

Handbuch für Fernmeldehandwerker

Band 6

Elektroinstallation

Handbuch für Fermmeldehandwerker

Bl. v. S. 2
" " D. Stader
" " Schatten Lampe

S. v. S. 2
" " Rel.
" " n. S.
" " schiller

S. v. L.
B. v. P. Sch.
B. v. Rel

Band 6

388.45247
8
18
16
2,8

Elektroinstallation

1. Auflage (Stand: Frühjahr 1981)

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

Handbuch für Fernmeldehandwerker

9 empfehlenswerte Lehrbücher

- Band 1** — Grundlagen der Physik und der Mathematik (mit Beiheft)
- Bände 2a/2b** — Schalt- und Montagearbeiten (mit Beiheft)
- Band 3a** — Linientechnik — Kabelmontage, ober- und unterirdischer Fernmeldebau
- Band 3b** — Linientechnik — Sprechstellenbau
- Band 4** — Fernsprechentstörung
- Band 5** — Vermittlungstechnik (mit Beiheft)
- Band 6** — Elektroinstallation
- Band 7** — Allgemeine Berufskunde — Politische Bildung

Handbuch der Fernmeldetechnik — Grundreihe —

Grundlagen der Elektrotechnik

Grundlagen der Gleichstromlehre — Elektrisches Feld — Magnetisches Feld — Schaltvorgänge im Gleichstromkreis — Grundlagen der Wechselstromlehre — Meßtechnik

Werkstoffbearbeitung

Manuelle und maschinelle Werkstoffbearbeitung — Wärmebehandlung — Verbindungstechniken — Werk- und Hilfsstoffe — Technisches Zeichnen — Umgang mit Tabellen- und Handbüchern — Arbeitsschutz und Unfallverhütung

Bestellungen an:

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

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Energieversorgung	
1.1 Drehstromerzeugung	12
1.1.1 Sternschaltung	13
1.1.2 Dreieckschaltung	14
1.1.3 Kenngrößen	15
1.2 Drehstromversorgungsnetze	16
1.2.1 Nennspannungen und Energieübertragung	16
1.2.2 Hochspannungsnetze	17
1.2.3 Mittelspannungsnetze	18
1.2.4 Niederspannungsnetze	18
1.2.5 Vierleitersystem	21
Zur Lernerfolgssicherung	22
2 Gefahren durch elektrischen Strom	
2.1 Gefährdung des Menschen durch elektrischen Strom	23
2.2 Wirkungen des elektrischen Stroms auf Sachen	27
Zur Lernerfolgssicherung	28
3 Grundregeln beim Umgang mit Starkstrom	
3.1 Bedeutung der VDE-Bestimmungen (Gesetze, Verordnungen und Verfügungen, die auf die VDE-Bestimmungen verweisen)	29
3.2 VDE-Bestimmungen 0100 Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V	31
3.2.1 Begriffserklärungen	31
3.2.2 Schutzmaßnahmen	40
3.2.3 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel	60
3.2.4 Leuchten und Beleuchtungsanlagen	64
3.2.5 Prüfung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren und Abnahme elektrischer Anlagen	64
3.2.6 Zusatzbestimmungen für Betriebsstätten und Räume sowie Anlagen besonderer Art	76
Zur Lernerfolgssicherung	78

3.3 VDE-Bestimmungen 0105	Seite
Bestimmungen für den Betrieb von Starkstromanlagen	79
3.3.1 Betrieb von Starkstromanlagen	79
3.3.2 Erhalten des ordnungsgemäßen Zustandes	82
3.3.3 Herstellen und Sicherstellen des spannungsfreien Zustandes vor Arbeitsbeginn und Freigabe zur Arbeit	83
3.3.4 Unterspannungsetzen nach beendeter Arbeit	85
3.3.5 Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen	85
3.3.6 Persönliche Schutzausrüstung	85
Zur Lernerfolgssicherung	87
3.4 VDE-Bestimmungen 0190	88
Bestimmungen für das Einbeziehen von Rohrleitungen in Schutzmaßnahmen von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V	
3.4.1 Gültigkeit	88
3.4.2 Erdungen	88
3.4.3 Potentialausgleich	89
3.4.4 Ausführung von Erdungs- und Potentialausgleichsleitungen	92
3.4.5 Prüfung und Überwachung	93
3.5 VDE-Bestimmungen 0800	94
Bestimmungen für Errichtung und Betrieb von Fernmeldeanlagen einschließlich Informationsverarbeitungsanlagen	
3.5.1 Teil 1: Allgemeine Bestimmungen	94
3.5.2 Teil 2: Erdung und Potentialausgleich	99
Zur Lernerfolgssicherung	103
3.6 Schutzarten elektrischer Betriebsmittel	104
Zur Lernerfolgssicherung	106
4 Installationsmaterial, Installations- und Schaltgeräte	
4.1 Installationsmaterial	107
4.1.1 Leitungen und Kabel	107
4.1.2 Verbindungsmaterial	120
4.1.3 Befestigungsmaterial	131
Zur Lernerfolgssicherung	132

4.2 Installations- und Schaltgeräte	Seite
4.2.1 Unter-Putz-Installationsgeräte	133
4.2.2 Auf-Putz-Installationsgeräte	135
4.2.3 Steckvorrichtungen	136
4.2.4 Überstromschutzorgane	137
4.2.5 Überstrom- und Zeitrelais, Schaltuhren, Einbauschalter in Verteilungen	138
4.2.6 Motorschutzschalter	139
4.2.7 Schütze	140
4.2.8 Verteilungen	142
Zur Lernerfolgssicherung	145
5 Starkstrom-Installationstechnik	
5.1 Schaltungsunterlagen	146
5.1.1 Schaltzeichen nach DIN	146
5.1.2 Einteilung der Schaltungsunterlagen	152
Zur Lernerfolgssicherung	160
5.2 Rohrleitung, Stegleitung, Mantelleitung und Leitungen in Installationskanälen verlegen	161
5.2.1 Richtlinien und Verlegungsbestimmungen	161
5.2.2 Rohrleitung verlegen	170
5.2.3 Stegleitung verlegen	172
5.2.4 Mantelleitung verlegen	175
5.2.5 Leitungen in Installationskanälen verlegen	176
Zur Lernerfolgssicherung	179
5.3 Schutzkontaktsteckdosen installieren	180
5.3.1 Allgemeine Hinweise	180
5.3.2 Schutzkontaktsteckdosenschaltung	181
5.3.3 Installationspraxis	182
Zur Lernerfolgssicherung	183
5.4 Leuchten und Schalter installieren	184
5.4.1 Allgemeine Hinweise	184
5.4.2 Ausschaltung	184
5.4.3 Serienschaltung	185

	Seite
5.4.4 Wechselschaltung	185
5.4.5 Kreuzschaltung	187
5.4.6 Installationspraxis	189
5.4.7 Praktisches Beispiel einer Wohnrauminstallation	190
Zur Lernerfolgssicherung	196
5.5 Stromstoßschaltung installieren	197
5.5.1 Allgemeine Hinweise	197
5.5.2 Stromstoßschalter	197
5.5.3 Schaltungsunterlage	197
5.5.4 Installationspraxis	198
Zur Lernerfolgssicherung	199
5.6 Treppenhausbeleuchtungsanlage installieren	200
5.6.1 Allgemeine Hinweise	200
5.6.2 Treppenlichtautomat, Schaltuhr	200
5.6.3 Schaltungsunterlage	201
5.6.4 Installationspraxis	201
Zur Lernerfolgssicherung	202
5.7 Klingel-, Türöffner- und Haussprechanlagen installieren	203
5.7.1 Allgemeine Hinweise	203
5.7.2 Leitungen und Geräte	204
5.7.3 Klingel- und Türöffneranlagen	206
5.7.4 Haussprechanlagen	207
Zur Lernerfolgssicherung	211
5.8 Unterverteilung an eine Hauptverteilung anschließen	212
5.8.1 Allgemeine Hinweise	212
5.8.2 Stromkreisverteiler	214
5.8.3 Hausanschluß	215
5.8.4 Hausanschlußarten	215
5.8.5 Hausanschlußkästen	219
5.8.6 Hauptleitung und Hauptleitungsabzweig	220
5.8.7 Meßeinrichtungen (Zähler) und Steuergeräte	221
5.8.8 Schaltungsunterlage	226
5.8.9 Installationspraxis	227
Zur Lernerfolgssicherung	229

	Seite
5.9 Vierleiterzählerplatz beschalten	230
5.9.1 Allgemeine Hinweise	230
5.9.2 Anforderungen an Zählerplatz und Meßeinrichtung	230
5.9.3 Schaltungsunterlagen	231
5.9.4 Installationspraxis	233
Zur Lernerfolgssicherung	234
5.10 Wechselstromzählerplatz beschalten	235
5.10.1 Allgemeine Hinweise	235
5.10.2 Schaltungsunterlage	235
5.10.3 Installationspraxis	235
Zur Lernerfolgssicherung	236
5.11 Starkstromanlage mit der Schutzmaßnahme Nullung auf Fehlerstrom-Schutzschaltung umstellen	237
5.11.1 Allgemeine Hinweise	237
5.11.2 Fehlerstrom-Schutzschalter	237
5.11.3 Schaltungsunterlage	239
5.11.4 Wirkungsweise	240
5.11.5 Installationspraxis	240
Zur Lernerfolgssicherung	241
5.12 Drehstromsteckdosen installieren	242
5.12.1 Allgemeine Hinweise	242
5.12.2 Perilex-Steckvorrichtung	242
5.12.3 CEE-Kragensteckvorrichtung	243
5.12.4 Drehstromsteckdosenschaltung	246
5.12.5 Installationspraxis	247
Zur Lernerfolgssicherung	248
5.13 Elektrische Anlagen in feuchten Räumen installieren	249
5.13.1 Allgemeine Hinweise	249
5.13.2 Feuchtraumleitungen	249
5.13.3 Zubehör	250
5.13.4 Schaltungsunterlage	252
5.13.5 Installationspraxis	252
Zur Lernerfolgssicherung	255

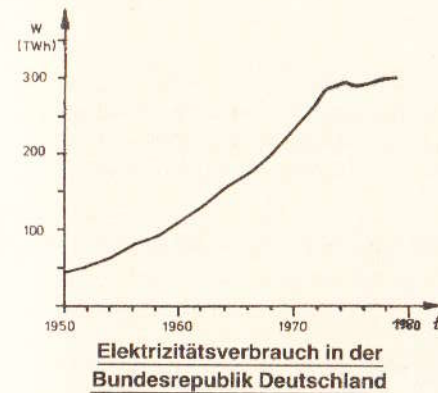
	Seite
5.14 Überstromschutzorgane	256
5.14.1 Dimensionierung	256
5.14.2 Arten der Überstromschutzorgane	264
Zur Lernerfolgssicherung	277
5.15 Kenntnisse über Lichtquellen	278
5.15.1 Einführung in die Lichttechnik	278
5.15.2 Lichterzeugung	281
5.15.3 Glühlampen	282
5.15.4 Gasentladungslampen	284
5.15.5 Leuchten	296
Zur Lernerfolgssicherung	297
6 Planungsbeispiel für eine Wohnung	
6.1 Planungsgrundsätze	298
6.1.1 Grundsätze zur Planung von Starkstromanlagen	298
6.1.2 Grundsätze zur Planung von Antennenanlagen	299
6.1.3 Planung der Fernsprechanlage	302
6.1.4 Klingel-, Türöffner- und Haussprechanlage	303
6.1.5 Blitzschutzanlagen	303
6.1.6 Vorgehensweise bei der Elektroplanung	303
6.2 Planung eines Musterbeispiels	304
6.2.1 Erdgeschoß	306
6.2.2 Obergeschoß	312
6.2.3 Untergeschoß	312
6.2.4 Versorgung	313

Anhang

	Seite
1 Ausführen von Starkstrominstallationen	
1.1 Verlegen von Leitungen 3 x 1,5 mm ²	316
1.2 Starkstrominstallationsarbeiten mit Leitungen 3 x 1,5 mm ²	320
1.3 Anschließen von Elektrogeräten mit Leitungen 3 x 1,5 mm ²	325
2 Übungen an Starkstromanlagen	
2.1 Farbkennzeichnung	326
2.2 Tabellen und Kennlinien	326
2.3 Prüfgeräte	327
2.4 Schutzschalter	328
2.5 Starkstromanlagen mit Schutzmaßnahmen nach §§ 7 bis 14 VDE 0100/5.73 (neu 0100 Teil 410)	329
2.6 Schutzerdung	330
2.7 Nullung	332
2.8 Nullung mit besonderem Schutzleiter	336
2.9 Fehlerstrom-Schutzschaltung	339
Sachregister	341

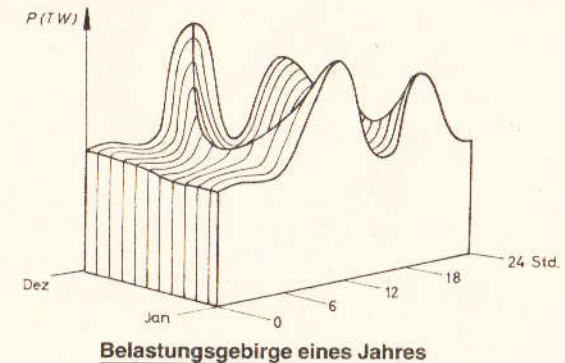
1 Energieversorgung

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 in den letzten 30 Jahren um mehr als das Achtfache. Die Nachfrage an elektrischer Energie schwankt innerhalb eines Tages beträchtlich. In den Wintermonaten ist der Elektrizitätsbedarf deutlich höher als im Sommer.

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



Die beiden größten Energieverbrauchergruppen sind die Industrie mit fast 45 % und die privaten Haushalte mit rund 35 % des gesamten Energiebedarfs. Die restlichen Verbrauchergruppen bilden Gewerbe, Landwirtschaft, öffentliche Beleuchtung usw.

Die Energieversorgungsunternehmen (EVU) sind gesetzlich verpflichtet, den Strombedarf der Wirtschaft und der Bevölkerung sicher, zuverlässig und preiswert zu decken. Das erfordert genaue Bedarfsanalysen und falls erforderlich eine rechtzeitige Planung und den Bau neuer Kraftwerke.

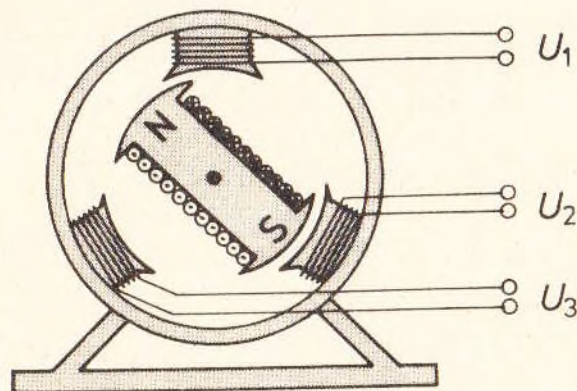
Für die öffentliche Energieversorgung haben wir Wärmekraftwerke (mit Steinkohle, Braunkohle, Öl, Gas, Kernenergie als Primärenergie), Wasser- und Speicherkraftwerke verfügbar, die Drehstrom erzeugen.

Der Einsatz anderer Energiearten, wie Sonne, Wind usw. für die Drehstromerzeugung in größerem Stil wird untersucht.

1.1 Drehstromerzeugung

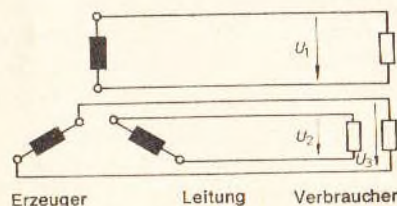
Dreiphasenwechselspannungen werden in Drehstromgeneratoren erzeugt. Am Stator der Drehstromgeneratoren sind drei um 120° versetzte Wicklungen (Stränge) aufgebracht. Der Rotor ist mit einem Magneten bestückt. Das Magnetfeld kann mit einem Dauermagneten erzeugt werden; in der Praxis wird eine Gleichstromerregewicklung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

Die folgende vereinfachte Darstellung zeigt das Prinzip eines Drehstromgenerators.



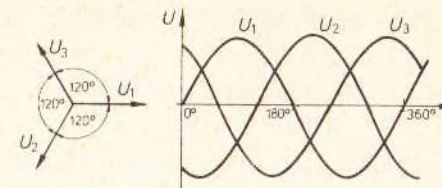
Aufbau des Drehstromgenerators

In jedem der drei Stränge wird eine sinusförmige Spannung erzeugt.



Drehstromerzeugung

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



Zeiger- und Liniendiagramm der Dreiphasenwechselspannung

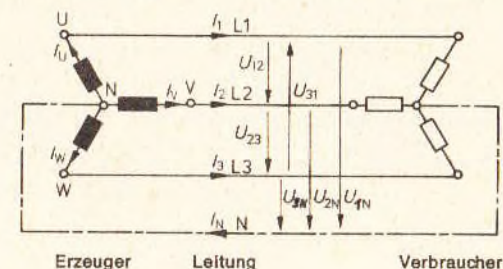
Aus dem Liniendiagramm der Dreiphasenwechselspannung ist ersichtlich, daß die Summe der drei Spannungen (bzw. der Ströme) unter Berücksichtigung der Vorzeichen zu jedem Zeitpunkt Null ergibt.

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

Dreiphasiger Wechselstrom wird als Drehstrom bezeichnet.

1.1.1 Sternschaltung

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



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 **Neutralleiter/Mittelleiter**.

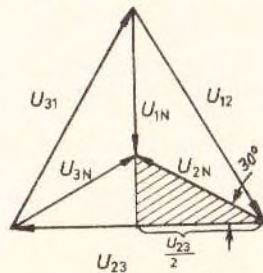
Früher wurden die Außenleiter mit R, S, T und der Mittelleiter mit Mp bezeichnet.

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.



Spannungen bei der Sternschaltung

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

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

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

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

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

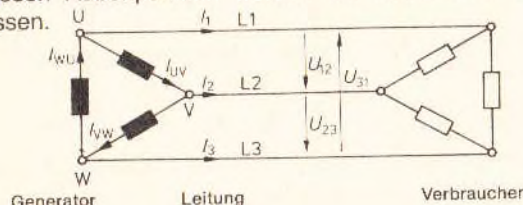
$$U_{23} = \sqrt{3} \cdot U_{2N}$$

Das gilt für die vergleichbaren Spannungen entsprechend.

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.



Dreieckschaltung

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

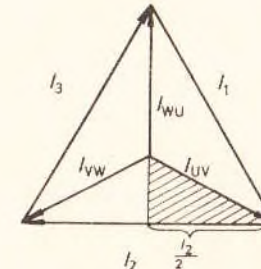
Bei symmetrischer Belastung sind die Ströme in allen Außenleitern gleich groß.

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 der Abb. „Ströme der Dreieckschaltung“ geht 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.

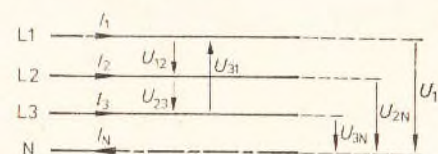


Ströme der Dreieckschaltung

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.

1.1.3 Kenngrößen



Vierleiter-Drehstromsystem

Das Drehstromsystem kann als Drei- oder Vierleitersystem ausgeführt werden.

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

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

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

L1, L2, L3	Außenleiter
N	Neutralleiter/Mittelleiter
U_{12}, U_{23}, U_{31}	Außenleiterspannungen
U_{1N}, U_{2N}, U_{3N}	Außenleiter-Neutralleiter-/Mittelleiterspannung; der Index N kann entfallen, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind.

Drehstromwirkleistung $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$ [W]

$\cos\varphi$: Leistungsfaktor

1.2 Drehstromversorgungsnetze

1.2.1 Nennspannungen und Energieübertragung

Die Drehstromgeneratoren erzeugen Spannungen von 10 500 V, 21 000 V und in einigen Anlagen 27 000 V (z. B. Kernkraftwerke).

Die Mittelspannungen werden auf 110 kV, 220 kV bzw. 380 kV hochtransformiert. Diese hohen Spannungen sind Voraussetzung für das weit gespannte Energieversorgungsnetz.

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 nationale Verbundsystem ist ein Bestandteil des westeuropäischen Verbundnetzes einschließlich Großbritannien und Skandinavien.

Der umfassende Verbundbetrieb bringt wesentliche Vorteile mit sich:

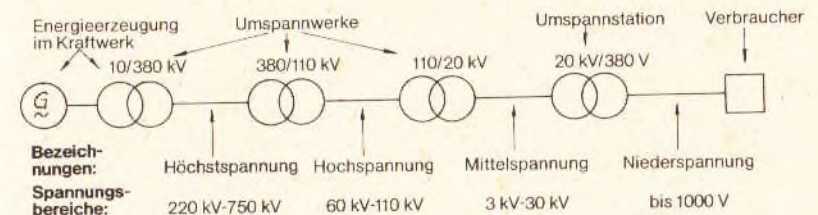
- günstige Nutzung der billigen Energieträger (Wasser und Braunkohle)
- Austausch zwischen Spitzen- und Grundlastkraftwerken
- Auslastung der großen kostengünstigen Kraftwerksblöcke
- Aushilfe in Störungsfällen bzw. bei Überholung eines Kraftwerkes.

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.

Energieübertragung und Fortleitung



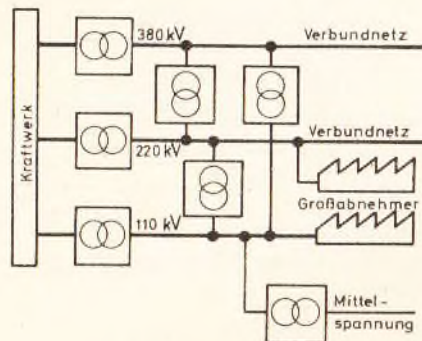
Weg der Energieübertragung vom Kraftwerk bis zum Verbraucher

Jeder Teilübertragungsweg bildet ein eigenes Netz mit jeweils festgelegtem Spannungsbereich.

