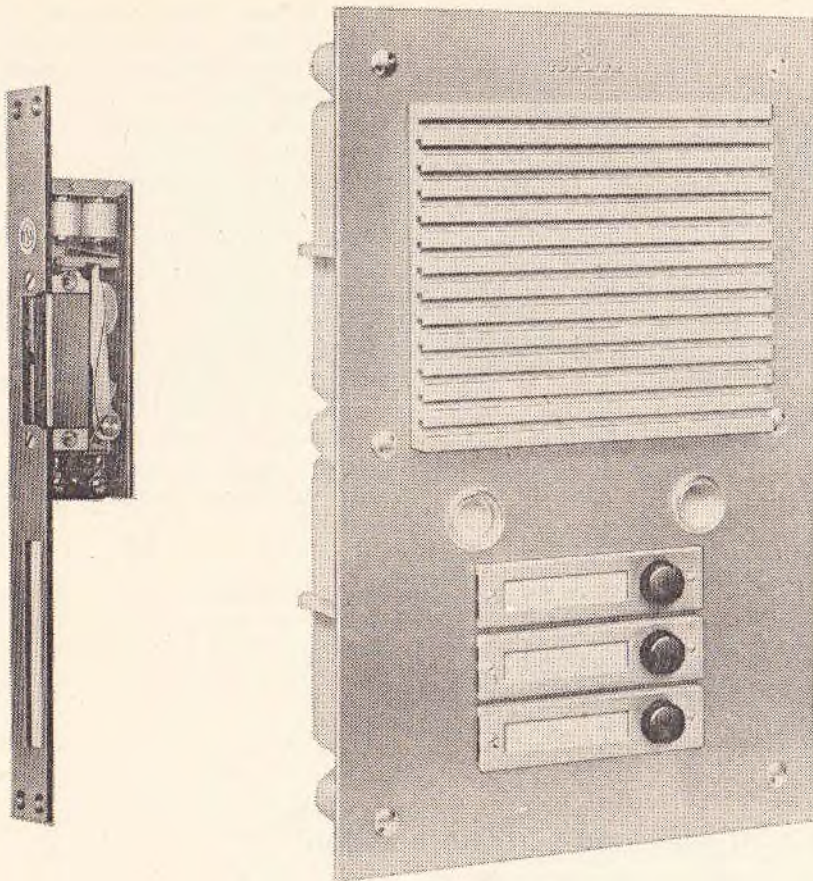
Für die Auswahl des **Türöffners** (vgl. Abb. 7.6) sind die Bauweise des Schlosses und der Türanschlag nach DIN zu beachten.

Allgemeiner Hinweis zu den Schaltplänen: Mit „n“ wird die Zahl der Wohnungen (oder der zu unterscheidenden Sprechstellen) bezeichnet, also bei 3 Wohnungen ist $n = 3$. Die Zahl der zu installierenden Leiter beträgt dann z. B. $7 + (n - 2)$, was insgesamt 8 Leiter (bei $n =$ z. B. 3) bedeutet. Diese Angaben sind in dieser Form für die zu installierende Leiterzahl, die wegen der individuellen Rufleitungen von Stockwerk zu Stockwerk abnimmt, in den Anleitungen des Herstellers angegeben.

7.2 Klingel- und Türöffneranlagen

Der Übersichtsplan für eine Klingel- und Türöffneranlage ist aus Abb. 7.5 ersichtlich. Neben dem Hauseingang sind hier **Klingeltaster** für alle Wohnungen, evtl. mit zusätzlicher Beleuchtung für die Namensschilder und zusätzlichem Taster für die Treppenhausbeleuchtung angebracht. Neben den Wohnungstüren ist jeweils ein Klingeltaster für den Etagenruf (nur hausinterne Verwendung) einzubauen. In den Wohnungen sind je eine Signaleinrichtung und eine Taste für den Türöffner zu installieren.

Sofern heute noch solche einfachen Anlagen installiert werden, ist es zweckmäßig, entweder bereits die entsprechende Adernzahl oder ein **Leerrohrsystem** zu verlegen, damit eine spätere Umrüstung auf eine Türsprechanlage ohne neue Leitungsverlegung und der damit verbundenen Beeinträchtigungen möglich ist (vgl. Abb. 7.4).



(Werkbilder Fa. S. Siedle & Söhne)

Abb. 7.6 – Türöffner und Türsprechstelle

7.3 Türsprechanlagen

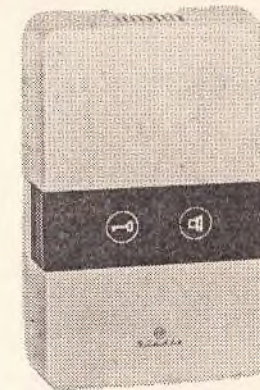
An der Eingangsstelle (Haustür oder Hoftor) wird eine **Türsprechstelle** installiert. Türsprechstellen bestehen aus einem feuchtigkeits- und kältefesten Mikrofon und einem tropenfesten Lautsprecher (vgl. Abb. 7.6). Bei hohem Geräuschpegel im Eingangsbereich kann in der Türsprechstelle auch ein Verstärker eingebaut werden, der nur die Sprechrichtung von der Wohnung zur Haustür verstärkt. Türsprechstellen werden meistens als Kombination mit Klingeltastern (und evtl. auch Lichttastern) unter einer Abdeckplatte angeboten.