Zur Fortleitung und Verteilung der Energie werden bei Höchstspannung Freileitungen (Gittermasten), bei Hochspannung Freileitungen (Gittermasten) und Kabel, bei Mittelspannung und Niederspannung Freileitungen (Beton-, Holzmasten) und Kabel verwendet.

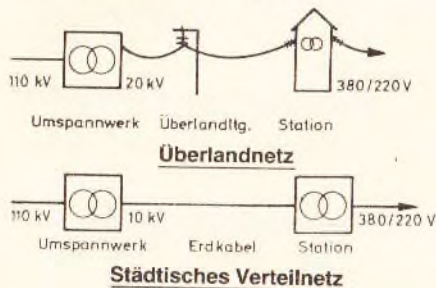
1.2.2 Hochspannungsnetze

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



Hochspannungsanlagen

1.2.3 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, Fernsprechkommunikationsstellen usw.) mit eigenen Transformatorenstationen angeschlossen.

1.2.4 Niederspannungsnetze

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

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

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.

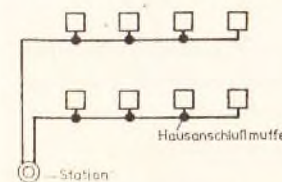
Über das 110-kV-Hochspannungsnetz werden Großstädte, ländliche Versorgungsschwerpunkte und Großabnehmer (z. B.: Bahnanlagen, Industrieunternehmen und Forschungszentren) gespeist.

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

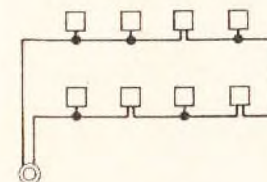
Mit 20-kV-Überlandleitungen werden die weniger dicht besiedelten ländlichen Gebiete versorgt.

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

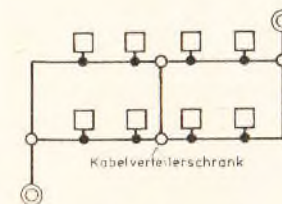
Die Netzform richtet sich nach den Versorgungsanforderungen der Kunden und nach der Art der Bebauung. Die Stern-, Ring- und Maschennetze stellen die Grundtypen des Netzaufbaues dar. Die realen Netze enthalten häufig Variationen und Mischformen dieser Grundstrukturen.



Strahlennetz



Ringnetz



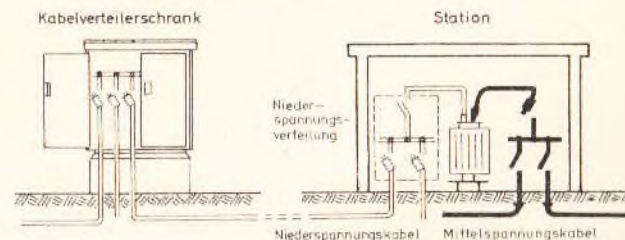
Maschennetz

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

Beim **Ringnetz** 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.

Das **Maschennetz** 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. Dort werden ein oder mehrere Niederspannungskabel bzw. Freileitungen angeschlossen.

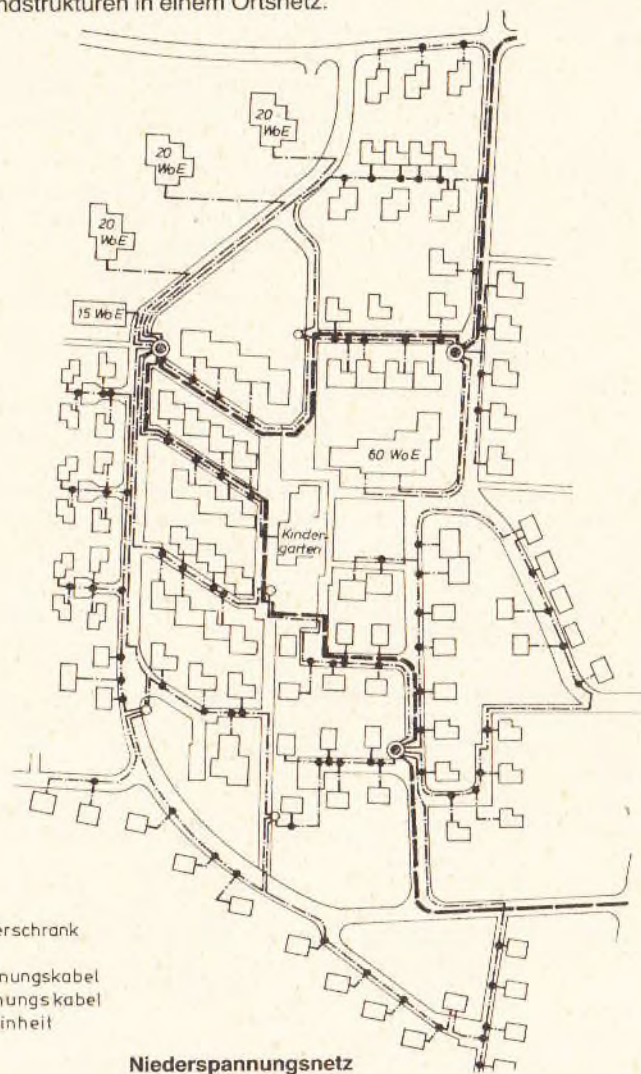


Netzstation und Kabelverteilerschrank

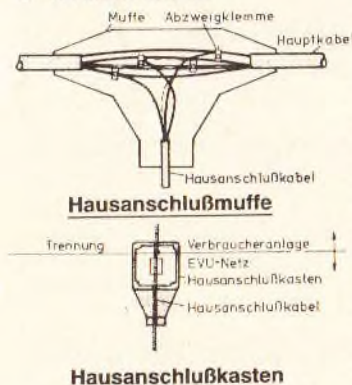
An den Knotenstellen der städtischen Erdkabelnetze werden Kabelverteilerschränke installiert, die von den Netzstationen über Niederspannungskabel gespeist werden.

● 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.



● Hausanschluß



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.

Die Abgangsklemme der Sicherungshalter des Hausanschlußkastens stellt den Übergang vom EVU-Verteilnetz zu der Verbraucheranlage dar. Nach dieser Abgangsklemme beginnt die **Verbraucheranlage**

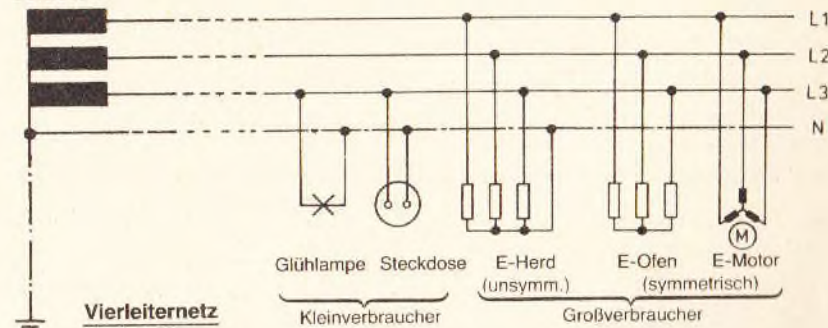
(Hauptleitung, Zählerplatz usw.) und damit die Zuständigkeit des Elektroinstallationsbetriebes.

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.

1.2.5 Vierleitersystem

Niederspannungsnetze werden grundsätzlich als Vierleiternetze betrieben. Der mitgeführte Mittelleiter N ist im Sternpunkt des Transformators üblicherweise betriebsmäßig geerdet. Es stehen 2 Spannungswerte zur Verfügung: 220 V zwischen Außenleiter und Neutral-/Mittelleiter, 380 V zwischen Außenleiter und Außenleiter.

Kleinverbraucher werden an 220 V Wechselspannung und Großverbraucher an 380 V Drehstrom angeschlossen. Die Ortsnetze sind meist unsymmetrisch belastet.



Im Energieversorgungsnetz betragen die Spannungen niederspannungsseitig normalerweise zwischen den Außenleitern jeweils 380 V, zwischen den Außenleitern und dem Neutral-/Mittelleiter jeweils 220 V.

Zur Lernerfolgssicherung

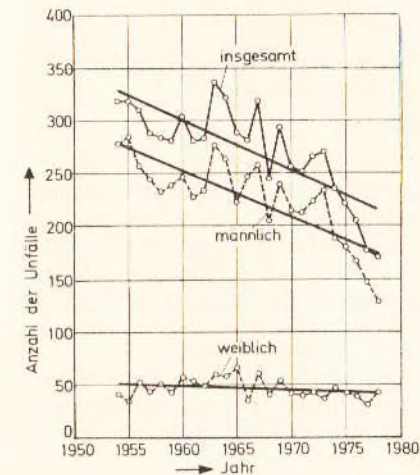
- Beschreiben Sie den Weg der Energieübertragung vom Kraftwerk bis zum Verbraucher.
- Ordnen Sie den einzelnen Abschnitten bei der Energieübertragung die entsprechenden Nennspannungen zu.
- Geben Sie die Leiterbezeichnungen und Nennspannungen in einem Drehstrom-Vierleiternetz an.
- Ordnen Sie verschiedene Verbraucher einem Vierleiternetz zu.

2 Gefahren durch elektrischen Strom

Für den sicheren Transport des elektrischen Stroms ist eine vorschriftsmäßig installierte Starkstromanlage Voraussetzung.

Der Umgang mit elektrischen Geräten und Anlageteilen will aber gelernt sein. Isolationsschäden an Elektrogeräten und Leitungen aufgrund häufiger Beanspruchung oder auch mutwilliger Beschädigung, aufgetretene Funktionschäden, mangelndes Sicherheitsbewußtsein und nicht fachgerechtes Arbeiten sind Gründe, die den Menschen gefährden und zu Sachschäden führen können.

2.1 Gefährdung des Menschen durch elektrischen Strom



Abhängigkeit der Zahl der Elektrounfälle vom Unfalljahr

In der Bundesrepublik Deutschland ereigneten sich in den letzten 25 Jahren jährlich rund 4000 bis 2000 Elektrounfälle; die Tendenz in den letzten Jahren ist rückläufig. Der entsprechende Anteil der tödlichen Unfälle durch elektrischen Strom liegt bei rund 320 bis 170 (ca. 8 % bis 2,5 %, Genaueres siehe nebenstehendes Diagramm). An der Gesamtzahl der tödlichen Unfälle sind die Elektrounfälle mit rund 1 % beteiligt.

An der Spitze der tödlichen Unfälle durch elektrischen Strom liegt nach der Statistik der Haushalt; die meisten der betroffenen Personen sind Laien.

Sicher könnte mancher der Verunglückten noch leben, wenn er sich der Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom besser bewußt gewesen wäre.

● Wirkungen

Wie wirkt nun der elektrische Strom auf den menschlichen Körper? Dazu muß man wissen, daß im menschlichen Körper elektrische Energie erzeugt wird. Die hierbei entstehenden Stromimpulse werden über die Nerven zu den betreffenden Organen und Muskeln geleitet, die dadurch zur Tätigkeit ange-reizt werden. Jede unbewußte oder bewußte Betätigung von Muskeln wird also

durch elektrische Stromimpulse bewirkt. Werden diese Stromimpulse durch äußere Stromeinwirkung erheblich gestört, dann kommt es auch zu Störungen von Muskelbetätigungen im menschlichen Organismus, durch die Körperschäden eintreten oder die sogar zum Tode führen können.

Schädigende Einwirkungen des elektrischen Stroms auf Gehirn und Nerven führen im Regelfall beim technischen Wechselstrom 220 V_{eff}/50 Hz zur Bewußtlosigkeit und vorübergehenden Lähmung von Muskelpartien. Wird das Herz von Strombahnen getroffen, so entsteht für den Menschen absolute Lebensgefahr. Das Herz gerät durch die elektrischen Stromstöße aus seinem naturgegebenen Takt, erschöpft sich sehr schnell (Herzkammerflimmern) und leistet keine Pumparbeit mehr. Es kann sich auch von dem Herzkammerflimmern von selbst nicht wieder befreien. Hierdurch ist die Versorgung der Körperzellen mit sauerstoffhaltigem Blut unterbrochen. Sobald aber die empfindlichen Gehirnzellen nicht mehr mit Blut versorgt werden, tritt Bewußtlosigkeit ein, und sie beginnen abzusterben. Dann muß dem Betroffenen schnellstens mit Wiederbelebungsmaßnahmen geholfen werden (äußere Herzmassage und Atemspende).

Der elektrische Strom kann also verursachen:

Schmerz, Schock, Verkrampfung, Lähmung, Bewußtlosigkeit, Erstickung, Blendung, Verbrennung, Tod.

● Orientierungswerte

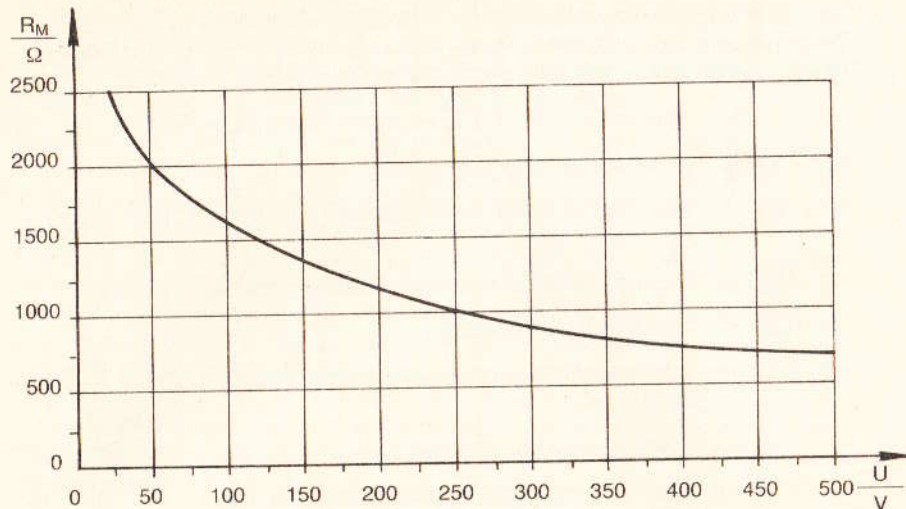
Der Mensch stellt für den Wechselstrom einen schwer bestimmbaren ohmschen Widerstand dar. Sein Widerstandswert ist stark abhängig vom Körperbau, vom Körpergewicht, von der körperlichen und seelischen Verfassung, von der Berührungsfläche, von den Kontaktstellen (trockene, feuchte, schwielige Haut), von der Andruckkraft und auch von der Höhe der anliegenden Spannung.

Wesentliche Einflußgrößen auf die Stromwirkung sind Stromart, Stromstärke, Einwirkungszeit und Stromweg. Der Stromweg über das Herz und die Längsdurchströmung durch den Körper sind dabei besonders gefährlich. Gleichstrom ist nicht so gefährlich wie Wechselstrom.

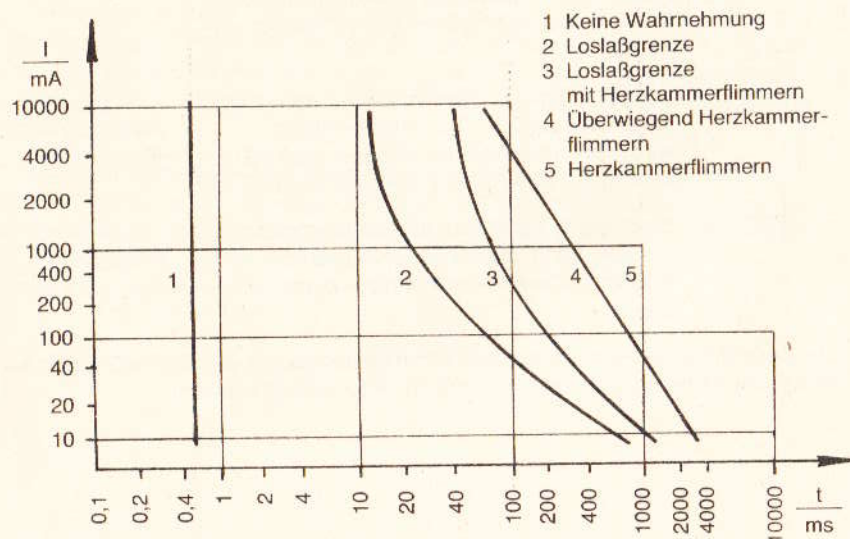
Die nachfolgenden Werte sind lediglich **Orientierungswerte** für technischen Wechselstrom und in Verbindung mit den beiden Diagrammen (Publikationen der IEC - Internationale Elektrotechnische Kommission) zu sehen:

- | | | |
|-----------------|--|------------------------------|
| – 65 V | (international 50 V) zulässige Berührungsspannung U_B | |
| – 100 V | Durchschlag der Haut | |
| – 220 V | Absinken des Körperwiderstandes auf etwa die Hälfte (gegenüber $U_B = 50$ V) | |
| – 1100 Ω | Widerstand des menschlichen Körpers (bei $U_B = 220$ V) | |
| – 0,5 mA | Wahrnehmbarkeitsschwelle | |
| – 1...10 mA | Schmerzempfindung, im allgemeinen keine Gefährdung | } Bereich I
0-25 mA |
| – > 10 mA | Loslaßgrenze bei Männern | |
| – > 10 mA | Blutdrucksteigerung; Atemverkrampfung, die nach 3 min zum Erstickten führen kann | |
| – > 25 mA | Herzkammerflimmern tritt immer ein, wenn die Einwirkungszeit länger als eine Herzperiode ist (beim Menschen etwa 0,75 s) | } Bereich II
25-80 mA |
| – 50 mA | absolute Lebensgefahr; Herzkammerflimmern, Herzstillstand, Bewußtlosigkeit, Atemlähmung bei mehr als ca. 0,5 s Einwirkungs-dauer | |
| – > 80 mA | tödliches Herzkammerflimmern, wenn nicht innerhalb von 0,1...0,3 s abgeschaltet wird; bei größeren Stromdichten starke Erwärmung (Verkochung, Verbrennungen) | } Bereich III
80-5000 mA |
| – > 5000 mA | Stromwerte bei Hochspannungsunfällen: Herzstillstand, starke Stromwärme im Körper, äußere Verbrennungen durch Lichtbogen | |
| | | } Bereich IV
über 5000 mA |

Die Bereiche I bis IV sind **Stromstärkebereiche**, die von der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik festgelegt wurden.



Körperwiderstand R_M in Abhängigkeit von der angelegten Spannung U



Wirkungsbereiche der Körperströme in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer

● Maßnahmen zur Verhütung von Unfällen an elektrischen Anlagen

- Schutz gegen direktes Berühren betriebsmäßig unter Spannung stehender Teile (einwandfreie Isolierung, Betriebsisolierung)
- Schutz bei indirektem Berühren (Schutzmaßnahmen nach VDE 0100 Teil 410, alt §§ 5...14)
- Beachten der Unfallverhütungsvorschriften, Arbeitsvorschriften, Betriebsordnungen
- Fachkenntnisse und Wissen um die Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper.

2.2 Wirkungen des elektrischen Stroms auf Sachen

Der elektrische Strom muß in kontrollierten Bahnen gehalten werden, sonst können auch Sachschäden größeren Ausmaßes entstehen. Dazu dienen die vorgeschriebenen Isolierungen an Leitungen, Geräten und Verbrauchern.

Schäden sind jedoch nicht immer auszuschließen und können ihre Ursache haben in

- fehlender oder nicht vorschriftsmäßiger Absicherung einer Leitung bzw. zu geringem Leitungsquerschnitt (Wärmewirkung, d. h. Brände oder Explosionen)
- verursachten Kurzschlüssen aufgrund von Isolationsbrüchen oder unvorschriftsmäßiger Arbeitsweise (Kraftwirkung, d. h. mechanische Zerstörungen durch Druckwellen).

Zur Lernerfolgssicherung

- 1. ● Beschreiben Sie, welche schädlichen Wirkungen der elektrische Strom bei Einwirkung auf den menschlichen Organismus hervorrufen kann.
- 2. ● Geben Sie elektrische Werte an, die für den Menschen Lebensgefahr bedeuten.
- 3. ● Geben Sie an, wie man Schäden am menschlichen Körper durch elektrischen Strom vorbeugen kann.



3 Grundregeln beim Umgang mit Starkstrom

3.1 Bedeutung der VDE-Bestimmungen

Die VDE-Bestimmungen werden vom Verband Deutscher Elektrotechniker – VDE – erstellt und herausgegeben. Dem Verband gehören Fachleute an.

Die VDE-Bestimmungen sollen eine **betriebssichere** und **störungsfreie** Anwendung der elektrischen Energie gewährleisten. Sie dienen dem Schutz von Menschen, Tieren und Sachwerten. Deshalb werden diese Bestimmungen ständig der fortschreitenden Technik angepaßt und ergänzt.

Die VDE-Bestimmungen sind kein Gesetz, haben jedoch eine gesetzliche Grundlage. In der 2. Durchführungsverordnung von 1937 (§ 1 Abs. 1 und 2) zum Energiewirtschaftsgesetz heißt es:

„Elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte sind ordnungsmäßig, d. h. nach den anerkannten Regeln der Elektrotechnik einzurichten und zu unterhalten. **Als solche Regeln gelten die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.**“

Die VDE-Bestimmungen sind sowohl für den Hersteller elektrischer Betriebsmittel als auch für den Errichter und Betreiber von Bedeutung. Elektrische Betriebsmittel wie Geräte, Leitungen, Lampen usw. werden vom VDE auf Antrag dahingehend geprüft, ob sie den geltenden VDE-Bestimmungen entsprechen. Bei Erfüllung der Anforderungen dürfen diese Erzeugnisse mit dem VDE-Verbandszeichen versehen werden.



Je nach dem Wortlaut in den VDE-Bestimmungen handelt es sich um eine „Muß-Bestimmung“ (= Vorschrift), um eine „Soll-Bestimmung“ (= Regel) oder um eine „Kann-Bestimmung“ (= Leitsatz).

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

Das **Energiewirtschaftsgesetz (EWG)** verweist, wie vorher 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.

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.

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.

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.

Die VDE-Bestimmungen gelten auch im Bereich der DBP.

3.2 VDE-Bestimmungen 0100

Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

3.2.1 Begriffserklärungen

3.2.1.1 Anlage und Netz

Als **Starkstromanlagen** gelten elektrische Anlagen mit Betriebsmitteln zum Erzeugen, Umwandeln, Speichern, Fortleiten, Verteilen und Verbrauchen elektrischer Energie.

Verteilungsnetz ist die Gesamtheit aller Leitungen und Kabel vom Stromerzeuger bis zur Verbraucheranlage (Hausanschlußkasten).

Der **Hausanschlußkasten** enthält die Hausanschlußsicherungen und gilt als Übergabestelle vom öffentlichen Verteilungsnetz zur Verbraucheranlage.

Als **Verbraucheranlage** gilt die Gesamtheit aller elektrischen Betriebsmittel hinter dem Hausanschlußkasten oder, wo dieser nicht benötigt wird, hinter den Ausgangsklemmen der letzten Verteilung vor den Verbrauchsmitteln.

Stromkreis ist die geschlossene Strombahn zwischen Stromquelle/Überstromschutzorgan und Verbrauchsmittel.

Als **Hausinstallationen** gelten elektrische Starkstromanlagen mit Nennspannung bis 250 V gegen Erde für Wohnungen.

3.2.1.2 Betriebsmittel und Anschlußarten

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 Selbstschalter).

3.2.1.3 Leiter und leitfähige Teile

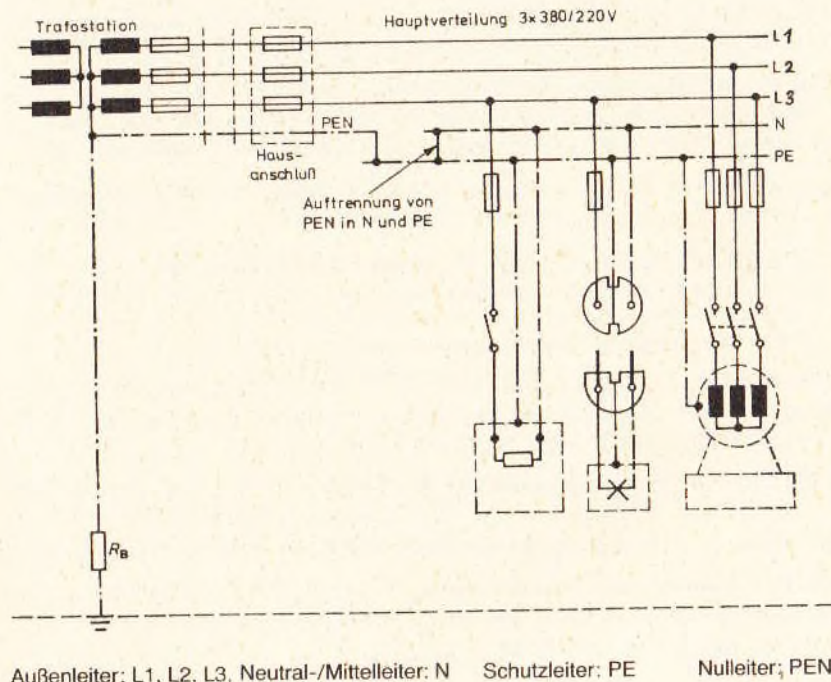
Die folgende Darstellung zeigt die **Leiter**, z. B. bei der Schutzmaßnahme Nullung mit besonderem Schutzleiter (TN-C-S-Netz).

Außenleiter verbinden die Stromquelle mit dem Verbrauchsmittel, jedoch nicht vom Mittel- oder Sternpunkt ausgehend.

Neutralleiter (Mittelleiter) ist ein mit dem Mittel- oder Sternpunkt verbundener Leiter, der elektrische Energie fortleitet.

Schutzleiter ist ein Leiter, der bei einigen Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren zum Verbinden von Körpern mit anderen Körpern, fremden leitfähigen Teilen, Erden, Erdungsleitern und geerdeten aktiven Teilen angewendet wird.

PEN-Leiter (Nulleiter) ist ein Leiter, der die Funktionen von Neutral- und Schutzleiter in sich vereinigt.



Darstellung der Leiter

In der Tabelle sind die frühere sowie jetzige Kennzeichnung der Leiter angegeben.

Leiterbezeichnung	Kennzeichnung			
	nach DIN 40705	früher	Farbe	Bildzeichen
Wechselstromnetz Außenleiter 1 Außenleiter 2 Außenleiter 3 Mittelleiter	L 1 L 2 L 3 N **)	R S T Mp	nicht zugeordnet *) nicht zugeordnet *) nicht zugeordnet *) hellblau	
Gleichstromnetz Positiv Negativ Mittelleiter	L + L - M	P N	nicht zugeordnet *) nicht zugeordnet *) hellblau	+ -
Schutzleiter, Erdungsleiter mit Schutzfunktion	PE ***)	SL	grüngelb	⊕
Nulleiter (Mittelleiter mit Schutzfunktion)	PEN	Mp/SL od. NL	grüngelb	⊕
Erde	E	E	nicht festgelegt	⊕

*) empfohlen schwarz, ersatzweise braun

**) N = neutral

***) PE = protective earth

Kennzeichnung der Leiter

Grüngelb 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 grüngelb; für N hellblau).

Aktive Teile sind Leiter und leitfähige Teile der Betriebsmittel, die unter normalen Betriebsbedingungen unter Spannung stehen (z. B. Motorwicklungen, Lampen usw., auch Nulleiter).

Als **Körper** gelten berührbare leitfähige Teile von Betriebsmitteln (Gehäuse), die im Fehlerfall unter Spannung stehen können.

3.2.1.4 Elektrische Größen

Nennspannung, Nennstrom, Nennleistung, Nennfrequenz sind Werte, welche die Bemessung der Betriebsmittel kennzeichnen.

Der **Schleifenwiderstand** ist die Summe der Widerstände einer Stromschleife. Er stellt bei der Beurteilung der Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter ein wichtiges Kriterium dar.

3.2.1.5 Erdung

Erden heißt, einen elektrisch leitfähigen Teil über eine Erdungsanlage mit der Erde zu verbinden.

Die **Bezugserde** ist ein Bereich der Erde, der von dem zugehörigen Erder so weit entfernt ist, daß zwischen beliebigen Punkten dieses Bereichs keine merklichen Spannungen auftreten.

Die **Erder** sind die im Erdreich eingebetteten, leitend verbundenen Leiter (Band-, Stab-, Plattenerder usw.).

Die **Erdungsanlage** ist die Gesamtheit aller miteinander leitend verbundenen Erder mit einer Erdungsleitung.

Unter **Ausbreitungswiderstand** eines Erders oder einer Erdungsanlage versteht man den Widerstand des Erdreichs zwischen dem Erder bzw. der Erdungsanlage und der Bezugserde.

Der **Erdungswiderstand** ist die Summe von Ausbreitungswiderstand des Erders und Widerstand der Erdungsleitung.

Potentialausgleich ist das Angleichen von Potentialen oder das Beseitigen von Potentialunterschieden zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen, ggf. auch untereinander.

3.2.1.6 Raumarten

Die 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 Schwingkraftumformer-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.

In **feuchten und nassen Räumen** können Feuchtigkeit und Kondenswasser entstehen, z. B. in Wasch- und Wartungsständen in Kfz-Unterhaltungsanlagen, Großküchen, Luftschutzräumen, Pumpenräumen, unbeheizten bzw. unbelüfteten Kellerräumen, Schutzbereichen in Baderäumen.

Feuergefährdete Betriebsstätten sind Räume, in denen sich leichtentzündliche Stoffe in gefährdenden 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.

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. **Erdschluß-Brandschutz** ist z. B. durch Verwendung von Feuchtraumleitungen sichergestellt (andere Maßnahmen sind nach § 50 VDE 0100 möglich).

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 gefährdender 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. Als feuchte Räume und zugleich feuergefährdete Betriebsstätten gelten hier z. B. Ställe, Scheunen, Tennen.

Fliegende Bauten sind bauliche Anlagen zum wiederholten Aufstellen und Zerlegen (Karusselle, Tribünen, Buden, Zelte u. ä.).

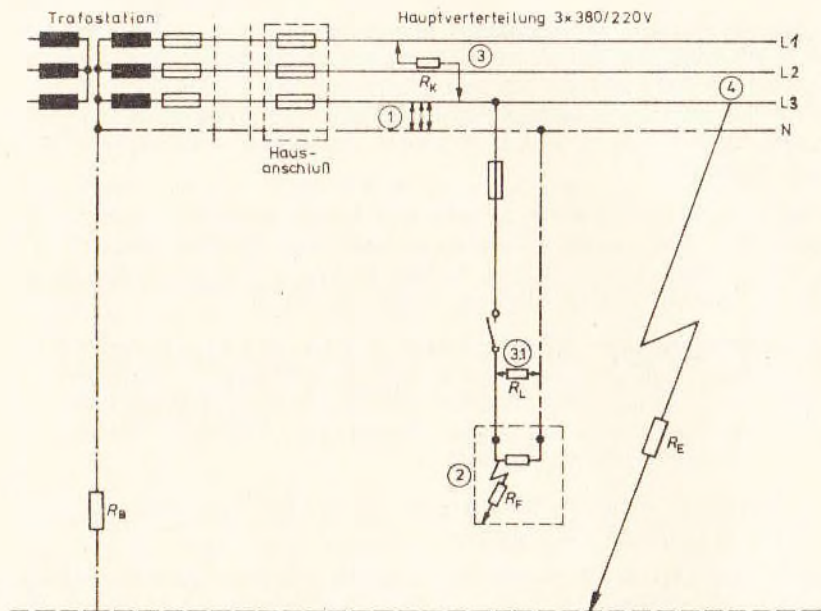
3.2.1.7 Fehlerarten

Isolationsfehler ist ein fehlerhafter Zustand in der Isolierung.

Körperschluß ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen Körper und aktiven Teilen elektrischer Betriebsmittel (z. B. ein gebrochener Heizwendel-Außenleiter eines Heizlüfters berührt das Gehäuse).

Kurzschluß ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig gegeneinander unter Spannung stehenden Leitern, wenn im Fehlerstromkreis kein Nutzwiderstand, d. h. Verbraucher liegt. (Leiter-schluß besteht, wenn im Fehlerstromkreis ein Verbraucher vorhanden ist).

Erdschluß ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung eines Außenleiters oder eines betriebsmäßig isolierten Mittelleiters mit Erde oder geerdeten Teilen. (Ein Erdschluß tritt z. B. auf, wenn ein Außenleiter einer Niederspannungsfreileitung reißt und auf den Erdboden fällt, oder wenn ein Außenleiter mit einer geerdeten Wasserleitung in Berührung kommt; dann kommt es zur Ausbildung eines Spannungstrichters).



- | | | |
|--|--|---|
| ① Isolationsfehler
② Körperschluß
vollkommen $R_F = 0 \Omega$
unvollkommen $R_F > 0 \Omega$ | ③ Kurzschluß
vollkommen $R_K = 0 \Omega$
unvollkommen $R_K > 0 \Omega$
③.1 Leiterschluß
vollkommen $R_L = 0 \Omega$
unvollkommen $R_L > 0 \Omega$ | ④ Erdschluß
vollkommen $R_E = 0 \Omega$
unvollkommen $R_E > 0 \Omega$ |
|--|--|---|

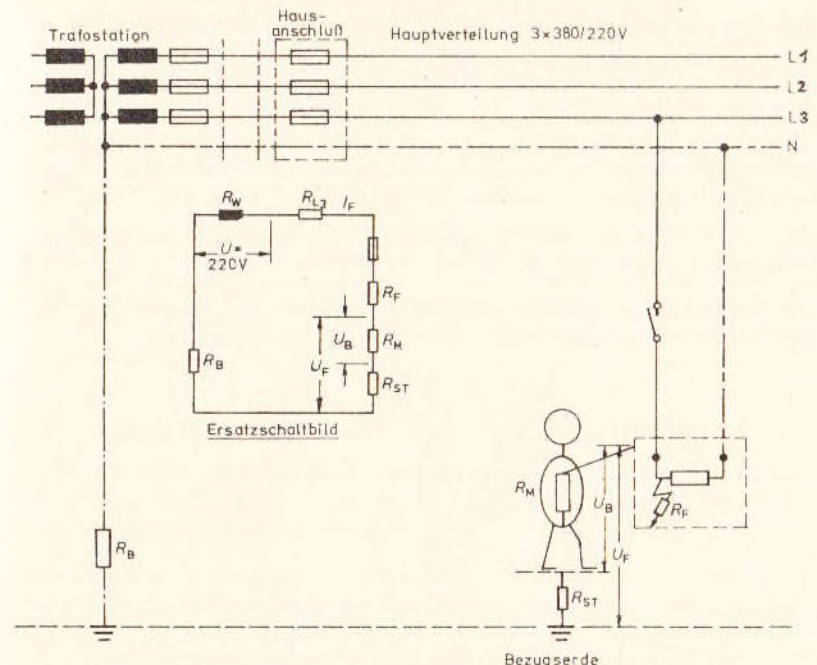
Fehlerarten

Fehlervoltage (U_F) ist die Spannung, die zwischen Körpern oder zwischen diesen und der Bezugserde im Fehlerfall auftritt.

Fehlerstrom (I_F) ist der Strom, der durch einen Isolationsfehler zum Fließen kommt.

Berührungsspannung (U_B) ist der Teil der Fehlervoltage, der vom Menschen überbrückt werden kann. Berührungsspannungen können entweder

zwischen einem Gerät mit Körperschluß und dem Standort des Menschen oder zwischen dem Gerät und (z. B. geerdeten) benachbarten leitfähigen Teilen auftreten.



- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| R_W = Widerst. der Wicklung | R_{ST} = Widerst. des Standorts |
| R_{L3} = Widerst. des Außenleiters | R_B = Widerst. der Betriebserde |
| R_F = Fehlerwiderstand | I_F = Fehlerstrom |
| R_M = Widerst. des Menschen | |

Fehler- und Berührungsspannung bei nicht isoliertem Standort an einem Gerät mit Körperschluß

Beispiel: Anhand des Ersatzschaltbildes nach Abb. soll gezeigt werden, in welcher Größenordnung auftretende Fehler- und Berührungsspannungen bei unvollkommenem 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

$$I_F \text{ beträgt dann } I_F = \frac{U}{R_{\text{ges}}} = \frac{220 \text{ V}}{3507,6 \, \Omega} = 0,062 \text{ A}$$

Dieser Strom durchfließt den menschlichen Körper, was **höchste Lebensgefahr** bedeutet.

Die Fehlerspannung beträgt: $U_F = I_F \cdot (R_M + R_{\text{St}})$

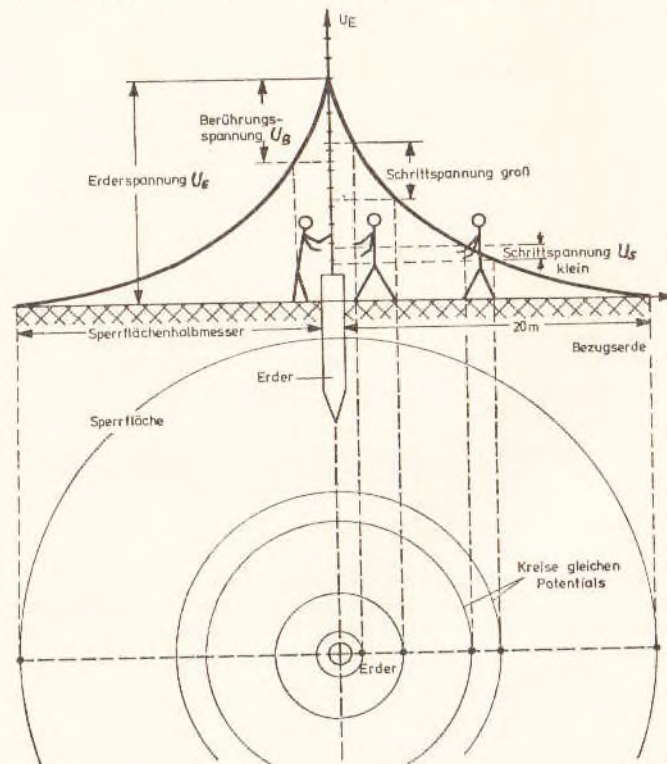
$$U_F = 0,062 \text{ A} \cdot (3000 \, \Omega + 500 \, \Omega) = 217 \text{ V.}$$

Die Berührungsspannung beträgt: $U_B = I_F \cdot R_M = 0,062 \text{ A} \cdot 3000 \, \Omega = 186 \text{ V.}$

Ableitstrom ist der Strom, der betriebsmäßig von aktiven Teilen über die Isolierung zu Körpern und fremden leitfähigen Teilen fließt.

Bestimmte Höchstwerte dürfen je nach Art des Gerätes nicht überschritten werden (Größenordnung 0,5 bis 15 mA).

Schrittspannung (U_S) ist der Teil der Erderspannung, der von einem Menschen mit einer Schrittweite von etwa 1 m überbrückt werden kann.



**Spannungsverlauf zwischen Erder und Bezugserde
(Spannungstrichter und Sperrfläche eines Rohrerrders)**

Wenn über eine Erdungsanlage Ströme fließen, dann fallen im Erdboden Spannungen ab, weil das Erdreich einen elektrischen Widerstand darstellt. Hierdurch entsteht ein sogenannter **Spannungstrichter**.

Der in der Abb. gezeigte exponentielle Spannungsverlauf (Spannungstrichter) um einen Erder kommt dadurch zustande, daß die Stromdichte in seiner unmittelbaren Nähe groß ist. Deshalb fällt auch in der unmittelbaren Umgebung des Erders der größte Teil der Spannung ab. In einer Entfernung von etwa **20 m** ist die Erderspannung fast null Volt. Je mehr Erdbereichvolumen zur Stromausbreitung zur Verfügung steht, desto geringer ist die Stromdichte und damit der durch sie erzeugte Spannungsabfall; der Spannungstrichter verläuft dann flacher. Bei Rohrerrdern bilden die Punkte gleichen Potentials um den Erder konzentrische Kreise.

Die Gefahren der Spannungstrichter und der Schrittspannung können durch eine besondere Anordnung der Erder, die sogenannten **Oberflächenerder**, verringert werden; d. h., der Potentialabfall in Erdernähe wird künstlich verschleppt. Die Folge ist, daß auch die Schrittspannungen kleiner werden. Diese Oberflächenerder haben die Aufgabe, das Potential zu „steuern“; sie werden daher **Steuererder** und die gesamte Anordnung **Potentialsteuerung** genannt.

3.2.1.8 Schutz gegen gefährliche Körperströme (nur Begriffe)

Als **Schutz gegen direktes Berühren** gelten alle Maßnahmen zum Schutz von Personen vor Gefahren, die sich aus einer Berührung mit aktiven Teilen elektrischer Betriebsmittel ergeben.

Basisisolierung ist die Isolierung von aktiven Teilen, um den grundlegenden Schutz gegen gefährliche Körperströme zu gewährleisten (z. B. Teil der Schutzisolierung).

Betriebsisolierung ist die für die Reihenspannung der Betriebsmittel bemessene Isolierung aktiver Teile gegeneinander und gegen Körper.

Als **Handbereich** gilt der Bereich, der sich von der Standfläche üblicherweise betretener Stätten aus erstreckt und dessen Grenzen mit der Hand ohne besondere Hilfsmittel erreicht werden können (2,50 m nach oben, 1,25 m seitlich und nach unten).

Als **Freischalten** gilt das allseitige Abschalten und Abtrennen einer Anlage oder eines Betriebsmittels von allen nicht geerdeten Leitern (vgl. auch VDE 0105).

Schutz bei indirektem Berühren ist der Schutz von Personen und Nutztieren vor Gefahren, die sich im Fehlerfall aus einer Berührung mit Körpern oder fremden leitfähigen Teilen ergeben können.

3.2.1.9 Netzformen

In **TN-Netzen** ist ein Punkt direkt geerdet (Betriebserder); die Körper der elektrischen Anlage sind über Schutzleiter bzw. PEN-Leiter mit diesem Punkt verbunden.

TN-S-Netz: Getrennte Neutralleiter und Schutzleiter im gesamten Netz.

TN-C-S-Netz: Funktionen des Neutralleiters und Schutzleiters sind in einem Teil des Netzes in dem PEN-Leiter zusammengefaßt (Nullung mit besonderem Schutzleiter).

TN-C-Netz: Funktionen des Neutralleiters und Schutzleiters sind in dem PEN-Leiter zusammengefaßt (Nullung ohne besonderen Schutzleiter).

Im **TT-Netz** ist ein Punkt direkt geerdet (Betriebserder); die Körper der elektrischen Anlage sind mit Erden verbunden, die vom Betriebserder getrennt sind.

Das **IT-Netz** hat keine direkte Verbindung zwischen aktiven Leitern und geerdeten Teilen; die Körper der elektrischen Anlagen sind geerdet.

Bedeutung der Kurzzeichen:

Erster Buchstabe – Erdungsverhältnisse der Stromquelle;

T $\triangleq$ direkte Erdung eines Punktes

I $\triangleq$ entweder Isolierung aller aktiven Teile von Erde oder Verbindung eines Punktes mit Erde über eine Impedanz.

Zweiter Buchstabe – Erdungsverhältnisse der Körper;

T $\triangleq$ Körper direkt geerdet, unabhängig von der Erdung der Stromquelle

N $\triangleq$ Körper direkt mit dem Betriebserder verbunden, in Wechselstromnetzen im allgemeinen der Sternpunkt.