Außerdem sind auch Kombinationen mit Briefkästen oder -schlitzen als Einzel- oder Einbaugeräte üblich. Mit Hilfe von zusätzlichen Steuergeräten ist auch die Schaltung **mehrerer Türsprechstellen** möglich (z. B. in Hochhäusern mit zusätzlichen Eingängen oder Tiefgarageneingang). Dabei werden die gerade am Sprechverkehr nicht teilnehmenden Türsprechstellen gesperrt. Dies ist dort durch das Aufleuchten einer „Besetzt“-Lampe ersichtlich. Durch diese Anschaltungsart ist auch sichergestellt, daß nur der Türöffner bei der am Sprechverkehr beteiligten Türsprechstelle betätigt wird.

Signalgeräte sind Läutewerk, Summer oder Gong. Häufig sind Signalgeräte in der Wohnungssprechstelle eingebaut. Soll zwischen **Etagenruf und Haustürruf** unterschieden werden, können weitere Signalgeräte in der Wohnung installiert werden. Weitere Signalgeräte sind auch erforderlich bei einer Signalisierung an mehreren Stellen. Die Anschaltung der Signalgeräte erfolgt dann über besondere Signalrelais.

7.3.1 Wechselsprech-Türöffneranlagen

Wohnungssprechstellen für Wechselsprechbetrieb werden mit fest montierten Wandlautsprechern (vgl. Abb. 7.7), wie Freisprecheinrichtungen, betrieben. Es sind in solchen Anlagen daher stets **Verstärker** erforderlich. Die **Sprechrichtung** kann nur von der Wohnungssprechstelle aus gesteuert werden. Bei besonderen Ausführungen ist jedoch auch eine sprachgesteuerte Umschaltung möglich. Eine Taste für den Türöffner und evtl. eine gesonderte Einschaltetaste sind zusätzlich angebaut. Wechselsprechanlagen gibt es als mithörgesperrte und nicht-mithörgesperrte Systeme (vgl. Abb. 7.8). Bei **mithörgesperrten** Anlagen



(Werkbild Fa. S. Siedle & Söhne)

Abb. 7.7 – Wohnungssprechstelle für Wechselsprechbetrieb

ist eine Störung oder das Mithören von anderen Sprechstellen aus schaltungstechnisch verhindert. Nichtmithörgesperrte Anlagen sind nur für kleinere Verhältnisse oder, da sie adernsparend sind, zweckmäßigerweise als Nachrüstung einzusetzen.

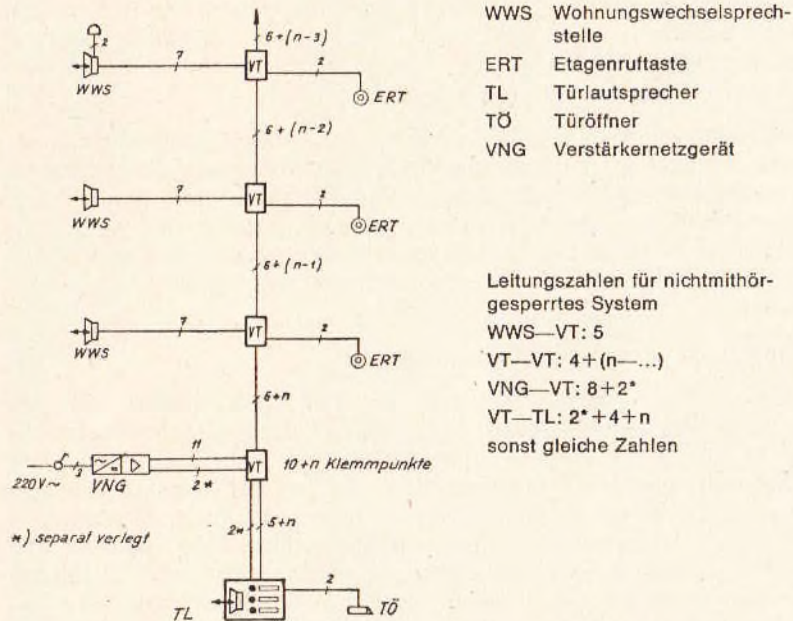


Abb. 7.8 — Übersichtsschaltplan einer Wechselsprech-Türöffneranlage, mithörgesperrt