3.2.2 Schutzmaßnahmen

Dieser Teil der VDE-Bestimmungen wird neu gefaßt als VDE 0100 Teil 410 und wird Änderungen beinhalten (Ausgabe voraussichtlich 1981 oder 1982). In diesem Abschnitt können daher im Augenblick nur einige Neuerungen berücksichtigt werden.

3.2.2.1 Schutz gegen gefährliche Körperströme

Elektrische Betriebsmittel (Leitungen, Geräte) müssen durch entsprechende konstruktive Vorkehrungen dauerhaft elektrisch sicher sein. Das gilt auch für hergestellte Elektroanlagen. Dabei sind die Auflagen des zuständigen EVU zu beachten, das z. B. die zu treffende Schutzmaßnahme für die gesamte Hausinstallation vorschreibt. Durch solche Schutzmaßnahmen sollen Elektrounfälle verhütet werden.

Man unterscheidet Maßnahmen zum **Schutz gegen direktes Berühren** und Maßnahmen zum **Schutz bei indirektem Berühren**.

3.2.2.2 Schutz gegen direktes Berühren

Die aktiven Teile elektrischer Betriebsmittel müssen entweder vollständig isoliert oder abgedeckt sein (vollständiger Schutz) oder sich mindestens teilweise in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten befinden (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 fernmelde-technischen wie im maschinentechnischen Bereich.

Lack- oder Emailleüberzüge, Oxydschichten und Faserstoffumhüllungen gelten nicht als Betriebsisolierung im Sinne des Berührungsschutzes.

3.2.2.3 Schutz bei indirektem Berühren

Die Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren sollen das Auftreten zu hoher Berührungsspannung an Betriebsmitteln verhindern. Als zu hohe Berührungsspannungen gelten Wechselspannungen (Effektivwerte) über 65 V (nach internationaler Harmonisierung 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.

Man unterscheidet folgende Schutzmaßnahmen:

- Schutzisolierung, einschließlich Standortisolierung,
- Schutzkleinspannung,
- Funktionskleinspannung,
- Schutztrennung;
- Nullung,
- Schutzerdung,
- FU-Schutzschaltung,
- FI-Schutzschaltung,
- Schutzleitungssystem.

● Schutzisolierung

Die Schutzisolierung wird hergestellt

- durch eine zusätzliche Isolierung zur Betriebsisolierung oder
- durch eine verstärkte Betriebsisolierung

in einer solchen Art, daß bei einem Versagen der einfachen Betriebsisolierung keine gefährlichen Körperströme zum Fließen kommen (Verhindern des Auftretens gefährlicher Spannungen an den berührbaren Teilen infolge eines Fehlers in der Basisisolierung).

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, Lötkolben, Rasierapparate). An schutzisolierten Verbrauchs-

mitteln darf kein Schutzleiter angeschlossen werden. Diese Geräte haben eine zweiadrige bewegliche Anschlußleitung mit angeformtem Profilstecker (Flachstecker, Rundstecker).

Schutzisolierte Betriebsmittel müssen mit dem Zeichen  nach DIN 40014 gekennzeichnet sein und gehören der **Schutzklasse II** an.

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 Berührungsspannung auftreten kann. Aus diesem Grund sollten auch in Räumen mit isolierenden Fußböden nur Steckdosen mit Schutzkontakt installiert werden, sofern nicht die Schutzmaßnahmen Schutzkleinspannung oder Schutztrennung angewandt werden.

● Schutzkleinspannung

Schutzkleinspannung ist eine Schutzmaßnahme, bei der Stromkreise mit Nennspannungen bis 42 V bzw. 50 V nach Harmonisierung ungeerdet betrieben werden, damit bei einem Isolationsfehler keine zu hohe Berührungsspannung auftritt.

Die Schutzkleinspannung darf bei der Tierhaltung, den medizinischen Geräten und dem Kinderspielzeug nicht höher als 24 V sein.

Die Darstellung zeigt die Erzeugung der Schutzkleinspannung mit einem Sicherheitstransformator. 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 eingeführt werden können. Verbrauchsmittel 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 und bei der DBP für LötKolben an Übertragungstechnischen Einrichtungen angewandt.

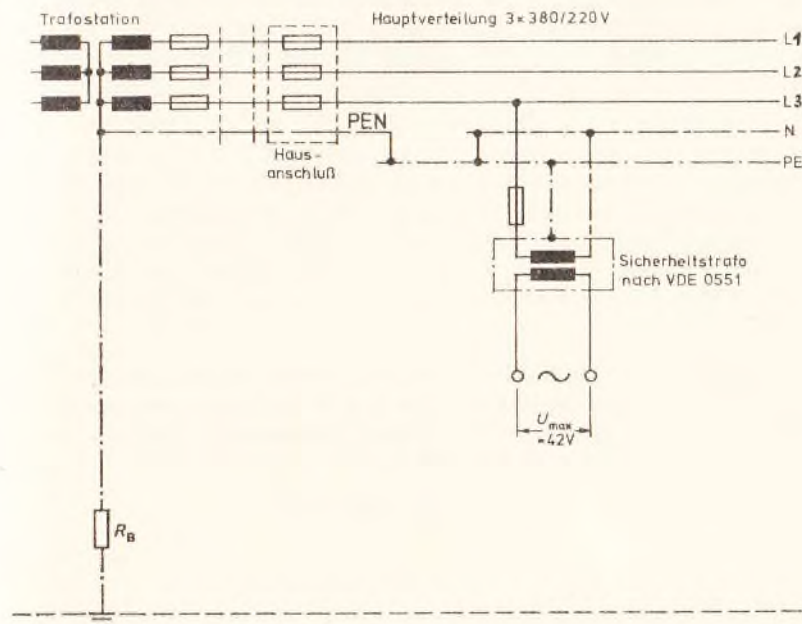
Es gelten folgende Zeichen:

allgemein für Geräte mit Schutzkleinspannung 

für Spielzeug mit Schutzkleinspannung bis 24 V 

für kurzschlußfeste Geräte 

Betriebsmittel mit Schutzkleinspannung haben das Zeichen  und gehören der **Schutzklasse III** an.



Erzeugung von Schutzkleinspannung

● Funktionskleinspannung

Funktionskleinspannung ist eine Schutzmaßnahme, bei der die Stromkreise mit Nennspannung bis 50 V betrieben werden, die aber nicht die an die Schutzkleinspannung gestellten Forderungen erfüllt und deshalb zusätzlichen Bedingungen unterliegt, um zu bewirken, daß bei einem Isolationsfehler keine zu hohe Berührungsspannung auftritt.

Die Funktionskleinspannung beinhaltet gegenüber der Schutzkleinspannung zusätzliche Maßnahmen, um den Schutz gegen direktes und bei indirektem Berühren zu gewährleisten (z. B. wenn ein Punkt des Kleinspannungsstromkreises geerdet ist oder wenn der Stromkreis Teile enthält, die gegenüber Stromkreisen höherer Spannung unzureichend isoliert sind [Trafos, Relais]).

● Schutztrennung

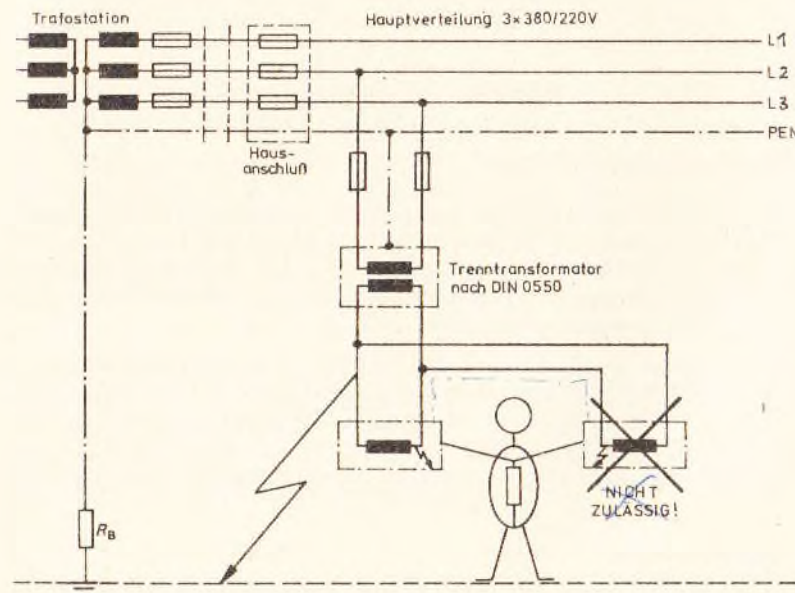
Schutztrennung ist die galvanische Trennung eines Verbrauchsmittels vom speisenden Netz mit Hilfe eines Trenntransformators, um zu bewirken, daß bei einem Isolationsfehler keine Berührungsspannung auftritt.

Der aktive Teil eines angeschlossenen Verbrauchsmittels ist damit von Erde getrennt. Solange kein Erdschluß auftritt (vgl. Abb.), 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 dreipoligen nicht höher als 380 V (geplant Erhöhung auf 500 V).

Der Nennstrom darf 16 A nicht übersteigen (künftig nicht mehr begrenzt). Wegen der Möglichkeit des Auftretens von zwei gleichzeitigen Körperschlüssen durch verschiedene Außenleiter, wie in der Abbildung dargestellt, soll an einen Trenntransformator nur ein Verbrauchsmittel angeschlossen werden (künftig unter gewissen Bedingungen Anzahl der angeschlossenen Verbraucher nicht mehr begrenzt). Bei Anschluß über eine Steckdose darf diese keinen Schutzkontakt haben.

Die Schutztrennung wird vorwiegend bei elektromotorisch angetriebenem Arbeitsgerät, wie Naßschleifmaschinen und im Kesselbau angewendet. Im Bereich der DBP darf bei Fernsprechkäuschen mit Wertzeichengebern die Schutztrennung mit Potentialausgleich angewandt werden.

Betriebsmittel mit Schutztrennung haben das Symbol .



Schutzmaßnahme Schutztrennung

● Schutzterdung (Schutzmaßnahmen im TT-Netz)

Schutzterdung ist die unmittelbare Verbindung von Körpern mit Erden oder geerdeten Teilen, um zu bewirken, daß bei einem Isolationsfehler eine Abschaltung durch Überstromschutzorgane eintritt.

Die Schutzterdung soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannungen an Körpern verhindern. Die Körper der Verbrauchsmittel werden unmittelbar über den Schutzleiter PE mit einem Erder oder einer Erdungsanlage (Schutzterdungswiderstand 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 Überstromschutzorgan (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

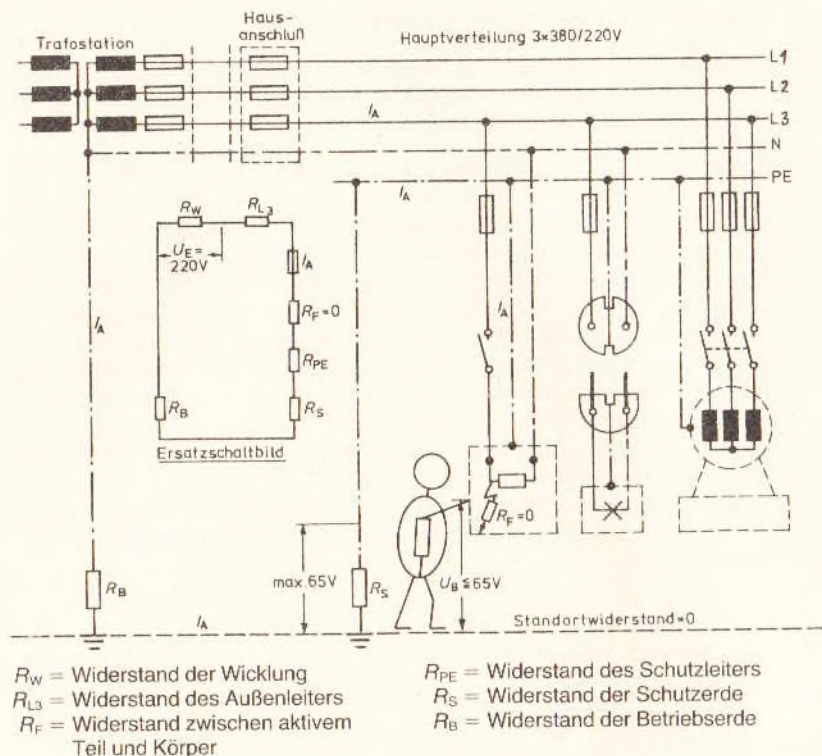
– Schmelzsicherungen flink	3,5
– Schmelzsicherungen träge bis 50 A	3,5
– Schmelzsicherungen träge ab 63 A	5
– Schutzschalter mit Kurzschlußauslösung	1,25
– LS-Schalter Typ L	3,5
– LS-Schalter Typ H	2,5

Die Berührungsspannung U_B darf im Fehlerfall kurzzeitig höchstens 65 V erreichen, d. h., am **Schutzterdungswiderstand** 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 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. Im Zusammenhang mit dem Abschaltstrom errechnet sich R_{Sch} wie folgt:

$$R_{Sch} \leq \frac{U_E}{I_A}$$



Schutzmaßnahme Schutzterdung (TT-Netz)

An einem **Beispiel** soll gezeigt werden, welche Werte sich für die Schutzterdungswiderstände und die Schleifenwiderstände ergeben können. Für die Berechnung werden flinke Schmelzsicherungen mit 10, 20, 35 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	$20 \cdot 3,5 = 70$	$65 : 70 = 0,93$	$220 : 70 = 3,14$
35	$35 \cdot 3,5 = 126$	$65 : 126 = 0,52$	$220 : 126 = 1,75$
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 Schutzterdungswiderstände 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 sind die Mindestquerschnitte für die Schutzleiter angegeben. In Leitungsnetzen und Anlagen, in denen die Schutzterdung zugelassen ist, darf nicht genullt werden.

Betriebsmittel für Schutzterdung haben einen Schutzleiteranschluß mit dem Symbol $\perp$.

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

Mindestquerschnitte für Schutzleiter bei Schutzterdung

● Nullung (Schutzmaßnahmen im TN-Netz)

Nullung ist die leitende Verbindung von Körpern mit dem Nulleiter oder mit einem Schutzleiter, der mit dem Nulleiter leitend verbunden ist, um zu bewirken, daß bei einem Isolationsfehler eine Abschaltung durch Überstromschutzorgane auftritt.

Durch die Nullung soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannung an Körpern verhindert werden. Man unterscheidet

- **Nullung ohne besonderen Schutzleiter** (sogen. „klassische Nullung“) und
- **Nullung mit besonderem Schutzleiter** (sogen. „moderne Nullung“).

Die **Nullung ohne besonderen Schutzleiter** (vgl. Abb.) ist nur für Anlagen mit Leiterquerschnitten ab 10 mm^2 Cu zulässig. Bei Leiterquerschnitten unter 10 mm^2 Cu ist ein besonderer Schutzleiter zu verlegen.

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 und 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 mm^2 entsprechend der Tabelle reduziert werden.

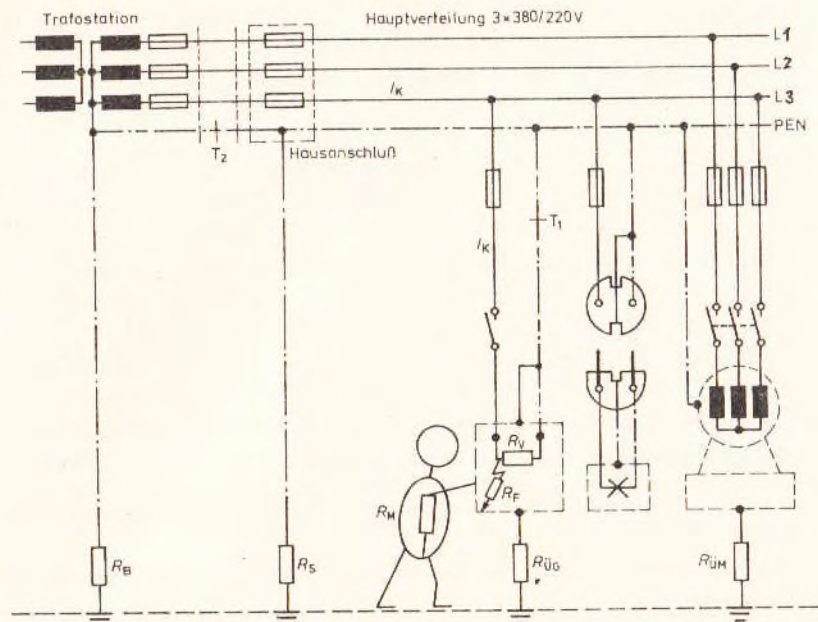
1	2	3
Außenleiter mm ²	Nulleiter	
	in Rohr, Mehradernleitungen, Kabeln mm ²	in Freileitungen, in offen- verlegten Leitungen im Freien und in Gebäuden mm ²
1,5	1,5	—
2,5	2,5	—
4	4	4
6	6	6
10	10	10
16	16	16
25	16	25
35	16	35
50	25	50
70	35	50
95	50	50
120	70	70
150	70	70
185	95	95
240	120	120
300	150	150
400	185	185

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 2Ω nicht überschreiten darf. Netzausläufer sollen im Bereich der letzten 200 m geerdet werden, und zwar soll ein Wert von mindestens 5Ω 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.
- 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 vorgegebener Tabelle 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 mm^2 die Nullung mit besonderem Schutzleiter angewandt werden. Die entsprechende Abb. zeigt die Funktion der Nullung ohne besonderen Schutzleiter.
- 6) Überstromschutzorgane dürfen nicht im Schutzleiter eingebaut werden.



R_V = Widerstand des Verbrauchers
 R_{UM} = Übergangswiderstand Motor - Erde
 R_{UG} = Übergangswiderstand Gerät - Erde
 R_S = Widerstand der Schutzterde

Schutzmaßnahme Nullung ohne besonderen Schutzleiter (klassische Nullung)

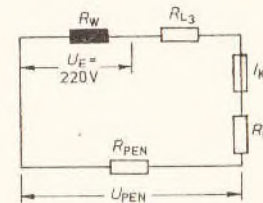
Die Nullung wird durch Verbindung des Nulleiters mit dem Körper am Körper hergestellt. Beim Auftreten eines vollkommenen Körperschlusses ($R_F = 0$) kommt bei Einhaltung der aufgeführten Bedingungen ein Abschaltstrom I_A (= Kurzschlußstrom I_K) zum Fließen, der ein sofortiges Auslösen des Überstromschutzorgans zur Folge hat und damit den fehlerhaften Verbraucher vom Leitungsnetz trennt. Für die Widerstandswerte nach Ersatzschaltbild werden folgende in der Praxis häufig vorkommende Werte eingesetzt:

Beispiel:

$R_W = 0,05 \Omega$, $R_{L3} = 0,3 \Omega$, $R_F = 0 \Omega$, $R_{PEN} = 0,3 \Omega$, $U_E = 220 \text{ V}$. 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.



Vereinfachtes Ersatzschaltbild der Nullung mit besonderem Schutzleiter ohne 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 für 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 220 V und 3 kW angenommen, so daß sich ein Widerstand des Verbrauchers

$$\text{von } R_V = \frac{U^2}{P} = 16 \Omega \text{ ergibt.}$$

Beispiele (normaler Betriebsfall):

$R_V = 16 \Omega$, $R_B = 2 \Omega$, R_F = nicht vorhanden

Für $R_{UG} = 3 \Omega$:

$$R_{ges} = R_W + R_{L3} + R_V + \frac{R_{PEN} \cdot (R_B + R_{UG})}{R_{PEN} + R_B + R_{UG}}$$

$$R_{ges} = 0,05 \Omega + 0,3 \Omega + 16 \Omega + \frac{0,3 \Omega \cdot (2 \Omega + 3 \Omega)}{0,3 \Omega + 2 \Omega + 3 \Omega}$$

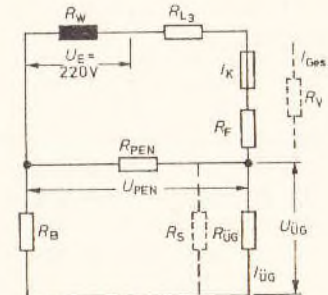
$$R_{ges} = 16,63 \Omega$$

$$I_{ges} = \frac{U_E}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{16,63 \Omega} = 13,2 \text{ A}$$

$$U_{PEN} \approx 0,3 \Omega \cdot 13,2 \text{ A} \approx 3,96 \text{ V}$$

$$U_{UG} = \frac{U_{PEN} \cdot R_{UG}}{R_B + R_{UG}} = \frac{3,96 \text{ V} \cdot 3 \Omega}{2 \Omega + 3 \Omega} = 2,38 \text{ V}$$

$$I_{UG} = \frac{U_{UG}}{R_{UG}} = \frac{2,38 \text{ V}}{3 \Omega} = 0,79 \text{ A}$$



FÜR DEN NORMALEN BETRIEBSFALL WIRD R_F DURCH R_V ERSETZT

Vereinfachtes Ersatzschaltbild der Nullung mit besonderem Schutzleiter unter Berücksichtigung von R_S und R_{UG}

Für $R_{UG} = 500 \Omega$:

$$R_{ges} = R_W + R_{L3} + R_V + \frac{R_{PEN} \cdot (R_B + R_{UG})}{R_{PEN} + R_B + R_{UG}}$$

$$R_{ges} = 0,05 \Omega + 0,3 \Omega + 16 \Omega + \frac{0,3 \Omega \cdot (2 \Omega + 500 \Omega)}{0,3 \Omega + 2 \Omega + 500 \Omega}$$

$$R_{ges} = 16,65 \Omega$$

$$I_{ges} = \frac{U_E}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{16,65 \Omega} = 13,2 \text{ A}$$

$$U_{PEN} \approx 0,3 \Omega \cdot 13,2 \text{ A} \approx 3,96 \text{ V}$$

$$U_{UG} = \frac{U_{PEN} \cdot R_{UG}}{R_B + R_{UG}} = \frac{3,96 \text{ V} \cdot 500 \Omega}{2 \Omega + 500 \Omega} = 3,94 \text{ V}$$

$$I_{UG} = \frac{U_{UG}}{R_{UG}} = \frac{3,94 \text{ V}}{500 \Omega} = 0,008 \text{ A}$$

Ergebnis: Die am Körper anstehende Spannung kann für den Menschen nicht gefährlich werden. Die über R_{UG} fließenden Ströme können jedoch Störungen bei Fernmeldeanlagen 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 (TAB) der Elektrizitätsversorgungsunternehmen **vorgeschrieben**.