7.3.2 Gegensprech-Türöffneranlagen

Wohnungssprechstellen für Gegensprechbetrieb sind ähnlich wie Fernsprechwandapparate aufgebaut (vgl. Abb. 7.10). Diese Geräte sind in A.-P.- und U.-P.-Ausführung erhältlich und durch Umrüstsätze auch als Tischgeräte verwendbar. Dieser Apparatyp erlaubt auch die Kombination der Türsprechanlage mit einer **Haussprechanlage**. Entsprechend viele Ruftasten werden dann in den Wandapparat eingebaut. Häufig sind auch Taster zum Einschalten der **Treppenhausebeleuchtung** vorgesehen. Die Taster sind dann aber über Stromstoßrelais mit dem Starkstromnetz zu verbinden. Auch bei Gegensprechbetrieb wird zwischen **mithörgesperrten** und nichtmithörgesperrten Anlagen unterschieden. Bei mehr als 12 Wohnungssprechstellen sind auf jeden Fall mithörgesperrte Anlagen zu bevorzugen. Die Mithörsperre wird mit einem in die Wohnungssprechstelle eingebauten Relais hergestellt.

Ein Übersichtsplan ist in Abb. 7.9 zu sehen.

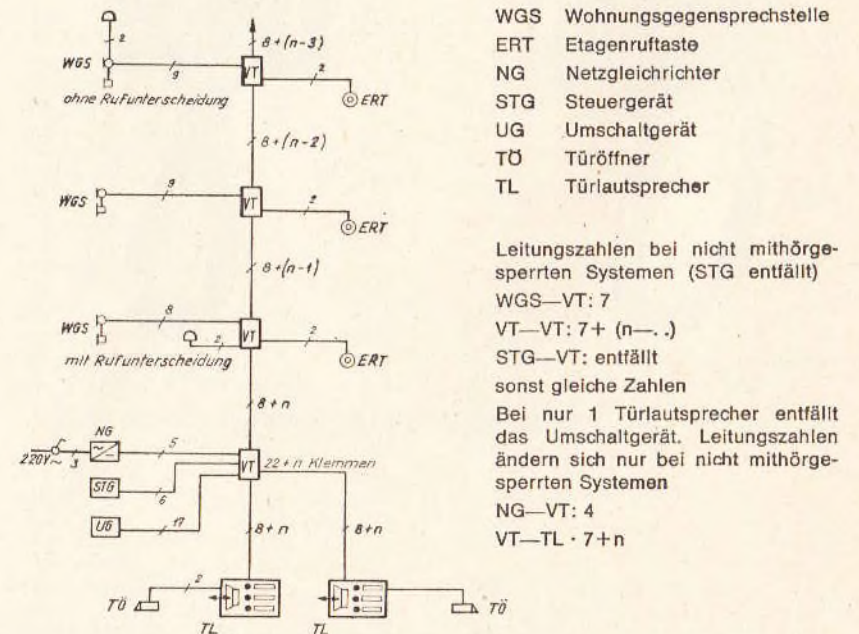
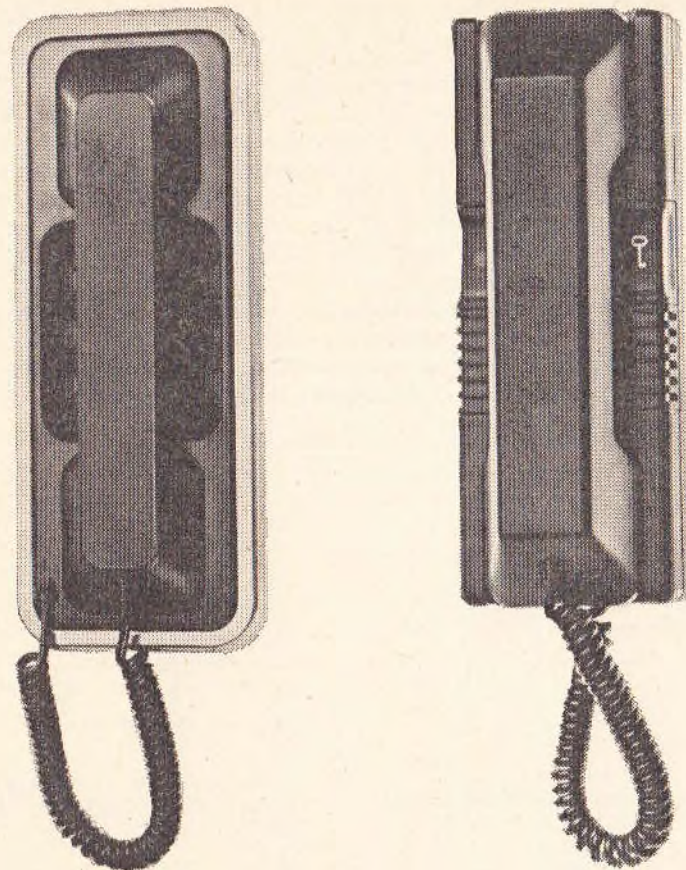