Beispiele (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 $R_{UG} = 500 \Omega$:

$$R_{ges} = R_W + R_{L3} + R_F + \frac{R_{PEN} \cdot (R_B + R_{UG})}{R_{PEN} + R_B + R_{UG}}$$

$$R_{ges} = 0,05 \Omega + 0,3 \Omega + 0 \Omega + \frac{0,3 \Omega \cdot (2 \Omega + 500 \Omega)}{0,3 \Omega + 2 \Omega + 500 \Omega}$$

$$R_{ges} = 0,65 \Omega$$

$$I_K = \frac{U_E}{R_{ges}} = \frac{220 \text{ V}}{0,65 \Omega} = 338 \text{ A}$$

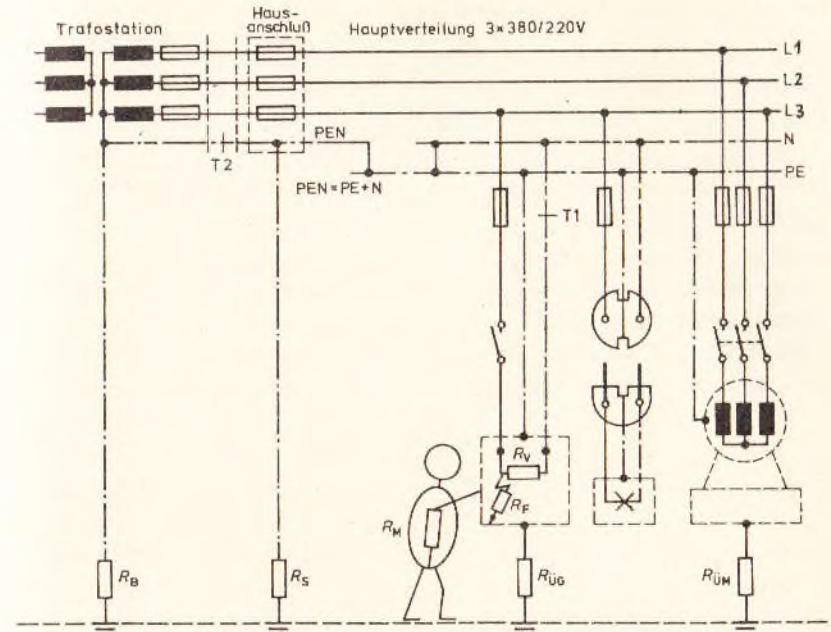
$$U_{PEN} = R \cdot I_K = 0,3 \Omega \cdot 338 \text{ A} = 101 \text{ V}$$

$$U_{UG} = \frac{U_{PEN} \cdot R_{UG}}{R_B + R_{UG}} = \frac{101 \text{ V} \cdot 500 \Omega}{2 \Omega + 500 \Omega} \approx 101 \text{ V}$$

$$I_{UG} = \frac{101 \text{ V}}{500 \Omega} = 0,2 \text{ A}$$

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 T 1 (vgl. Abb. „Klassische Nullung“) steht **volle** Spannung am Körper des Verbrauchers gegen Erde an (Berührungsspannung = 220 V). Bei Unterbrechung des Nulleiters bei Punkt T 2 ist über R_S ein Rückfluß des Stromes möglich, wodurch die Berührungsspannung herabgesetzt wird.



R_V = Widerstand des Verbrauchers R_{UM} = Übergangswiderstand Motor - Erde
 R_{UG} = Übergangswiderstand Gerät - Erde R_S = Widerstand der Schutzterde

Schutzmaßnahme Nullung mit besonderem Schutzleiter (moderne Nullung)

Die Nullung mit besonderem Schutzleiter ist verbindlich vorgeschrieben für Querschnitte unter 10 mm^2 , kann aber auch darüber angewandt werden. Die Funktion ist im Prinzip die gleiche wie bei der Nullung ohne Schutzleiter. Durch die separate Verlegung 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. T 1 kann **keine** Spannung gegen Erde am Verbraucher anstehen. Bei Unterbrechung des Nulleiters bei Pkt. T 2 herrschen die gleichen Verhältnisse wie bei Nullung ohne besonderen Schutzleiter.

Zur Beachtung:

Durch Aufteilung des PEN-Leiters/Nulleiters entstehen Schutzleiter und Neutralleiter/Mittelleiter.

Der Schutzleiter darf nicht für andere Zwecke, z. B. als stromführender Leiter oder Schaltleiter verwendet werden.

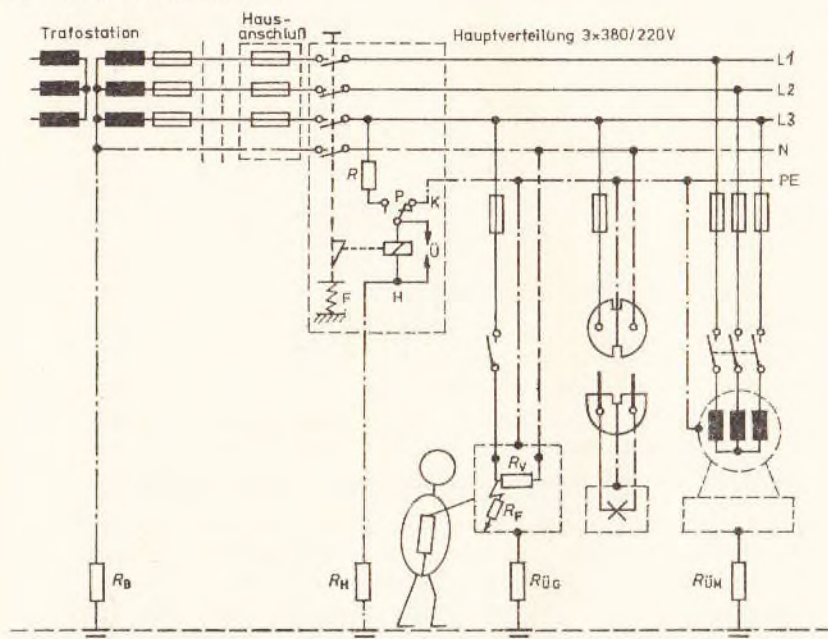
Der Schutzleiter PE ist grüngelb, der Neutralleiter/Mittelleiter ist blau und die Außenleiter L1, L2, L3 sind jeweils schwarz oder braun gekennzeichnet.

Schutz- und Neutral-/Mittelleiter dürfen nicht über Überstromschutzorgane geführt werden.

● Fehlerspannungs-Schutzschaltung

Fehlerspannungs-(FU)-Schutzschaltung ist eine Schaltung, bei der ein FU-Schutzschalter selbsttätig auslöst, wenn zwischen den Körpern und einem Hilfsleiter eine zu hohe Berührungsspannung auftritt.

Die FU-Schutzschaltung soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannung an Körpern verhindern und Außen- und Mittelleiter innerhalb von 0,2 Sekunden abschalten.



R_H = Widerstand der Hilfsleiter
 R = Prüf Widerstand
 P = Prüftaster
 U = Überspannungsableiter

H = Anschluß für Hilfsleiter
 K = Anschluß der Schutzleiter
 F = Feder zur Auslösung

Schutzmaßnahme Fehlerspannungs-Schutzschaltung

Wie aus der Skizze zu erkennen ist, ist sie im Aufbau ähnlich der Schutzterdung 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 Hilfsleiter 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 Hilfsleiter 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 Fehlerspannungsschleife überbrückt wird.

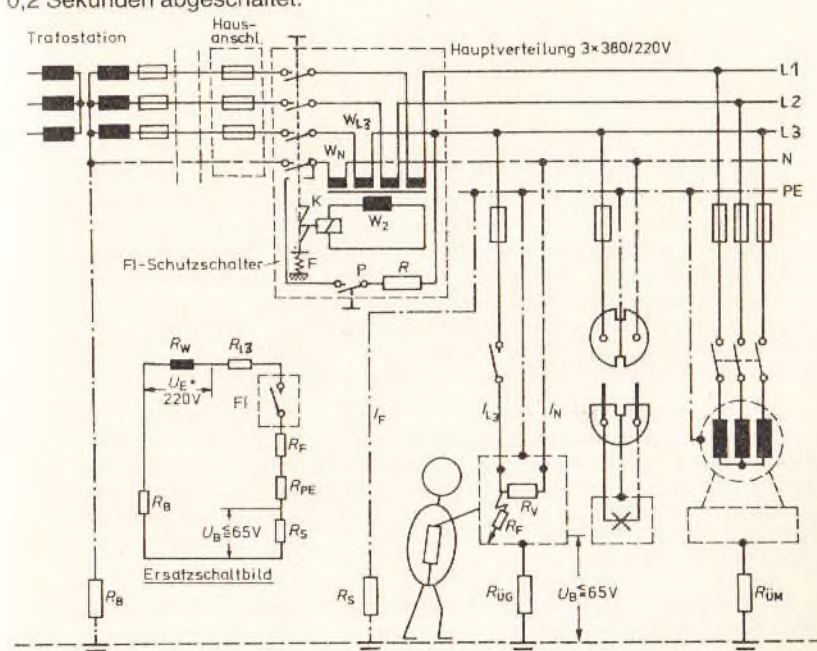
Bei den Erden sind folgende Mindestmaße einzuhalten: Bei Rohrerden 1/2-zölliges Rohr, 1,5 m tief; bei Plattenerden 50 cm $\times$ 50 cm, bei Bänderden 10 m Länge. Die FU-Schutzschalter müssen bis 63 A Nennstrom nach VDE 0663, darüber nach VDE 0660 gebaut sein.

Der Fehlerspannungs-Schutzschaltung kommt heute keine große Bedeutung mehr zu.

● Fehlerstrom-Schutzschaltung

Fehlerstrom (FI)-Schutzschaltung ist eine Schaltung, bei der ein FI-Schutzschalter selbsttätig auslöst, wenn gegen Erde oder über Körper ein Fehlerstrom fließt, der den Nenn-Fehlerstrom des Schalters überschreitet.

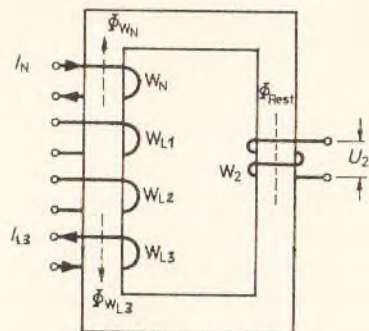
Die Fehlerstrom-Schutzschaltung soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannung an Körpern verhindern. Beim Überschreiten eines bestimmten Wertes des Fehlerstromes I_F werden Außen- und Mittelleiter innerhalb von 0,2 Sekunden abgeschaltet.



K = Klinke
 P = Prüftaster
 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 Schutzterde
 R_B = Betriebswiderstand
 R_V = Widerstand des Verbrauchers
 R_{UG} = Übergangswiderstand Gerät - Erde

Schutzmaßnahme Fehlerstrom-Schutzschaltung



- I_N = Betriebsstrom im Mittelleiter N
- I_{L3} = Betriebsstrom im Außenleiter L3
- W_N = Wicklung Mittelleiter N
- W_{L3} = Wicklung Außenleiter L3
- W_2 = Wicklung auf der Sekundärseite
- Φ_{W_N} = elektromagnetisches Feld der Wicklung W_N
- $\Phi_{W_{L3}}$ = elektromagnetisches Feld der Wicklung W_{L3}
- Φ_{Rest} = tatsächlich auftretendes elektrom. Feld
- U_2 = Spannung auf der Sekundärseite, die zur Auslösung des FI-Schutzschalters führt.

Sämtliche Wicklungen haben gleiche Windungszahlen!

Bei Betrachten 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 $I_N \neq I_{L3} \rightarrow W_N \neq W_{L3} \rightarrow \Phi_{Rest} > 0 \rightarrow U_2 > 0$
 d. h. Spannung U_2 vorhanden!

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. 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. Erreicht der Fehlerstrom I_F den Wert des Nennfehlerstromes (Auslösestrom) $I_{\Delta N}$ des FI-Schutzschalters oder wird dieser überschritten, löst der FI-Schutzschalter allpolig aus ($I_N - I_{L3} \geq I_{\Delta N}$).

Der FI-Schutzschalter kann mit Hilfe der Prüftaste P auf seine mechanische und elektrische Funktion geprüft werden.

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:

$I_{\Delta N}$ (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 $U_B = 65$ V zugelassen ist (in landwirtschaftlichen Betrieben 24 V), darf der Widerstand der Schutzterde nicht höher sein als

$$R_S \leq \frac{65 \text{ V}}{I_{\Delta N}} \text{ bzw. } \leq \frac{24 \text{ V}}{I_{\Delta N}}$$

$I_{\Delta N}$ Nennfehler- strom A	R_S bei $U_B \leq 65$ V Ω	R_S bei $U_B \leq 24$ 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

Schutzerdungswiderstände in Abhängigkeit des Nennfehlerstromes bei FI-Schutzschaltung

Man erkennt, daß bei kleinem Nennfehlerstrom die Schutzmaßnahme auch bei hohen Werten des Schutzerdungswiderstandes 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 Erdungswiderstände nicht mehr möglich sind (z. B. bei Gebäuden auf felsigem Grund).

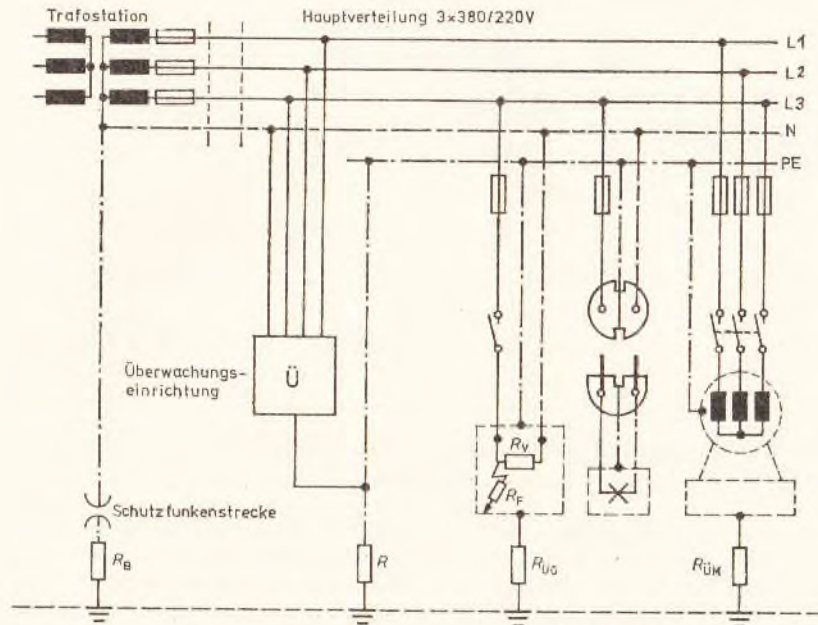
Die Querschnitte der grüngelben Schutzleiter müssen mit mindestens $1,5 \text{ mm}^2$ bei geschützter und 4 mm^2 bei ungeschützter Verlegung bemessen werden. Der Schutzleiter darf mit den Zuleitungen, die vor dem FI-Schutzschalter liegen, nicht in einer gemeinsamen Umhüllung geführt werden, da sonst beim Auftreten eines Isolationsfehlers zwischen Außenleiter und Schutzleiter eine Fehlerspannung 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.

Weitere Angaben über den Einbau eines FI-Schutzschalters sind im Abschnitt 5.11 enthalten.

● Schutzleitungssystem (Schutzmaßnahmen im IT-Netz)

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 Überwachungseinrichtungen muß ständig eine Fachkraft anwesend sein. Die Schutzmaßnahme wird im Bereich der DBP nicht angewandt, soll jedoch der Vollständigkeit halber anhand der Darstellung kurz beschrieben werden.



Schutzmaßnahme Schutzleitungssystem (IT-Netz)

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.

3.2.2.4 Wertung der Schutzmaßnahmen

Die **Schutzisolierung** ist eine bewährte Schutzmaßnahme und ein sicherer Spannungsschutz.

Die **Schutzkleinspannung/Funktionskleinspannung** ist wegen der höchstens zulässigen Spannung von 42 V/50 V eine gute Schutzmaßnahme und ein sicherer Spannungsschutz, wird jedoch wegen der hohen Kosten nur für Verbraucher mit kleinen Leistungen oder in Sonderfällen angewandt.

Die **Schutztrennung** (TT-Netz) 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 **Schutzerdung** hängt vom niederohmigen Wert des Schutzwiderstandes ab. Dieser kann sich jedoch durch Witterungseinflüsse, z. B. anhaltende Trockenheit, erheblich erhöhen. 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** (TN-Netz) ist eine weit verbreitete und bewährte Schutzmaßnahme. Durch die Bestimmungen, nach denen in Anlagen mit Leiterquerschnitten unter 10 mm² ein besonderer Schutzleiter mitzuführen ist, wurde sie übersichtlich und sicher.

Wegen der umständlichen Handhabung des **Schutzleitungssystems** (IT-Netz) 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 **Fehlervolt-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 Fehlerstrom-Schutzschaltung kann gemeinsam mit allen anderen Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter angewendet werden. Schutzerdung, Nullung und FU-Schutzschaltung können leicht auf FI-Schutzschaltung umgestellt werden.

Die Schutzmaßnahmen **Schutzisolierung**, **Schutzkleinspannung**, **Funktionskleinspannung** und **Schutztrennung** können mit jeder anderen Schutzmaßnahme in einer Anlage angewendet werden.

Die gleichzeitige Anwendung von **Schutzerdung** und **Nullung** ist nicht zulässig, da im Fehlerfall ein niedrigerer Erdungswiderstand der Schutzerde über einen höheren Erdungswiderstand der Betriebserde dem Nulleiter eine weit über 65 V liegende Spannung aufdrücken kann (Ausnahme: wenn die PE beider Schutzmaßnahmen miteinander verbunden werden). Ebenfalls ist die Kombination von **Schutzerdung** und **FU-Schutzschaltung** nicht möglich, weil die

Schutzerdung wie ein zum FU-Schutzschalter parallel geschalteter Erder wirkt und damit dessen Funktion aufhebt.

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 Hilfsleiter muß von allen anderen Enden des Nulleiters und von der Wasserleitung mindestens 10 m entfernt sein.

Nullung mit besonderem Schutzleiter und FI-Schutzschalter („Schnelle Nullung“) 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.

3.2.3 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel

Die elektrischen Betriebsmittel müssen für den vorgesehenen Zweck geeignet sein. Sie müssen sowohl den zu erwartenden **elektrischen Beanspruchungen** als auch den **äußeren Einflüssen** am Verwendungsort gewachsen sein.

3.2.3.1 Verlegen von Leitungen und Kabeln

● Allgemeines

Die isolierten Leitungen und Kabel sind genormt. Je nach Anforderung, Leitungs- und Verlegungsart sind Mindestquerschnitte für Leitungen erforderlich (vgl. Tabelle) und bestimmte Leitungsquerschnitte für Stromdauerbelastungen zulässig (vgl. Tabelle in Abschn. 5.14.1, Gruppen 1 bis 3).

Leitungen müssen durch ihre Lage oder durch Verkleidung vor mechanischer Beschädigung geschützt sein. Dazu zählen z. B. Leitungen in Rohren Typ A, Mantelleitungen und Kabel.

An besonders gefährdeten Stellen ist für einen zusätzlichen Schutz zu sorgen (z. B. bei Fußbodendurchführungen übergeschobenes Rohr).

Weitere Informationen für fest verlegte Leitungen und ihre Bemessung sind enthalten in:

Abschnitt 4.1.2.2 Klemmen

Abschnitt 5.2 Rohrleitung, Stegleitung, Mantelleitung und Leitungen in Installationskanälen verlegen

Abschnitt 5.13 Elektrische Anlagen in feuchten Räumen installieren

Abschnitt 5.14 Überstromschutzorgane.

Verlegungsart	Mindestquerschnitt in mm ²	
	bei Cu	bei Al
festе, geschütztе Verlegung	1,5	2,5
Leitungen in Schaltanlagen und Verteilern bei Stromstärken bis 2,5 A über 2,5 A bis 16 A über 16 A	0,5 0,75 1,0	—
offene Verlegung (auf Isolatoren) Abstand der Befestigungspunkte bis 20 m über 20 bis 45 m	4 6	16 16 (mehr- drähtig)
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	
Fassungsdern	0,75	
Lichtketten für Innenräume zwischen Lichtketten und Stecker zwischen den einzelnen Lampen	0,75 0,5	} siehe VDE 0710 Teil 3
Starkstrom-Freileitungen	siehe VDE 0211	

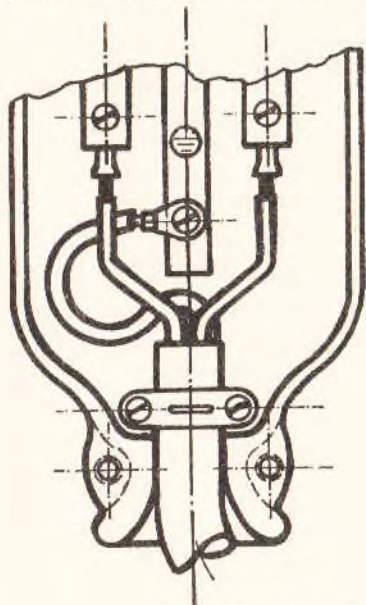
Mindestquerschnitte für Leitungen

● Anschluß beweglicher Leitungen

Anschlüsse müssen immer sehr sorgfältig 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 nicht mit NYM-Leitungen). Außerdem ist zu beachten, daß die bewegliche Leitung genügend lang ist, um das nachträgliche Abrücken des Geräts zu ermöglichen,



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

Beispiel für den Anschluß einer flexiblen Leitung

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, z. B. durch Schwingungen.