Abb. 7.9 — Übersichtsschaltplan für eine Gegensprech-Türöffneranlage, mithörgesperrt



(Werkbilder Fa. S. Siedle & Söhne)

Abb. 7.10 — Wohnungssprechstellen für Gegensprechbetrieb

Sachregister

Seite	Seite
Abdeckung	74 f.
Abdeckungen, isolierende —	250
Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten	176, 210
Ableitstrom	183
Abmanteln	83
Abquetschschutz	72
Abschaltstrom	188
Abstand	74, 77, 239, 255
Abzweigdosen	54
Aderleitungen	70, 73
—, Ein- —	68
—, Kunststoff- —	48, 70, 74, 86
—, Mehr- —	68 f.
—, Silikon- —	48
—, Sonder-Gummi- —	48
Aktive Teile	175
Alarmanlagen	256
Anerkannte Regeln der Technik	171
Anlagen im Freien	211
Anschlußmittel	61
Anschlußwerte	253
Anschnittsteuerung	277
Antennenanlagen	146, 253
Arbeiten an freigeschalteten Starkstromanlagen	248
Arbeiten an Starkstromanlagen	246 f.
Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen	246, 248
Arbeitsstättenverordnung	173
Aufbodenkanal	163 f.
Aufreihklemmen	65 f.
Aufzugsanlagen, Verordnung über die Errichtung und den Betrieb von — (AufzugsVO) ..	172
Ausbreitungswiderstand	176
Ausschaltung	92 f.
Außenkabel	239
Außenleiter	12, 15 ff., 45, 174
Außenleiter-Mittelleiter-spannung	12 ff.
Außenleiterspannung	12 ff.
Außenleiterströme	12, 14
Außenleuchten	273
Aussparungen	75 f.
Auswechseln	
— des Sicherungseinsatzes	120
— von NH-Sicherungen	251
Back-up-Schutz	126
Badeeinrichtung, bewegliche — ..	87
Baderäume und Duschecken	84 f., 211
Baustellen	179
Belastbarkeit	76, 109 ff., 128
Belastungsgebirge	9
Belastungsschwerpunkt	158
Beleuchtungsstärke	269 f.
Beleuchtungsstrom- kreise	117, 281, 283
Berührungsschutz	120
Berührungsspannung	73, 180 ff.
Beton-Kuppeltrichter	55
—-Schalterdose	55
Betriebsisolierung	80
Betriebsklassen	119
Betriebsmittel	31
—, elektrische —	31, 174, 238
—, Kennzeichnung der Art des — ..	31
—, ortsfeste —	71
Betriebsschutzterdung	243
Betriebsstätten	209
—, abgeschlossene elek- trische —	176, 210
—, elektrische —	176, 209
—, explosionsgefähr- dete —	49, 80, 179
—, feuergefährdete —	49, 80, 177
—, landwirtschaftliche —	80, 179
Bewertungsblätter	252
Biegestellen	82
Blendung	270
Blitzschutzanlage	146, 238, 257
Blitzschutzterdung	242
BSE-Leiter	243
Bündelung	79
CEE-Kragensteckvorrich- tung	138, 206 f.
CEE-Steckvorrichtungen ..	169 f., 206
Dachständerhausanschlüsse ..	146
Dachständerrohr	146
Darstellung	
—, allpolig	33
—, aufgelöste —	33 ff.
—, zusammenhängende — ..	31 ff.
Dauerbelastung	108 ff.

Seite	Seite
Deckenauslässe	79
Deckenbekleidungen	76
Deutsches Verbundnetz	19
Dichtungsstelle	83
Dimmer	94, 278
Dimmerschaltung	92 f.
Dose	54 ff., 59 f., 69 f., 76 f., 255 f.
—, Deckel der —	60
—, verdrahtete —	60
Drehfeld	17
Drehstromanschlüsse	77
Drehstromanschlußstellen	138
Drehstromerzeugung	11
Drehstromschütz	133
Dreieckschaltung	14 f.
D-System	120 f.
DO-System	120 ff.
Duschecken	84 f.
 Einaderleitungen	68
Einbauschalter	137
Ersatz von Lampen	285
Einzelerdung	242
Einzelplatzbeleuchtung	289
Elektrische Betriebsmittel 31, 174, 238	
Elektrische Betriebsstätten	176, 209
Elektrische Verbrauchsmittel	174
Elektrizitätsverbrauch	9
Energiewirtschaftsgesetz	171
Erden	176
Erder	176
Erdschluß-Brandschutz	177
Erdungen	226
Erdungsanlage	176, 229 f., 242 ff.
Erdungsleitung	229, 255
Erdungswiderstand	176, 242
Erdungswiderstandsmessung	119 f.
Ersatz-Ableitstrommessung	234 f.
Ersatzbeleuchtung	283, 285
Erwärmung	107
Explosionsgefährdete Betriebs- stätten	80, 179
Explosionsgeschützte Verteiler	143
 Fachkraft	195, 212, 233, 241, 246 f.
Farben der	
— Außenmäntel von Kabeln	47
— Kennmelder und Paßeinsätze	121
— Außenhülle (Mantel)	54
Farbkennzeichnung	45
—, grüngelbe —	44
—, hellblaue —	46
—, der Leitungsadern	45

Fehlerspannung	180
Fehlerspannung, Messung der —	223 ff.
Fehlerspannungs-Schutz- schaltung	196 f., 202
Fehlerstrom	223 ff.
Fehlerstrom-Schutz- schaltung	197 f., 202 f., 244
Fensterbankkanal	163
Fernmeldeanlagen	74, 237, 244
Fernmeldebau- ordnung	173, 176, 240, 242
Fernmelde-Betriebserdung	239
Fernmeldedosen	255
Fernmeldeerder	242
Fernschalter, Stromstoß- —	137
Fernsprechanlage	255 f.
Festigkeit, mechanische —	88
Feuchte und nasse Räume 49, 89, 169, 176 f., 210 f., 248	
Feuchtraumleitung	80 ff., 211
Feuergefährdete — Betriebsstätten	49, 80, 177
— Räume	178
Flimmereffekt	271
Freileitungshausanschlüsse	143, 150
Freischalten	247
Fundamenterder	226 ff., 257
Funktion, Prüfung der —	224 f.
 Garagenverordnung	172
Gefahrenbeleuchtung	283
Gefahrenschalter	179, 266
Gegensprech-Türöffneranlagen	297
Gehörschutz	240
Gemeinschaftsanlagen	253
Geräteabzweigdosen	55
Geräte, Anschlußleitungen ortveränderlicher —	71
Gerätedosen	54
Geräteverbindungs-dosen	54
Gesetz über technische Arbeits- mittel (Maschinenschutzgesetz)	172
Gewerbeordnung	172
Gipskartonplatten	76, 78
Gips-Wandbauplatten	76
Glühlampen	271 ff., 276
Grenztemperatur	107
Gruppenschaltung	93
Gummischlauchleitung	41 ff., 50
Gußverteilung	142 f.
 Handbereich	66
Harmonisierte Leitungen	42

Hauptleitung	149 f., 152
Hauptleitungsabzweig	149 f.
Hauptleitungsabzweigklemmen	65
Hausanschluß	143 ff., 147, 149
Hausanschlusses, Größe des —	147
Hausanschluß- kasten	24, 143 ff., 147, 173
Hausanschlußleitung	143 f.
Hausanschlußmuffe	24
Hausanschlußraum	143 ff., 152, 266
Hausanschlußsicherungen	143, 158
Hausinstallationen	36
Hausprechanlage	256, 290 f., 297
Heißwasserrohr	77
Heizrohrleitungen	226
Heizungsfernswitch	138
Heizungsrohre	77
Heizungsschutz	134
Hilfsschutz	134
Hilfsstromkreise	69
Hochdruckentladungslampen	271
Hochspannung	18
Höchstspannung	18
Hohlblockstein	75
Hohlwanddose	55
 Installationsgeräte	166
—, Auf-Putz- —	168
—, Unter-Putz- —	166 f.
Installationskanäle	160, 162 f.
—, Unterflur- —	160, 163
Installationsplan	35 f., 257
—, einpolig	35
Installationsrohre	72
Installationsschalter	28, 92, 136 f.
Installationsschutz	134
Instandsetzung von Leuchten	285
Isolationsfehler	73
Isolationsmessung	215 ff., 234
Isolationswiderstand	215 f., 234
Isolierstoffrohre	73 f.
Isolierstoffverteilungen	141
 Kabel	38, 52, 74 f.
Kabelhausanschlüsse	143
Kabelkanalanlagen	70
Kabelpörschen	160 f.
Kabelrinnen	160 f.
Kabelträger	160, 162
Kabelverteilerschrank	22
Kästen	69
Kennmelder	121

Kennzeichnung	
— der Leiter	175
—, farbliche —	44, 46
—, grüngelbe —	44, 147
—, hellblaue —	46
—, mehrfarbige —	44
— von isolierten Starkstrom- leitungen	40
Kleinverteilung	141
Klemmen	55 ff., 101
—, Leuchten- —	69
—, Lüster- —	69
—, Geräte- —	69
Klemmbereich	61
Klemmraumeinheit	55
Klingelanlage	256, 290, 293
Klingeltransformatoren	291
Knicken der Leitungen	72
Kompensationskondensator	274 f.
Kontrolllicht	92, 95
Korrosion	75
Korrosionsschäden	243
Körper	175
Kragensteckvorrichtungen	138
—, CEE- —	206 f.
Kreuzschaltung	96 f.
Kreuzungen	70
Kunststoff- Aderleitungen	48, 70, 74, 86
Kunststoffrohr	165
Kunststoff-Kleinverteilungen	141
Kurzschlußschutz	107, 115 ff.
Kurzschlußstrom	115 f., 222 f.
 Lampen	270 ff., 274
—, Ersatz von —	285
Lampenfassungen	209
Landwirtschaftliche Betriebs- stätten	80, 179
Lastschalter	136
Lautsprecherleitungen	256
Leerdosen	252, 256
Leerrohr	149 f., 255
Leerrohrsystem	256 f., 293
Leerschalter	136
Leiter	47, 174
—, Anzahl der zu verbin- denden —	55 f., 60 ff.
—, blanke ungeerdete —	70
—, einzelne —	69
—, grüngelbe —	46
Leiterlänge	60