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

- Leitungsadern müssen gegen **Verdrehen** gesichert sein.
- Leitungsumhüllungen müssen gegen **Abstreifen** gesichert sein.
- An der Einföhrungsstelle muß das **Knicken** der Leitungen durch Abrunden der Einföhrungsstelle 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 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 spannungsföhrenden Adern auf Zug beansprucht werden.
- 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 mit Kabelschuhen oder Aderendhülsen angebracht.

3.2.3.2 Schaltgeräte

Mit den Schaltgeräten können Stromkreise freigeschaltet werden. Dazu zählen:

- Schaltgeräte für den Schutz gegen gefährliche Körperströme, z. B. FI-Schutzschalter (5.11);
- Schaltgeräte für den Überstromschutz, z. B. Leitungsschutz-Sicherungen und -Schalter (4.2.4, 5.14);
- Schaltgeräte für den Schutz bei Überspannung, z. B. Überspannungsableiter;
- Schaltgeräte für den Schutz bei Unterspannung;

- Geräte zum Trennen und Schalten, z. B. Installationsschalter, Steckvorrichtungen (4.2, 5.3, 5.4, 5.12).

Die in Klammern angegebenen Zahlen weisen auf Abschnitte hin, in denen die entsprechenden Schaltgeräte näher erläutert sind.

3.2.4 Leuchten und Beleuchtungsanlagen

Leuchten müssen VDE 0710 entsprechen; Vorschaltgeräte für Leuchten mit Entladungslampen VDE 0712.

Lichtquellen und die damit zusammenhängenden lichttechnischen Begriffe sind in Abschnitt 5.15 beschrieben.

3.2.5 Prüfung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren und Abnahme elektrischer Anlagen

3.2.5.1 Allgemeine Hinweise

In VDE 0100 Teil 600 (alt 0100 g § 22 a) 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 nachfolgenden Tabelle sind die im Bereich der DBP festgelegten Prüf-
fristen, 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 maschinen-technischen 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 Meß-
ergebnisse.

Schutzmaßnahme	Prüfungen							
	Besichtigung	Erprobung	Messungen					
		Betätigung der Prüf- einrich- tungen	Erdungs- wider- stands- messung	Schleifen- wider- stands- messung	Isolations- messung	Wider- stands- messung	Fehler- span- nungs- messung	Span- nungs- messung
Schutzerdung	②	—	④ A	④ B	—	④ A	—	④ A
Nullung	②	—	⑤ A	④ B	④ A	④ B	—	④ A
Schutzleitungs- system	②	② A	②	—	—	②	—	④ A
FU-Schutzschaltung	②	② A	—	—	—	④ A	② B	④ A
FI-Schutzschaltung	②	② A	② B	—	② A	④ A	② B	④ A
Schutz- kleinspannung	②	—	—	—	④ A	—	—	④ A
Schutztrennung	② B	—	—	—	④ A	—	—	④ A
Schutzisolierung	②	—	—	—	—	—	—	—
Standortisolierung	④ A	—	—	—	④ A	—	—	—

② = 2jährige Prüfung

A = jährliche Zustandsprüfung u. 3jährige elektrische Prüfung in explosionsgefährdeten Räumen

B = 10jährige Prüfung in Büros, Wohnungen und zugehörigen Treppenhäusern

Prüffristen zur Prüfung der Schutzmaßnahmen

Die Prüfungen umfassen:

- **Besichtigung,**
- **Erprobung** und
- **Messung**

(siehe auch VDE 0100 Teil 600, Tabelle (alt 0100 g, Tabelle 22-1))

3.2.5.2 Besichtigung

Bei der Besichtigung sollen mit den Augen feststellbare Mängel ausfindig gemacht werden. Die Besichtigung umfaßt auch die Überprüfung der Einrichtungen zur Unfallverhütung, Brandbekämpfung und Ersten Hilfe.

● 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 3.2.2.3 unter Abschn. „Schutzerdung“ u. „Nullung“), daß sie einwandfrei verlegt und zuverlässig angeschlossen (gegen Selbstlockern gesichert) sind. Der Schutzleiter (in seinem ganzen Verlauf grün/gelb) 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-Mittelleiter und Schutzleiterklemmen zu ihren Stromkreisen, muß gekennzeichnet sein, um Verwechslungen zu vermeiden. Die Schutzleiterschienen 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.

● 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.

Die Schutzisolierung darf nicht durch leitfähige Teile oder durch Beschädigung unwirksam sein.

3.2.5.3 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.

3.2.5.4 Messung

Durch Messung müssen die Werte ermittelt werden, die eine Beurteilung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme ermöglichen. Für die **Spannungsmessung** sind Geräte mit Meßbereichumschaltung, 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.

Für die **Isolationsmessung** nach VDE 0100 Teil 600 (alt 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.

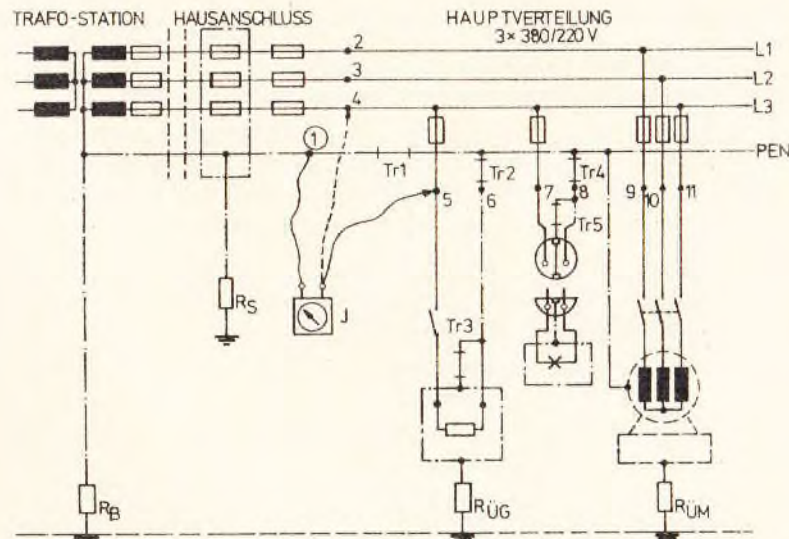
Als Meßgerät eignet sich beispielsweise der Isolationsmesser METRISO 500 VW von der Firma Metrawatt, der den VDE-Bestimmungen 0413 entspricht. Das Gerät wird mit einer eingebauten Batterie betrieben und erzeugt über einen Generator die Meßspannung.

Mit der Isolationsmessung wird auch die Erdschlußfreiheit des zur Prüfung vom Netz abgetrennten Mittelleiters festgestellt.

Praktische Meßdurchführung:

● 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.) bei aufgetrenntem Nullleiter bei Tr 1 zwischen den Meßpunkten 1-2, 1-3 und 1-4 keine zufriedenstellenden



2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 = Meßpunkte
① Meßpunkt Erde (= Bezugsmeßpunkt)
Tr1, Tr2, Tr3, Tr4, Tr5 = Trennstellen
 R_{UG} , R_{UM} = Übergangswiderstände
I = Isolationsmesser

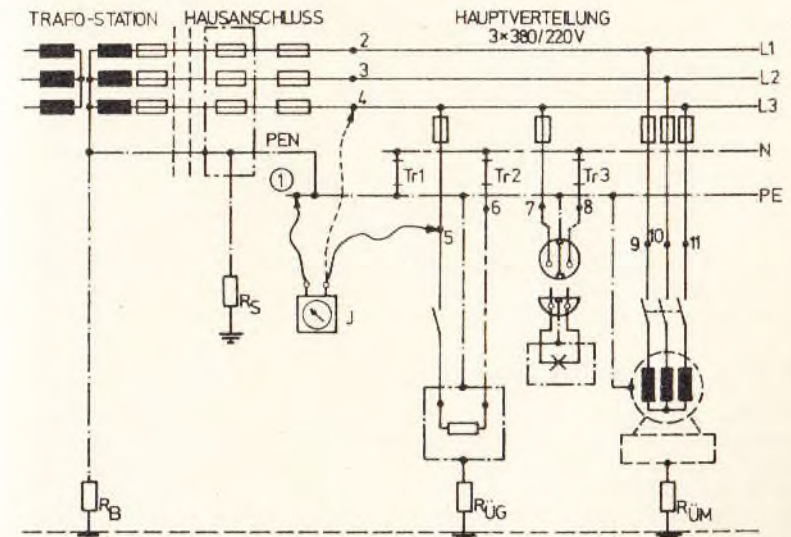
Die Messung ist an der Verteilung vorzunehmen. **Vor der Messung** muß der zu prüfende Stromkreis **freigeschaltet** werden.

Isolationsmessung bei Nullung ohne besonderen Schutzleiter

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.) 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 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.



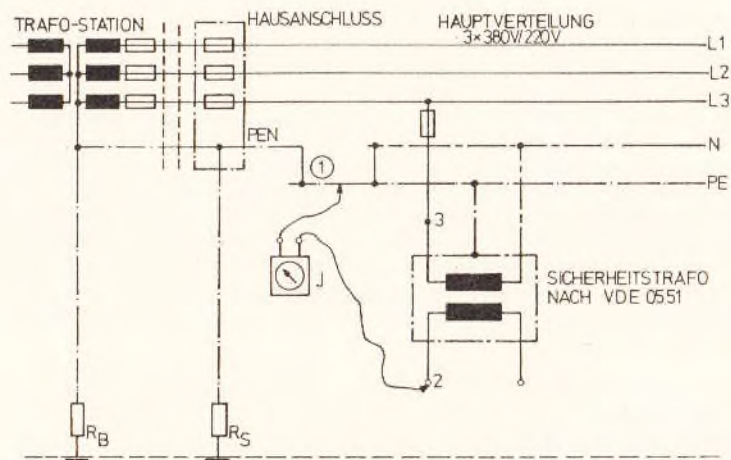
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 = Meßpunkte
① Meßpunkt Erde (= Bezugsmeßpunkt)
Tr1, Tr2, Tr3 = Trennstellen
 R_{UG} , R_{UM} = Übergangswiderstände
I = Isolationsmesser

Die Messung ist an der Verteilung vorzunehmen. **Vor der Messung** muß der zu prüfende Stromkreis **freigeschaltet** werden.

Isolationsmessung bei Nullung mit besonderem Schutzleiter

● Isolationsmessung bei Schutzkleinspannung

Die Abb. 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 höherer Spannung verbunden ist. Die gemessenen Werte müssen mindestens 220 000 Ω betragen.



- 1 = Isolationsmesser
① = Meßpunkt Erde (Bezugsmeßpunkt)
2, 3 = Meßpunkte
- Die Messung ist am primär- und sekundär-seitig freigeschalteten Kleinspannungs-Trafo vorzunehmen.

Isolationsmessung bei Schutzkleinspannung

- Bei der **Isolationsmessung bei Schutztrennung** genügt eine Messung zwischen Sekundärseite und Erde zur Feststellung der Erdschlußfreiheit. Vor der Messung ist der Trenntransformator freizuschalten.

● 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 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

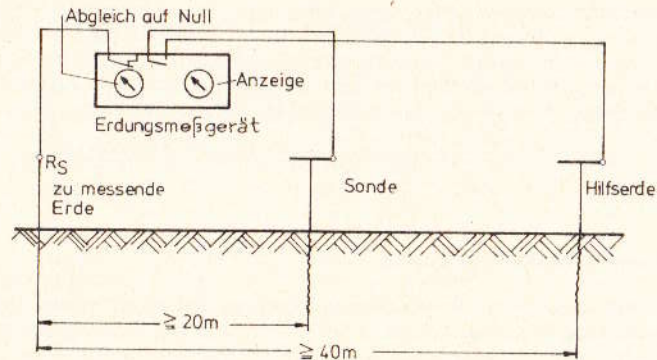
(N) hinter dem Aufteilungspunkt nicht wieder miteinander verbunden wurden. Dazu muß der zu messende Stromkreis freigeschaltet und der Mittelleiter an der Verteilung aufgetrennt werden. Am Verbraucher wird dann zwischen PE und N gemessen, wobei sich ein möglichst hochohmiger Wert (mindestens 220 000 Ω) ergeben muß. Bei darunter liegenden Werten muß die fehlerhafte Verbindung gesucht und beseitigt werden.

Widerstandsmessungen sind bei allen Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter erforderlich.

● Erdungswiderstandsmessung

Bei den **Schutzmaßnahmen Schutzterdung, Nullung, Schutzleitungssystem und FI-Schutzschaltung** muß zum Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme der Erdungswiderstand gemessen werden. Durch Berechnung wird nachgewiesen, 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 verbunden. Die Betriebserde darf 2 Ohm nicht überschreiten. Als Meßgerät eignet sich der Erdungsmesser GEOHM 2. In der Abb. 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.



Erdungswiderstandsmessung

R_S bei Schutzterdung 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

= 5 bei Sicherungen träge ab 63 A

= 2,5 bei LS-Schalter Typ H

R_S bei FI-Schutzschaltung:¹

$$R_S = \frac{65 \text{ V}}{I_{\Delta N}}$$

$I_{\Delta N}$ = Nenn-Fehlerstrom des FI-Schutzschalters

R_S bei Nullung:¹

Nach VDE kein fester Wert vorgeschrieben, R_S jedoch möglichst klein halten!

R_B bei Nullung:¹ $R_B \leq 2 \Omega$

¹ In Fernmeldedienstgebäuden (OVSt) nach FBO 14 R_S bzw. R_B

≧ 10 Ω bis 500 AE

≧ 5 Ω über 500 AE bis 1000 AE

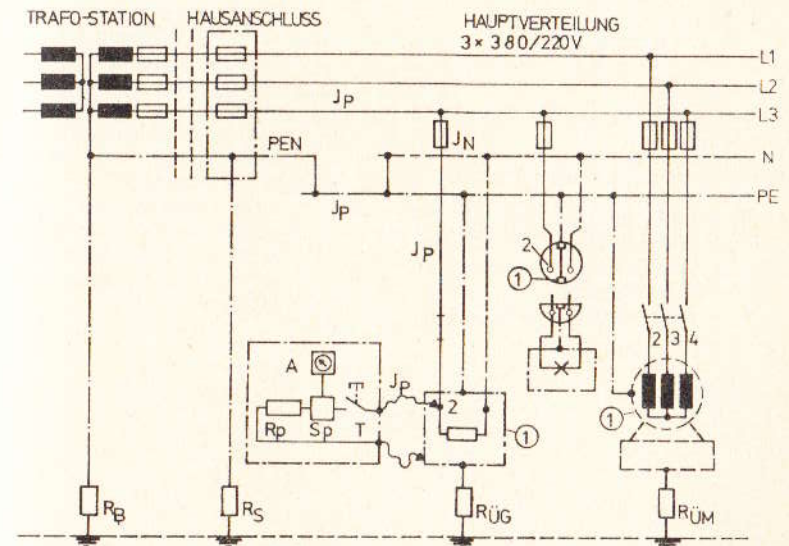
≧ 2 Ω über 1000 AE bis 2000 AE

≧ 0,5 Ω über 2000 AE

Es muß jeweils der niedrigere von beiden Werten erreicht werden!

● Schleifenwiderstandsmessung

Bei der Schutzmaßnahme Schutzterdung muß durch Messung des Widerstandes der Leiterschleife, bei der Schutzmaßnahme Nullung durch Messung des Kurzschlußstromes zwischen Außenleiter und Nulleiter oder besonderem Schutzleiter nachgewiesen werden, daß beim Auftreten eines vollkommenen Kurzschlusses mindestens der Abschaltstrom I_A des nächsten vorgeschalteten Überstromorgans zum Fließen kommt. Die Darstellung zeigt am Beispiel der Nullung mit besonderem Schutzleiter die Messung, die bei Nullung ohne besonderen Schutzleiter und bei Schutzterdung 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_p = Prüfstrom ca. 22 Ω

I_p = Prüfstrom ca. 10 A

T = Taste

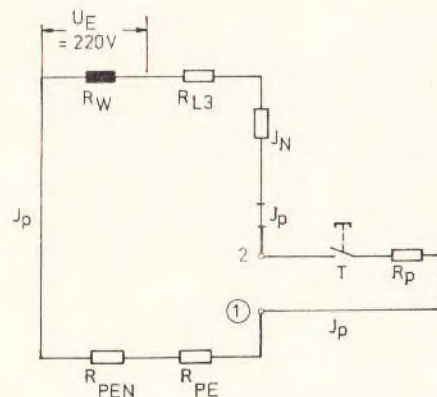
S_p = Einrichtung zur Abschaltung nach 1 bis 3 gemessenen Halbwellen und Meßwerterspeicherung

A = Meßwertanzeige

① = Meßpunkte Körper, Schutzkontakt

2, 3, 4 = Meßpunkte der Außenleiter

Messung des Schleifenwiderstandes bei Nullung mit bes. Schutzleiter



$$R_{Sch} = R_W + R_{L3} + R_{PE} + R_{PEN}$$

$$I_A = I_N \cdot k$$

Abschaltbedingung erfüllt bei $I_K \geq I_A$

R_W = Widerstand der Wicklung
 R_{PE} = Widerstand des Schutzleiters
 R_{PEN} = Widerstand des Nulleiters
 R_P = Prüf Widerstand
 R_{L3} = Widerstand des Außenleiters
 I_P = Prüfstrom

Schleifenwiderstand

Beispiel:

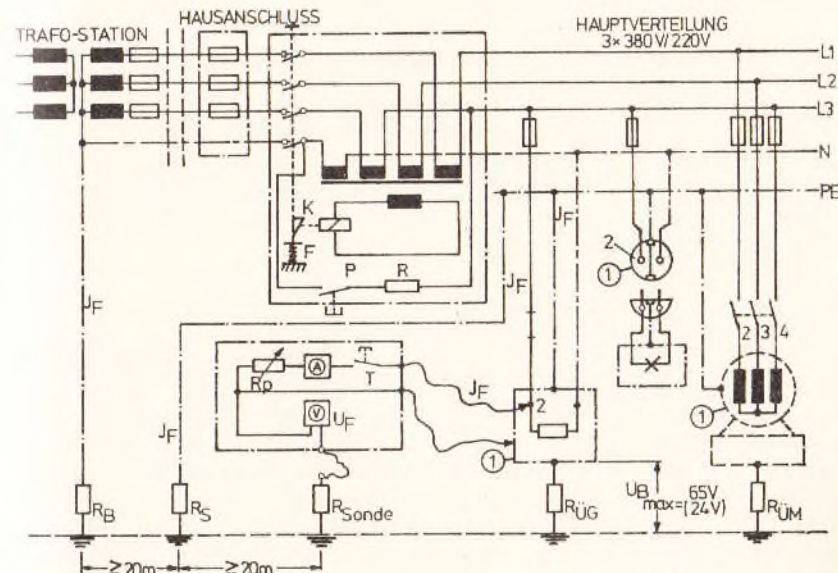
Das in der Darstellung aufgezeichnete Gerät sei mit einer Sicherung mit 25 A Nennstrom abgesichert. Der Faktor k beträgt hierfür 3,5, so daß sich ein Abschaltstrom von $I_A = I_N \cdot k = 25 \text{ A} \cdot 3,5 = 87,5 \text{ A}$ errechnet. Gemessen wurde ein Kurzschlußstrom $I_K = 420 \text{ A}$. Da der gemessene Wert weit über dem errechneten liegt, ist die Abschaltbedingung erfüllt.

Nach VDE 0100 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. Bei fehlerfreien Anlagen liegen die Widerstände in der Praxis unter 1Ω .

Messung der Fehlerspannung bei der FI-Schutzschaltung

Das Prinzip der Messung ist aus dem Schaltplan ersichtlich. Bei eingeschaltetem FI-Schutzschalter wird zwischen den Meßpunkten 1 und 2 gemessen.

Der Prüf Widerstand 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. 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 = Prüf Widerstand 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

① = Meßpunkte Körper, Schutzkontakte

2, 3, 4 = Meßpunkte der Außenleiter

Messung der Fehlerspannung und Prüfung der Funktion bei der FI-Schutzschaltung

● Messung der Fehlerspannung bei der FU-Schutzschaltung

Das Prinzip der Messung ist ähnlich dem der FI-Schutzschaltung und wird wegen der geringen Bedeutung der FU-Schutzschaltung nicht weiter behandelt.

3.2.6 Zusatzbestimmungen für Betriebsstätten und Räume sowie Anlagen besonderer Art

3.2.6.1 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.

3.2.6.2 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.

3.2.6.3 Feuchte und nasse Räume

In feuchten und nassen Räumen dürfen für feste Verlegung nur **Feuchtraumleitungen** (z. B. NYM) nach VDE 0250 oder **Kabel** nach 0255, 0265 oder 0271 verwendet werden. Als bewegliche Leitungen müssen mindestens Leitungen H07RN-F nach VDE 0282 verwendet werden. Die elektrischen Betriebsmittel müssen mindestens tropfwassergeschützt in der Schutzart IP X1 (s. Abschnitt 3.6) 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 angestrahnten Betriebsmittel mindestens strahlwassergeschützt sein (Schutzart IP X5; Kurzzeichen zweimal je 1 Tropfen im Dreieck).

Steckvorrichtungen müssen ein Gehäuse aus Isolierstoff haben. Handleuchten müssen strahlwassergeschützt 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.

3.2.6.4 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 X3), Leuchten mindestens regengeschützt ausgeführt sein.

Für Baustellen gelten weitergehende VDE-Bestimmungen.

3.2.6.5 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 5.2.1.7.

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.