	Seite
Leitungen	38 f., 41 ff., 50, 54
–, bewegliche –	70 ff., 89
–, harmonisierte –	38 f., 42 f.
–, Verlegung von –	66
–, für feste Verlegung –	48
Leitungsadern	69
Leitungsanhäufungen	110
Leitungsführung	67, 253, 255
Leitungslänge	91
Leitungsnetz	173
Leitungsschutzschalter	110
Leitungsschutzsicherungen	110
Leitungstemperatur	88
Leitungs- und Kabelträger	160, 162
Leistungsselbstschalter	124, 130, 136
Leuchtdichte	270
Leuchten	29, 270 f., 279 ff.
–, Instandsetzung von –	285
–, Anschluß schutzisolierter –	100
– Klemmen	69
Leuchtenwirkungsgrad	270
Leuchtstofflampen	271 ff., 276
Lichtfarbe	271 f.
Lichtsteuerung	276
Lichtströme	268
Lichtverteilung	283 f.
Lochsteine	75
LS-Schalter	124, 158
Luftschächte	77
Lüster-Klemme	69
Mantels, Entfernung des –	83
Mantelleitungen	48, 80
Maschennetz	21
Maßnahmen zum Schutz	
– bei indirektem Berühren	183
– gegen direktes Berühren	183
Mehradritleitungen	68
Meßeinrichtung	151
Mindestabstand	70, 111
Mindestbiegeradius	74
Mindestquerschnitte	89, 189
Mithörgesperrte Anlagen	295, 297
Mittel-	
leiter 45 ff., 68, 117, 129, 142, 147, 174	
Mittelspannung	18
Mittelspannungsanlagen	20
Mittelspannungsnetze	20
Montage von Leuchten	281
Montagewände	76
Motoren	136, 178
Motorschalter	136
Motorschutzrelais	132, 134
Motorschutzschalter	130 f., 178

	Seite
Näherungen	70
Nennfrequenz	175
Nennleistung	175
Nennquerschnittsbereich	61
Nennspannung	175
Nennstrom	175
Netzgleichrichter	291
Netzstation	22
NH-System	123
Niederspannung	18
Not- und Panikbeleuchtung	283
Nulleiter	44 ff., 68, 174
Nullung	45, 189, 202
– mit besonderem Schutz-	
leiter	190, 203
– ohne besonderen Schutzleiter	190
Original-Ersatzteile	233
Panikbeleuchtung	283
Paßeinsatz	119 ff.
Perilex-Steckvorrichtungen	169, 208
Personenschutzschalter	129
Persönliche Schutzausrüstung	250
Phasenausfallschutzeinrichtung	132
Planungsgrundsätze	252
Potentialausgleich(s)	87, 176, 178, 226 ff., 240, 243
–, Prüfung des –	232
Potentialausgleichsleitung	87
Potentialausgleichs-	
schiene	64, 230 f., 253
Prüfstrom	111, 121, 125
Prüffristen	213
Prüfung	
– der Motorschutzeinrichtung	133
– der Schutzmaßnahmen	211
Quecksilberdampf-	
Hochdrucklampen	273
Rapid-Start-Schaltung	275
Raumarten	80
Räume	
–, feuchte –	49, 89, 169, 176 f., 210 f., 248
–, nasse –	49, 89, 169, 176 f., 210 f., 248
–, trockene –	167 f.
Reflexblendung	271
Reihenklemmen	65
Ringnetz	21
Rohrarten	73