Zur Lernerfolgssicherung

- Welchem Zweck dienen die VDE-Bestimmungen?
- Welche Thematik hat die VDE 0100?
- Was versteht man unter dem Begriff Verbraucheranlage?
- Was sind elektrische Betriebsmittel?
- Definieren Sie den Begriff Schutzleiter!
- Für welche Leiter darf die Farbe hellblau verwendet werden?
- Geben Sie an, was man unter Körperschluß versteht.
- Begründen Sie, wann Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren notwendig sind.
- Beschreiben Sie den Unterschied zwischen „moderner Nullung“ und „klassischer Nullung“ in einer Elektroanlage.
- Welche Schutzmaßnahmen sind in einer Hausinstallation erlaubt?
- Nennen Sie Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter.
- Welche Isolationswiderstände müssen bei der Prüfung einer 380/220 V-Hausinstallation zwischen den Leitern eingehalten werden? Erläuterung!

3.3 VDE-Bestimmungen 0105

Bestimmungen für den Betrieb von Starkstromanlagen

Die seit 01. 05. 75 gültigen Bestimmungen beziehen sich auf den Betrieb von Starkstromanlagen, die nach VDE 0100 (bis 1000 V Nennspannung) und nach VDE 0101 (über 1000 V Nennspannung) errichtet worden sind. Zu den Starkstromanlagen gehören auch die Stromversorgungsanlagen für fernmeldetechnische Einrichtungen. Für den Betrieb von Hausinstallationen (Starkstromanlagen in Wohnungen) gelten sie in einigen Punkten.

Die VDE 0105 ist eine Sicherheitsnorm (DIN 57 105). Sie legt für die an elektrischen Anlagen oder in der Nähe von elektrischen Anlagen arbeitenden Personen fest

- Mindestanforderungen für das Verhalten
- Ausrüstung.

3.3.1 Betrieb von Starkstromanlagen

Unter Betrieb versteht man das Bedienen und Arbeiten an Starkstromanlagen.

3.3.1.1 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.

3.3.1.2 Arbeiten

Das Arbeiten umfaßt

- Warten (Reinigen von offenen Geräten und elektrischen Betriebsstätten, Schmieren, Anstreichen; regelmäßige Kontrolle),
- Überwachen (Besichtigen, Messen, Prüfen; gelegentlich oder regelmäßig),
- Instandsetzen und Auswechseln (Beseitigen von Störungen; Auswechseln von Lampen, NH-Sicherungen und abgenutzten oder beschädigten Teilen),
- Erweitern oder Verkleinern elektrischer Anlagen,
- Probelaufe.

Arbeiten an Starkstromanlagen dürfen nur von dazu berechtigten Personen ausgeführt werden (im allgemeinen Fachkräfte).

3.3.1.3 Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen

Dieser Begriff umfaßt 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.

3.3.1.4 Arbeitskräfte

Grundsätzlich wird zwischen folgenden Personen unterschieden:

1. der für den Elektrobetrieb Verantwortliche (z. B. Meister, Ingenieur),
2. die Fachkraft,
3. die unterwiesene Person,
4. der Laie (Personen ohne Fachkenntnisse).

Die VDE 0105 nennt nur die Fachkräfte und die unterwiesenen Personen.

● Fachkraft

Als Fachkraft (Fachmann) gilt, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann.

Eine systematische Berufsausbildung als Geselle, Facharbeiter, Meister oder Ingenieur gilt als Nachweis für die Eigenschaften einer Fachkraft.

Als Fachkraft kann aber auch erklärt werden, wer eine mehrjährige, einschlägige Tätigkeit auf dem betreffenden Arbeitsgebiet nachweisen kann (einschl. Aus- bzw. Fortbildungskurse).

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).

● Unterwiesene Person

Als unterwiesene Person gilt, wer über die ihm übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde. Der Grad der Unterweisung richtet sich nach der Person, der Aufgabe und den örtlichen Verhältnissen.

Fernmeldetechnisch vorgebildete Mitarbeiter der DBP können, nachdem sie sich in entsprechenden Arbeitsgebieten bewährt und Fortbildungslehrgänge besucht haben, zur Fachkraft bzw. zur unterwiesenen Person ernannt werden. Der Fernmeldehandwerker ist nach seiner Handwerkerprüfung deshalb im Sinne der VDE 0105 weder Fachkraft noch unterwiesene Person, auch dann nicht, wenn er während der Ausbildung bereits Installationen in der Niederspannungstechnik ausgeführt hat.

Zur Zeit werden den Auszubildenden im Fernmeldehandwerk in vermehrtem Umfang Kenntnisse und Fertigkeiten der Installationen am Starkstromnetz vermittelt. Die Bescheinigung über diese erfolgte Ausbildung, eine praktische Tätigkeit auf diesem Gebiet und die aufbauende Fortbildung mit abschließendem Leistungsnachweis sind beste Voraussetzungen zur Ernennung als Fachkraft. Dies gilt besonders für jene Junghandwerker, denen aus Personalbedarfsgründen im Fernmeldewesen kein Arbeitsplatz angeboten werden kann.

Nach dem Merkblatt der DBP für das maschinentechnische Personal bei den Ämtern dürfen folgende Arbeiten an Starkstromanlagen mit Spannungen bis 250 V gegen Erde ausgeführt werden

- von **Fachleuten** alle Arbeiten, die bei der Unterhaltung der 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 Fachkräften ebenfalls Fachkräfte sein.

3.3.1.5 Einsatz von Arbeitskräften

Den Arbeitskräften sind bekanntzugeben, zu erläutern und deren Befolgung zur Pflicht zu machen

- Sicherheitsbestimmungen
- Betriebsanordnungen
- Arbeitsvorschriften.

In angemessenen Zeitabständen sind diese Themen zu wiederholen.

3.3.1.6 Gänge und Bedienungsräume

Zugänge zu Schalt- und Verteilungsanlagen, zu Schaltern, Anzeigevorrichtungen und Maschinen sind **ständig freizuhalten**.

3.3.2 Erhalten des ordnungsgemäßen Zustandes

Starkstromanlagen sind den Errichtungsbestimmungen entsprechend (z. B. VDE 0100) in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten.

Das Erhalten des ordnungsgemäßen Zustandes dient

- der Betriebssicherheit
- der Unfallverhütung
- dem Brandschutz.

Starkstromanlagen 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.

Zur Erhaltung des ordnungsgemäßen Zustandes zählt auch, daß **geflickte Sicherungen nicht verwendet** werden dürfen.

3.3.3 Herstellen und Sicherstellen des spannungsfreien Zustandes vor Arbeitsbeginn und Freigabe zur Arbeit

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.

3.3.3.1 Beachtung der 5 Sicherheitsregeln vor Beginn der Arbeit

- 1 Freischalten
- 2 Gegen Wiedereinschalten sichern
- 3 Spannungsfreiheit feststellen
- 4 Erden und Kurzschließen *(nur für Freilg. >1000V)*
- 5 Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken und abschränken

① Freischalten

In Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V, an denen gearbeitet werden soll, allseitiges Abschalten aller Außenleiter:

- Schmelzeinsätze herausdrehen,
- Leitungsschutzautomaten ausschalten,
- Schalter ausschalten,
- Netzstecker ziehen.

② Gegen Wiedereinschalten sichern

Betriebsmittel, z. B. Schalter, mit denen freigeschaltet worden ist, sind gegen Wiedereinschalten zu sichern:

- Schraubkappen von Schraubsicherungen wieder leer einschrauben, Sicherungen an sicherem Ort aufbewahren,
- Klebefolie oder Steckkappe bei Leitungsschutzautomaten anbringen,
- Benutzung mechanischer Verriegelungseinrichtungen bei handbetätigten Schaltern,
- Sicherheitsschilder (Verbotsschilder) an Schaltgriffen oder Antrieben von Schaltern, Steuerschaltern usw. zuverlässig anbringen.



Schilder zur Sicherung gegen Wiedereinschalten

③ Spannungsfreiheit feststellen

Die Spannungsfreiheit darf nur durch eine Fachkraft oder durch eine unterwiesene Person festgestellt werden, allpolig und zuverlässig:

- mit 2poligen Spannungsprüfern oder mit Meßgeräten (unmittelbar vor Benutzung auf einwandfreie Funktion prüfen).

④ Erden und Kurzschließen

Diese Regel gilt für Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1000 V und in Freileitungsanlagen auch bis 1000 V, und zwar: Erst erden, dann kurzschließen.

⑤ Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

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 Werkstücke, Leitungsschienen, Leitern, Gerüstteile, so muß vor Aufnahme der Arbeiten der unter Spannung stehende Teil durch zuverlässig angebrachte isolierende Abdeckungen oder andere geeignete Einrichtungen geschützt werden.

Fälle können auftreten bei

- Stromversorgungsanlagen für fernmeldetechnische Einrichtungen
- Hausinstallationen in Hausanschlußkästen und Zählereinrichtungen.

3.3.3.2 Freigabe zur Arbeit

Freigabe erst dann, wenn sich die aufsichtsführende Person davon überzeugt hat, daß die 5 Sicherheitsregeln beachtet worden sind.

– Arbeit ausführen –

3.3.4 Unterspannungsetzen nach beendeter Arbeit

- Entfernen von Personen und Sachen: entbehrliche Personen, Werkzeuge, Hilfsmittel
- Aufheben der für die Arbeit getroffenen Schutzmaßnahmen: Kurzschließ- vor Erdverbindung entfernen
- Wiederherstellen des Betriebszustandes: erforderliche Schutzvorrichtungen und Sicherheitsschilder anbringen
- Verständigung: dem zuständigen Bedienungspersonal Arbeitsende mitteilen
- Einschalten: Besondere Benachrichtigungsverfahren, wenn mehrere Ausschaltstellen bzw. Personen beteiligt sind („Meldung der Einschaltbereitschaft“).

3.3.5 Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen

Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen bringen erhöhte Gefahren mit sich. Sie erfordern sehr viel Fachkenntnis, Erfahrung und Verantwortungsbeußtsein und bleiben daher auf **Ausnahmen beschränkt**.

Arbeiten unter Spannung dürfen nur **geeignete Fachkräfte** und in bestimmten Fällen mindestens unterwiesene Personen ausführen.

- **Grundsätzlich erlaubt** sind Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen, wenn
 - die Nennspannung zwischen den Außenleitern und die Spannung zwischen Außenleiter und Erde nicht höher als ⁴² V Wechselspannung oder ⁶⁰ V Gleichspannung sind die Stromkreise nach VDE 0171 eigensicher sind ¹²⁰
 - erhebliche Gefahren, z. B. für Leben und Gesundheit von Personen oder Brand- und Explosionsgefahren, abzuwenden sind.
- **Mit Einschränkungen erlaubt** sind Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen, wenn
 - die Nennspannungen über 42 V Wechselspannung oder 60 V Gleichspannung bis zu Nennspannungen von 500 V Wechsel- und Gleichspannung sind. In feuchten und nassen Räumen und im Freien muß außer der Fachkraft eine zweite mindestens unterwiesene Person anwesend sein, wenn die Arbeiten durch beengte Raumverhältnisse, starke Witterungseinflüsse usw. erschwert werden.
- **Grundsätzlich nicht erlaubt** sind Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen
 - in feuergefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen (Ausnahme: wenn im Arbeitsbereich keine Brandgefahr besteht).

3.3.6 Persönliche Schutzausrüstung

Nach der Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ sind für Arbeiten an elektrischen Anlagen die erforderlichen Schutzeinrichtungen

Fuckus +

gen 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
- wegliegende Teile bei Kurzschluß.

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.

Zur Lernerfolgssicherung

- Beschreiben Sie den Personenkreis, der an Starkstromanlagen Arbeiten vornehmen darf!
- Nennen Sie die 5 Sicherheitsregeln mit praktischen Ausführungsmöglichkeiten.
- Wer ist nach VDE 0105 „unterwiesene Person“?

3.4 VDE-Bestimmungen 0190

Bestimmungen für das 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.

3.4.1 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 Funktionserder 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 0190/5.73 erfüllen. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme muß auch während der Umstellzeit erhalten bleiben.

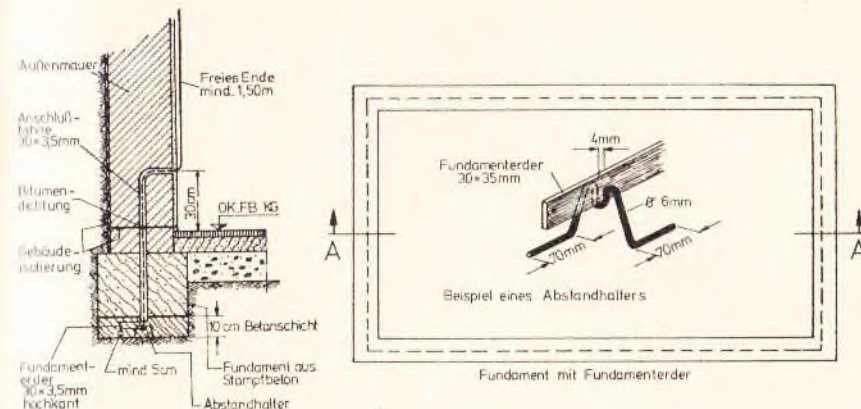
3.4.2 Erdungen

Wasserrohrnetze dürfen nur in Sonderfällen als Schutz- oder Funktionserder verwendet werden.

Gasrohrnetze, Gasinnenleitungen, Heizrohrnetze und Heizrohrleitungen dürfen weder als Schutz- und Funktionserder, 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 Gebäudefundamente 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. Die dauernde Wirksamkeit des Fundamenterders wird dadurch erreicht, daß er im Beton eingebettet gegen Korrosion geschützt ist.



Fundamenterder

Die Abbildung zeigt die Anordnung der Fundamenterder bei Betonfundamenten. Als Werkstoff ist verzinkter Bandstahl 30 mm x 3,5 mm oder verzinkter Rundstahl mit 10 mm $\varnothing$ 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 Blitzschutzterder benutzt werden.

3.4.3 Potentialausgleich

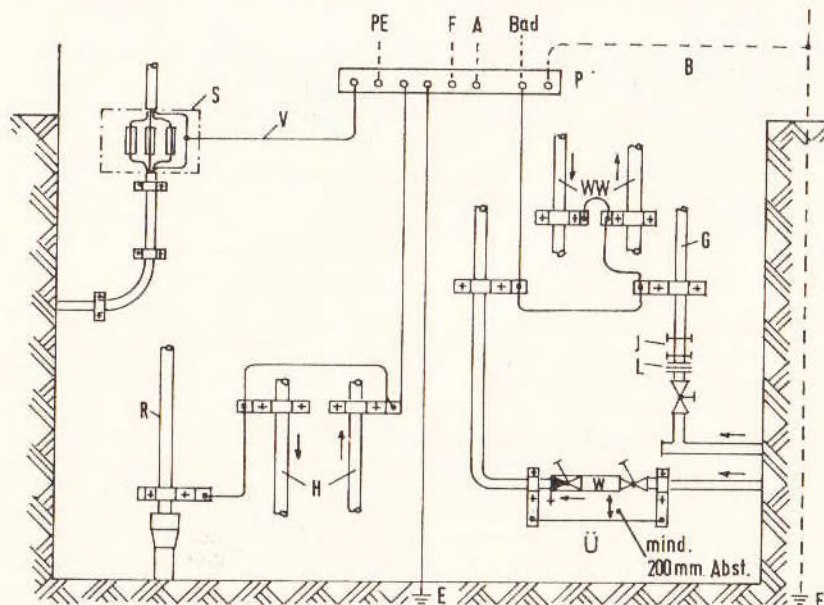
Für neu errichtete Verbraucheranlagen gilt:

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, Schutzterdung, Schutzleitungssystem oder Fehlerstrom-Schutzschaltung sind am Anfang der Verbraucheranlage in den Potentialausgleich einzubeziehen.

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.

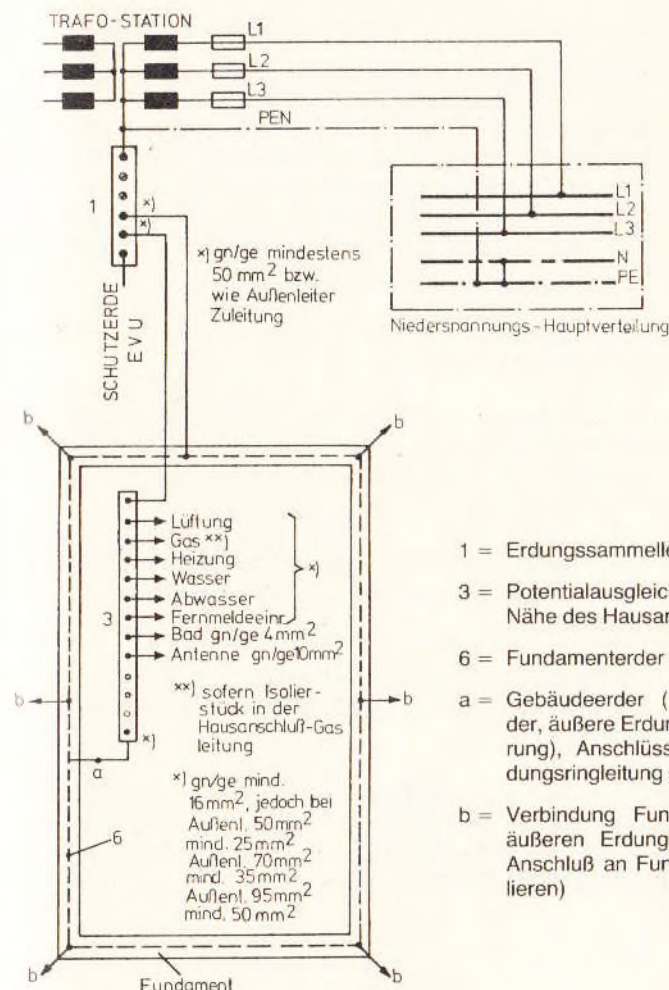
Die Schutzmaßnahmen in den elektrischen Verbraucheranlagen müssen auch ohne Potentialausgleichsleitungen wirksam sein. Die Potentialausgleichsleitungen dürfen die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme nicht beeinträchtigen.



- | | |
|----------------------------------|--|
| 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 | je nach Schutzmaßnahme |
| W Wasserzähler | Ü Überbrückung nur mit Absprache des EVU |
| WW Warmwasser | |

Sämtliche Verbindungsleitungen sind entsprechend den Außenleitern des Hausanschlußkabels nach VDE 0100/5.73 Tabelle 9-2 (siehe auch Abschnitt 3.2.2.3 unter „Schutzerdung“, Tabelle Mindestquerschnitte) 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 Anschlußstellen darf keine Weichbleizwischenlage verwendet werden.

Erdungsanlage und Potentialausgleich in einem Wohngebäude



- 1 = Erdungssammelleiter
- 3 = Potentialausgleichsschiene in der Nähe des Hausanschlusses
- 6 = Fundamenterder
- a = Gebäudeerder (= Fundamenterder, äußere Erdungsanlage, Armierung), Anschlüsse an innere Erdsringleitung gn/ge 50 mm²
- b = Verbindung Fundamenterder zur äußeren Erdungsanlage (einschl. Anschluß an Fundamenterder isolieren)

Erdungsanlage und Potentialausgleich in Postdienstgebäuden mit Niederspannungsanschluß (Schutzmaßnahme Nullung)

3.4.4 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 vorgeschriebenen Schutzleiters 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.

Bei **Niederspannungsversorgung** wird die Potentialausgleichsschiene isoliert in der Nähe des Hausanschlusses montiert.

Bei **Mittelspannungsanlagen** ist in FDG anstelle der Potentialausgleichsschiene eine innere Erdungsringleitung zu verlegen, an die auf kürzestem Weg die Potentialausgleichsleitungen, fernmeldetechnischen Einrichtungen und Kabel angeschlossen werden.

Anschlüsse in Verbrauchsanlagen an Wasserverbrauchsleitungen, Gasinnenleitungen und Heizrohrleitungen sind von dem Errichter der elektrischen Anlage fachgerecht auszuführen.

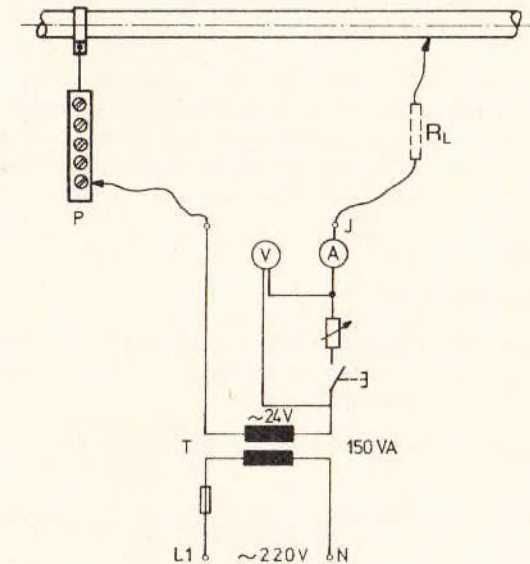
Alle Anschlüsse müssen gut und dauerhaft Kontakt geben. Erdungsklemmen (Erdungsschnellen) müssen VDE 0609 entsprechen und für die zu klemmenden Leiterquerschnitte geeignet sein.

Anschlußklemmen zum Verwenden im Erdboden müssen verzinkt sein oder aus dem gleichen Werkstoff bestehen wie die Rohrleitungen. Die Verbindungsstellen müssen gegen Korrosion geschützt sein, z. B. durch wasserdichte und säurefeste Umhüllungen, plastische Binden, Umgießen.

3.4.5 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 0100 Teil 600 (alt 0100 g) 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 3 Ohm bei einem Prüfstrom von etwa 5 A nicht überschreitet. Die Prüfung kann nach der folgenden Abbildung durchgeführt werden.



$$R = \frac{U_1 - U_2}{I} - R_L$$

U_1 = Spannung bei offenem Prüfkreis

U_2 = Spannung bei geschlossenem Prüfkreis

I = Prüfstrom

R_L = Widerstand der Meßleitung

T = Transformator

P = Potentialausgleichsschiene

Prüfung des Potentialausgleichs

3.5 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.