	Seite
Rohre	68, 80, 164 f.
Rohrdrähte	48, 70, 80
Rohrinstallation	73
Schalter	28, 135
Schalterdosen	76
Schaltherhöhe	67
Schaltgeräte	27 f.
Schaltpläne	25, 293
Schaltuhren	135
Schaltungen	
– mit Installationsschalter	92
– mit Starter	274
– ohne Starter	275
– von Leuchtstofflampen	272
Schaltvermögen	116 f., 136
Schaltzeichen	25 ff.
Schattenarm	271
Schelle	81
Schellenabstand	75, 82
Schleifenwiderstand(s)	176, 222
–, Messung des –	221 f.
Schmelzsicherung	117
Schornsteinmauerwerk	76
Schraubenlose Klemmen	61 ff.
Schraubklemmen	63
Schrittspannung	182
Schutz	
– bei indirektem Berühren	183
– des Mittelleiters	117
– gegen direktes Berühren	183
Schutzart	66, 135, 141, 282
Schutzausrüstung, persönliche –	250
Schutzbereich	84 ff., 176
Schütze	133 f.
Schutzerdung	187, 202
Schutz gegen Überspannung	203
Schutzisolierung	184, 201
Schutzklasse	279 f.
Schutzkleinspannung	69, 185 f., 201
Schutzkontakt-	
Steckvorrichtungen	208
Schutzleiter	44 ff., 142, 174, 184
–, grün gelber –	44
Schutzleitungssystem	195 f., 202
Schutzmaßnahmen	174, 183
– mit Schutzleiter	195
– ohne Schutzleiter	192
Schutzrohr	74
Schutzschalter	118, 124 ff., 188
Schutztrennung	186 f., 201
– mit Potentialausgleich	187
Selektivität	124 f.

	Seite
Serienschaltung	93
Sicherheitsbeleuchtung	283
Sicherheitsbestimmungen	247
Sicherungen	118 ff.
Sicherungseinsatz	119 ff.
Sicherungssysteme	119
Signalgeräte	295
Sockelleistenkanäle	163
Spannungsfall	88, 90 f., 150 f.
–, zulässiger –	88
Spannungsfreiheit	216, 249
Spannungsmessung	215
Spannungssteuerung	276
Sprühbereich	84 ff.
Stahlblechverteilung	139 f.
Stahlpanzerrohr	165
Stammleitung	253
Standortisolierung	184
Starkstromanlagen	173
Städtisches Verteilnetz	20
Steckdosenhöhe	67
Steckdosenstromkreise	118
Steckvorrichtungen	138, 169 f., 208 f.
Stegleitung	48, 77 ff.
–, Bündelung von –	79
Stemmarbeiten	75
Stern-Dreieck-Schaltung	15
Sternschaltung	12 f.
Steuergeräte	151 ff.
Steuerleitungen	159
Steuerstromsicherung	134
Stichleitung	255
Stopfbuchsenverschraubungen	83
Strahlennetz	21
Strahler	273
Strangströme	12
Strichstärke, unterschiedliche	25
Strombelastbarkeit	88
Stromkreis	67 ff., 142, 191
– mit Steckdosen	283
Stromkreisverteiler	158
Stromlaufplan	
–, allpolig	31
– (aufgelöste Darstellung)	33 f.
– (zusammenhängende	
Darstellung)	31 ff., 92
Stromsteuerung	277
Stromstoßfahrschalter	137
Stromstoßschaltung	97 f.
Stromversorgung	239, 241
Summen-Stromwandlung	199
Tagesbelastungskurve	9

Seite

Technische Anschlußbedingungen	173
Temperaturfühler	132
Trennschalter	136
Trenntransformator	186
Treppenlichtschaltung	98 f.
Treppenlichtzeitschalter	138
Türöffneranlage	256, 290
Türsprechanlage .. 256, 263, 266, 290 ff., 294	
Türsprechstelle	265, 294 f.
Typenkurzzeichen	39, 43

Überlastschutz	107, 109
Übersichtsschaltplan	37 f.
Überspannungsableiter	205, 240
Überstromrelais	135
Überstromschutzorgane 107 f., 174, 209	
Umgebungstemperaturen 109 ff.	
Unfallverhütungsvorschrift (UVV) 172	
Unterflur-Installationskanäle ... 164	
Unterhaltung von Beleuchtungsanlagen	285
Unterrichtete Personen .. 241, 246 f.	
Unverwechselbarkeit	120

VDE	171
VDE-Bestimmungen	171 ff.
– 0100	173, 227
– 0100g	211 f.
– 0105	245 f.
– 0190	226
– 0701	233
– 0800	236
VDE-Kennfaden	38
VDE-Kennzeichen	39
Verbindung	62, 69
Verbindungsdose	54 ff., 76 f.
–, Höhe der –	67
Verbindungsmaterial	54
Verbindungsmittel	61, 174
–, elektrische –	174

Seite

Verbindungsplan	36 f.
Verbraucheranlagen	227 f.
Verlegung von Leitungen	66
Verlustwärme	128
Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen	172
Versamlungsstättenverordnung 172	
Verstärker	253, 295
Verteilungen	139
Vierleiterzähler	151
Vorrangschalter	138
Vorsatzschalen	76

Wand	75
Wandhausanschluß	145
Wandauslaßdose	54 f., 69 f.
Warenhausverordnung .. 172 f.	
Wasserverbrauchsleitungen .. 172 f.	
Wärmegeräte	178
Wechselschaltung	94 f.
Wechselsprech-Türöffneranlage	295 f.
Wechselstromzähler	151
Wertung der Schutzmaßnahmen 201	
Widerstandsmeßverfahren ... 218 f.	
Wiedereinschalten	249
Wohnraumkennziffer – - Elektroinstallation	252
Wohnungssprechstelle	295
Würgenippel	83

Zähler	151 ff., 157
Zählernische	152
Zählerplatz	152 ff., 252
Zählerschränke	153 ff.
Zählertafel	157
Zählerverdrahtung	150 f.
Zeitrelais	135
Zugentlastung	72
Zukunftssicherheit	252
Zusammenfassung der Leiter von Stromkreisen	68

Band 5

– Werkstoffbearbeitung

Werk- und Hilfsstoffe – Werkstoffbearbeitung – Technisches Zeichnen – Arbeitsschutz und Unfallverhütung – Umgang mit Tabellenbüchern

● **Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band 5**

Band 6

– Fernsprechapparate – Fernsprechentstörung – Nebenstellenanlagen (mit Beiheft)

Fernsprechapparate – Zusatzeinrichtungen – Fernsprechentstörung – Aufbau und Bedienung des HVT und des Schaltfeldes – Wählnebenstellenanlagen und Reihenanlagen

● **Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band 6**

Band 7

– Linientechnik (2 Teile)

Zweck und Aufbau der Bauteile im Ortsanschlußnetz – Kabelkanalanlage – Fernmeldekabel – Einziehen von Röhrenkabeln – Auslegen von Erdkabeln – Kabelmontagearbeiten – Druckluftüberwachung von Ortskabeln – Schutz gegen Korrosion – Linienunterlagen für Ortsnetze – Auskundung – Bau oberirdischer Ortsanschlußlinien – Bau oberirdischer Kabelanlagen – Instandhalten oberirdischer Linien – Arbeiten an Endstelleneinrichtungen – Fernmeldezeug für Endstellenleitungen – Bauauftrag für Fernsprechhauptanschlüsse und für andere Endstellen – Erdungsanlagen – Schutz gegen Überspannungen

● **Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band 7**

Band 8

– Grundlagen der Vermittlungstechnik (mit Beiheft)

Grundlagen der Vermittlungstechnik – Schaltglieder der Vermittlungstechnik – Ortswählsysteme – Selbstwählferndienst – Gliederung und Aufgaben des Unterhaltungsdienstes in Fernsprech-Vermittlungsstellen

● **Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band 8**

Band 9

– Übertragungstechnik

Elektroakustik – Leitungstechnik – Niederfrequenz-Verstärkertechnik – Trägerfrequenztechnik – Fernschreib- und Datenübertragungstechnik – PCM-Technik

● **Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band 9**

Band 10

– Grundlagen der Schaltungs- und Meßtechnik

Anschluß- und Verbindungstechniken – Bauelemente, Bauteile – Grundlagen der Schaltungstechnik – Niederspannungsnetz, Schutzmaßnahmen und Installationen, VDE-Bestimmungen – Grundsätzliches über Messen und Prüfen

● **Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band 10**

– Weitere Lehrbücher siehe 2. und 4. Umschlagseite –

Band 11

– **Elektro-Installation**

Energieversorgung – Starkstrom-Installationstechnik – Installations-systeme – VDE-Bestimmungen – Planungsbeispiele – Beleuchtungs-anlagen – Klingel- und Türöffneranlagen

● **Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band 11**

Die Bände werden noch durch den **Sonderband „Grundlagen der Elektronik (mit Repetitor)“** ergänzt, der beim Institut zur Entwicklung moderner Unterrichtsmedien e.V., Bahnhofstraße 10, 2800 Bremen 1 bestellt werden kann. Der Band ist wie folgt ge-gliedert:

Sonderband – Grundlagen der Elektronik

Meßtechnik – Halbleiter – Halbleiterdioden – Transistoren – Mehr-schichtbleiter-Bauelemente – Elektronenröhren – RC-Schaltungen – Kippglieder – Verknüpfungsglieder – Integrierte Schaltungen

● **Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band „Grundlagen der Elektronik“**

Allgemeines Prüfungswissen (2 Teile)

(für die Kräfte des BF-, BfT- und BPT-Dienstes)

● **Repetitor zur Lernerfolgskontrolle für den Band „Allgemeines Prü-fungswissen“**

**Wichtig zur Vorbereitung
auf Eignungsfeststellungen und Prüfungen**

Deutschlehre
(mit Beiheft)

Rechtschreibung – Wortlehre – Satzlehre – Zeichensetzung – Stil- und Aufsatzkunde – Übungsaufgaben – Übungsdictate – Lösungen

Rechenlehre

Rechnen – Raumlehre – Sortenverwandlung – Übungs-aufgaben – Angewandte Aufgaben – Lösungsheft

Die Lehrbücher können bestellt werden bei:

Deutsche Postgewerkschaft – Hauptvorstand – Verlag

Rhonestraße 2 – 6000 Frankfurt 71