3.5.1 Teil 1: Allgemeine Bestimmungen

3.5.1.1 Gültigkeit und Geltungsbereich (§ 1 und § 2)

Für die Errichtung und den Betrieb von Fernmeldeanlagen einschließlich Informationsverarbeitungsanlagen – im folgenden kurz Fernmeldeanlagen genannt – gelten die Bestimmungen VDE 0800 Teil 1/5.70 in Verbindung mit VDE 0800 Teil 1d/11.78.

In Fernmeldeanlagen 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 (z. B. VDE 0100, 0105) hinsichtlich der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren, der Kriechwege, der Abstände und der Prüfspannungen.

3.5.1.2 Begriffe

● Fernmeldeanlagen (§ 3)

Fernmeldeanlagen sind Anlagen zur Übertragung und Verarbeitung von Nachrichten und Fernwirkinformationen mit elektrischen Betriebsmitteln (Zeichen, Bilder, Töne, Signale, Datenverarbeitung).

● Klasseneinteilung nach der Übertragungssicherheit

– Klasse A

Fernmeldeanlagen, die einfachen Ansprüchen an die Übertragungssicherheit genügen.

Beispiele: Hausklingelanlagen, Heimfernsprecher.
(Leitungsverbindungen durch einfaches Verwürgen)

– Klasse B

Fernmeldeanlagen, die erhöhten Ansprüchen an die Übertragungssicherheit genügen, jedoch ohne die Sicherheitsmerkmale der Klasse C.

Beispiele: Fernsprech-, Fernschreib-, Fernwirkanlagen, Informationsverarbeitungsanlagen, Anlagen zur Übermittlung eines Gefahrenzustandes.
(Leitungsverbindungen durch Verschrauben, Löten, Klemmen, Quetschen o. ä.)

– Klasse C

Fernmeldeanlagen, die den Anforderungen der Klasse B genügen, deren Übertragungssicherheit jedoch durch zusätzliche Maßnahmen weiterhin erhöht und deren Versagen damit weitgehend verhindert ist.

Beispiele: Überfall-, Einbruch-, Feuermeldeanlagen.
(Leitungsverbindungen durch Verschrauben, Löten, Klemmen, Quetschen o. ä.)

Für **Verkehrs-Signalanlagen** sind über die Einhaltung dieser Bestimmungen hinaus besondere Sicherungsmaßnahmen gegen gefährbringende Auswirkungen im Falle fehlerbedingter Abweichungen von der bestimmungsgemäßen Funktion erforderlich (Straßenverkehrs-, Eisenbahn-Signalanlagen).

Die allgemeinen Begriffe (§ 4), wie z. B. Fachmann, unterwiesene Person, sind im Abschnitt 3.3.1.4 und Handbereich, elektrische Betriebsmittel usw. im Abschnitt 3.2.1 definiert.

Beeinflussungen sind elektrische Einwirkungen einer Starkstromanlage auf eine Fernmeldeanlage durch Kopplung über kapazitive, induktive und ohmsche Widerstände.

Als weitere Begriffe sind enthalten:

- Fernmeldelinie und -leitung in § 5,
- Betrieb in § 6,
- Arten der Stromversorgung in § 7,
- Schädigende Einwirkungen in § 8,
- Arten der Betriebsstätten in § 9,
- Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung in § 10.

Es werden hier die Schutzmaßnahmen nach VDE 0100 aufgeführt, wobei bei der Schutzmaßnahme Schutzisolierung noch die Begriffe Schutz-Isolierumhüllung, Schutzzwischenisolierung und verstärkte Isolierung definiert sind.

3.5.1.3 Bestimmungen

● Allgemeine Bestimmungen

Fernmeldeanlagen müssen so geplant, errichtet, instandgehalten und dürfen nur so geändert werden, daß ihr fehlerfreier Betrieb keine Person 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 Abschnitt 13 zu beachten.

Anschlüsse von Leitungen und Verbindungen von Leitungen untereinander, z. B. an Verteilern außerhalb von Geräten, die betriebsmäßig Wechselspan-

nung 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 (künftig 50 V),
- 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 § 15 c) 2.1, 2.2 und 2.3. Die zusätzlichen Schutzmaßnahmen und ihre Prüfung auf Wirksamkeit muß VDE 0100 bzw. VDE 0101 entsprechen.

Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen erfordern besondere Vorsicht und sind nur auf unumgänglich notwendige Fälle zu beschränken (Fachkräfte, nur in Ausnahmefällen unterwiesene Personen).

● Leitungen

Bei **Leitungen für Fernmeldeanlagen** wird nach Innenleitungen, Außenleitungen und Sonderleitungen unterschieden. Für die Auswahl und Verlegung von Leitungen an und in Gebäuden gelten VDE 0812 bis 0817 und für die Auswahl und Verlegung von Außenkabeln gilt VDE 0816.

Sowohl bei oberirdischen als auch unterirdischen Fernmeldelinien sind beim **Zusammentreffen mit Starkstromanlagen** – bei Kreuzungen und Näherungen – Mindestabstände einzuhalten.

In Gebäuden muß zwischen den Fernmeldeleitungen und Starkstromleitungen bis 1000 V ein **Abstand von 10 mm** eingehalten werden; bei Unterschreitung dieses Wertes ist ein Trennsteg erforderlich.

● Stromversorgung

Die Einrichtungen zur Stromversorgung von Fernmeldeanlagen müssen den Bestimmungen für Fernmeldegeräte nach VDE 0804 entsprechen. Die Stromversorgungsanlage soll einen einwandfreien Betrieb gewährleisten. Bei der Stromversorgung aus dem Wechselstromnetz darf zwischen diesem und der Fernmeldeanlage, die nach VDE 0800 errichtet ist, keine galvanische oder kapazitive Verbindung – mit Ausnahme über den Schutzleiter des Wechselstromnetzes – bestehen. Eine Verbindung darf bestehen, wenn die Fernmeldeanlage wie eine Starkstromanlage nach VDE 0100 ausgeführt ist.

● Überstromschutz, Überspannungsschutz, Gehörschutz

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, 0636 Teil 1 bis Teil 4, 0641, 0820 (nur für Geräte), DIN 41 566 Teil 1 und DIN 49 300 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 und 0851),
- 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 beim Gehör gefährdende Schalldrücke, z. B. infolge von Schaltvorgängen und infolge ungleichmäßigen Ansprechens von Überspannungsableitern, nicht zu erwarten sind (vgl. VDE 0804).

● Zusatzbestimmungen für Fernmeldeanlagen in besonderen Betriebsstätten

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 entzündlichen Stoffe von den gefahrbringenden Teilen abgehalten werden. Bланke Leiter dürfen nicht verwendet werden. Zulässig sind Rohrdrähte, Schlauchdrähte, Kabel und in Rohr verlegte Leitungen. Geräte und Leitungen müssen gegen mechanische Beschädigungen ausreichend geschützt werden.

Bei laufenden **Untersuchungen von Fernmeldeanlagen und Fernmeldegeräten** in Prüffeldern, Prüfständen, Laboratorien, Justierräumen 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 nichtunterwiesene Personen auf die Gefährdung hingewiesen werden.

● Brandschutz

Brandschutz bei der Errichtung und beim Betrieb von Fernmeldeanlagen im Sinne der VDE 0800 umfaßt vorbeugende Maßnahmen zur Verhinderung der Entstehung und Maßnahmen zur Vermeidung der Ausbreitung eines Brandes, z. B. Auswahl geeigneter Werkstoffe oder Baustoffe, konstruktive Maßnahmen, Leitungsführung, Absicherung der Leitung, Hinweise auf mögliche Brandgefahren, geeignete Feuerlöscheinrichtungen usw. Für die eigentliche Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen gilt VDE 0132.

● Notabschaltung von Informationsverarbeitungsanlagen und -geräten

Notabschaltvorrichtungen sind Trennvorrichtungen, die im Gefahrenfall (Unfall, Brand) auch von Laien betätigt werden und Informationsverarbeitungsanlagen (z. B. Rechensysteme) bzw. -geräte unverzüglich von den sie speisenden Stromquellen (Netz, Netzersatz) abschalten.

3.5.2 Teil 2: Erdung und Potentialausgleich

3.5.2.1 Geltungsbereich

Für die Errichtung von Erdungsanlagen für Fernmeldeanlagen sowie für den Potentialausgleich in den Fernmeldeanlagen und beim Zusammentreffen mit anderen Erdungsanlagen gilt die genormte Bestimmung VDE 0800 Teil 2/7.80. Sie gilt ergänzend zu VDE 0800 Teil 1/5.70 und 0800 Teil 1d/11.78. Daneben ist für die Ausführung und den Betrieb von Erdungsanlagen die FBO Teil 14 der DBP zu beachten.

3.5.2.2 Begriffe

Es gelten die Begriffe nach VDE 0100. Hier ergänzend eine Auswahl von weiteren Begriffen:

Funktionserder ist ein Erder zur Funktionserdung.

Fernmeldeerder ist ein Funktionserder in der Fernmeldetechnik.

Funktionserdung ist eine Erdung, die nur den Zweck hat, die beabsichtigte Funktion einer Fernmeldeanlage oder eines Betriebsmittels zu ermöglichen. Die Funktionserdung schließt auch Betriebsströme von solchen Fernmeldegeräten ein, die die Erde als Rückleitung benutzen (bisher Fernmelde-Betriebserdung (FBE)).

Schutzerdung ist die unmittelbare Erdung (identisch mit dem Begriff in VDE 0100).

Funktions- und Schutzerdung ist eine Erdung, bei der die Funktionserdung zugleich als Schutzerdung unter Benutzung eines gemeinsamen Erdungsleiters verwendet wird (bisher Fernmelde-Betriebs- und -Schutzerdung (BSE)).

Blitzschutzterdung ist die Erdung einer Blitzschutzanlage zur Ableitung des Blitzstromes in die Erde.

Einzelterdung ist eine Erdung, bei der ein Betriebsmittel oder Gerät nur an seinem eigenen Erder angeschlossen ist.

Sternförmige Erdung ist die sternförmige Zusammenfassung der Erdungsleiter mehrerer Betriebsmittel oder Geräte an einem geerdeten Punkt.

Flächenerdung ist eine Erdung, bei der die zu erdenden Betriebsmittel oder Geräte und die keinen Betriebsstrom führenden leitfähigen Teile von Fernmeldeanlagen maschenförmig untereinander mit der Schutzerdung oder mit der Funktions- und Schutzerdung verbunden sind.

Erdungsleiter ist ein Leiter, der ein zu erdendes Betriebsmittel mit einem Erder verbindet, soweit der Erdungsleiter außerhalb der Erde oder isoliert in der Erde verlegt ist.

Funktionserdungsleiter (FE) ist ein Erdungsleiter für die Funktionserdung.

Funktionserdungs- und Schutzleiter (FPE) ist ein Erdungsleiter für die Funktions- und Schutzterdung.

Erdungssammelleiter (Erdungsringleiter, Erdungssammelschiene, Erdungsklemme) ist ein Leiter, an den mehrere Erdungsleiter angeschlossen sind.

Potentialsteuerung einer Erdungsanlage ist die Beeinflussung des Erdpotentials, insbesondere des Erdoberflächenpotentials durch zusätzliche Erder.

Funktions-Potentialausgleich mindert die Spannung zwischen leitfähigen Teilen auf einen zur einwandfreien Funktion eines Betriebsmittels ausreichend geringen Wert.

Schutz-Potentialausgleich verhindert das Auftreten von zu hohen Spannungen zwischen leitfähigen Teilen.

Funktions- und Schutz-Potentialausgleich ist die Kombination von Funktions-Potentialausgleich und Schutz-Potentialausgleich und genügt beiden Anforderungen.

Bezugsleiter ist ein System leitender Verbindungen, auf die die Potentiale der anderen Leiter, insbesondere der signalführenden Leiter bezogen werden. Die Bezugsleiter können mit Erde verbunden sein (Potentialkennzeichen z. B. DC₀, U₀).

3.5.2.3 Anforderungen an Erdungswiderstand, Potentialausgleich und Korrosionsschutz

Die Größe des **Erdungswiderstandes** ist jeweils nach den Anforderungen für die Funktionserdung, die Funktions- und Schutzterdung 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 Bezugs Erde 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.

3.5.2.4 Anforderungen zur Ausführung der Fernmelde-Erdungsanlage

Die **Ausführung der Erdungsanlage** richtet sich nach den an sie gestellten Anforderungen und den örtlichen Gegebenheiten. Sie kann entweder ausschließlich zu Funktionszwecken als Funktionserdung oder zu Funktions- und

Schutzzwecken ausgeführt werden. Die Funktionserdung kann gleichzeitig Zwecken des Funktions-Potentialausgleichs dienen (skizzierte Beispiele s. VDE 0800 Teil 2 Abschn. 6, Bilder 1 bis 3).

Als Erder für die Erdungsanlage der Fernmeldeanlage dürfen anstelle eines nach VDE 0800 Teil 2 Abschn. 5 herzustellenden Erders verwendet werden:

Die Metallmäntel der Fernmeldekabel mit Erderwirkung, der Fundamente der 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** (Abschn. 3.4).

Für die Funktions- und Schutzterdung 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.

Funktionserdungs- und Schutzleiter (FPE) sind grün-gelb zu kennzeichnen. Der FPE 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 des FPE muß im gesamten Verlauf einschließlich des Erdungsleiters und Erdungssammelleiters mindestens dem Querschnitt des N-Leiters des Netzes entsprechen.

3.5.2.5 Anforderungen zur Messung und Überwachung des Erdungswiderstands von Erdern und Erdungsanlagen

Die Erdungswiderstände von Erdern, die der Schutzterdung 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 Erder unwirksam werden. Die für den Bereich der DBP geforderten Werte der Erdungswiderstände sind in der FBO 14 enthalten.

3.5.2.6 Anforderungen an Fernmeldeanlagen mit Fernmeldegeräten der Schutzklasse II

Da die berührbaren Teile von Fernmeldeanlagen **ohne Schutzleiteranschluß** entsprechend Schutzklasse II nach VDE 0804/5.75 und VDE 0804d/2.80, § 3

...e) und f) keine Verbindung mit dem speisenden Netz haben, darf deren Funktionserdungsanschluß mit beliebigen Erden verbunden werden. Der Mittelleiter oder Schutzleiter der Starkstrominstallation, aus welcher das Gerät gespeist wird, darf jedoch nicht an den Funktionserdungsanschluß geführt werden.

3.5.2.7 Anforderungen an Fernmeldeanlagen mit Fernmeldegeräten der Schutzklasse I

Fernmeldeanlagen mit Fernmeldegeräten der Schutzklasse I entsprechend VDE 0804/5.72 §§ 3 und 16 d) haben eine **Anschlußklemme für den Schutzleiter**. Erfordern sie eine Funktionserdung und erfolgt die Speisung unmittelbar aus einem Starkstrom-Niederspannungsnetz, so gelten die unter VDE 0190 aufgeführten Ausführungsbeispiele.

Bei **Fehlerstrom-(FI)-Schutzschaltung** gilt:

Der in einem Starkstrom-Niederspannungsnetz mit der Schutzmaßnahme FI-Schutzschaltung nach VDE 0100 mitgeführte Mittelleiter N darf nicht hinter dem FI-Schutzschalter mit der Fernmeldeerdungsanlage verbunden werden. Der Schutzleiter PE für sonstige Stromverbraucher im Bereich der Fernmeldeanlage ist mit dem Erdungssammelleiter der Fernmeldeanlage zu verbinden.

Es ist darauf zu achten, daß die Funktion der FI-Schutzschalter nicht durch Gleichstrom-Vormagnetisierung oder durch Oberschwingungen beeinträchtigt wird. Treten bei der FI-Schutzschaltung Nachteile für den Fernmeldebetrieb auf, so dürfen Fernmeldegeräte über einen Zwischentransformator versorgt werden.

Fernmeldeanlagen mit **Funktions- und Schutzerdung**:

Bei den Einrichtungen zur Fernmelde-Stromversorgung müssen die Anschlußstellen für Schutzleiter der Netzanschlußgeräte, Gleichrichter, Schaltfelder usw. mit dem über die Funktions- und Schutzerdung geerdeten Pol der Speiseleitung verbunden werden (Querschnitt siehe Tabelle 1 der VDE 0800 Teil 2). Die Schutzkontakte der Steckdosen und die Anschlußstellen für die Schutzleiter PE der Geräte mit Niederspannungsanschluß in der Fernmeldeanlage müssen gut leitend mit den Gestellen oder mit der Funktions- und Schutzerdung verbunden werden (skizziertes Beispiel s. VDE 0800 Teil 2 Abschn. 9, Bild 7).

Zur Lernerfolgssicherung

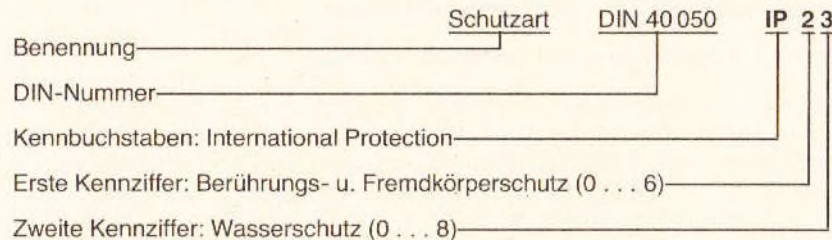
- Fernmeldeanlagen werden hinsichtlich ihrer Übertragungssicherheit in Klassen eingeteilt. Geben Sie diese mit Begründung und entsprechenden Beispielen an.
- Beschreiben Sie, was beim Zusammentreffen von Fernmeldeleitungen mit Starkstromleitungen zu beachten ist.
- Erklären Sie den Begriff Funktionserdung.
- Was versteht man unter Potentialsteuerung?

3.6 Schutzarten elektrischer Betriebsmittel

Elektrische Betriebsmittel – Geräte, Leuchten – müssen je nach ihrem Einsatzort (z. B. trockene, staubige, nasse Räume) in einer bestimmten Schutzart hergestellt sein. Das schreibt die VDE 0100 mit Hinweis auf die Norm DIN 40 050 vor. In dieser Form sind die Schutzarten für Verbraucher durch **Kurzzeichen** international klassifiziert. Parallel dazu findet man auf Geräten auch **Symbole**.

Das Kurzzeichen setzt sich zusammen aus den beiden **Kennbuchstaben IP** und **2 Kennziffern**, die die Schutzgrade angeben.

Beispiel für eine Bezeichnung:



Wird nur eine Kennziffer für den Schutzgrad angegeben, so ist anstelle der fehlenden Kennziffer der Buchstabe X zu setzen (z. B. IP X3).

Schutzgrade:

Erste Kennziffer:

- 0 = kein Schutz
- 1 = Schutz gegen große Fremdkörper (Durchmesser > 50 mm)
- 2 = Schutz gegen mittelgroße Fremdkörper (Durchmesser > 12 mm)
- 3 = Schutz gegen kleine Fremdkörper (Durchmesser > 2,5 mm)
- 4 = Schutz gegen kornförmige Fremdkörper (Durchmesser > 1 mm)
- 5 = Schutz gegen Staubablagerung
- 6 = Schutz gegen Staubeintritt.

Zweite Kennziffer:

- 0 = kein Schutz
- 1 = Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser
- 2 = Schutz gegen schräg fallendes Tropfwasser (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 bei Überflutung (schwere See und starker Wasserstrahl)
- 7 = Schutz beim Eintauchen
- 8 = Schutz beim Untertauchen.

	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. Der zulässige Druck wird durch den Zusatz „... bar“ gekennzeichnet.
	Staubgeschützt. Schutz gegen Eindringen von Staub ohne Druck.
	Staubdicht. Schutz gegen Eindringen von Staub unter Druck.
	Explosionsschutz-Zeichen nach DIN 40 012 (gem. VDE 0170/171).

Symbole für Schutzarten nach VDE 0710 und nach DIN

Zur Lernerfolgssicherung

- Beschreiben Sie das Schutzart-Kurzzeichen IP 44.
- Skizzieren Sie das Symbol für die vorgenannte Schutzart.

4 Installationsmaterial, Installations- und Schaltgeräte

4.1 Installationsmaterial

4.1.1 Leitungen und Kabel

4.1.1.1 Unterscheidungsmerkmale

Der Einsatzort und damit die Beschaffenheit bestimmen den Unterschied zwischen isolierten Starkstromleitungen und Kabeln. So dürfen nach VDE 0100 im Erdbereich 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-Bestimmungen.

Außerdem unterscheidet man Leitungen für **feste** Verlegung und Leitungen zum Anschluß **ortsveränderlicher** Verbraucher.

4.1.1.2 VDE-Kennzeichen

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 beigelegt. Isolierte Starkstromleitungen können anstelle des VDE-Kennfadens auch ein Prägezeichen auf der Isolierhülle mindestens einer Ader tragen.

◁VDE▷ oder ▷▷ΩΩ▷ für „normierte“ Kabel und Leitungen

◁VDE▷ ▷HAR▷ für „harmonisierte“ Kabel und Leitungen



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

VDE-Kennzeichen

4.1.1.3 Harmonisierung

Im Zuge internationaler Vereinbarungen sind durch das „Europäische Komitee für Elektrotechnische Normen“ (CENELEC), dem die EG-Länder angehören, verschiedene Leitungen harmonisiert worden. Diese Leitungen unterliegen in den EG-Ländern und darüber hinaus in einigen anderen Ländern den gleichen Prüfbedingungen, und sie tragen die gleichen Bezeichnungen. **Harmonisierte Leitungen** mit einheitlichem **Typkurzzeichen** wurden in die Bestimmungen VDE 0281 und 0282 aufgenommen.

Die nachfolgenden Übersichten geben Auskunft über nationale Kennzeichnung von isolierten Starkstromleitungen nach VDE 0250, Typkurzzeichen-Schlüssel für harmonisierte Leitungen, Zusammenstellung der harmonisierten Leitungen, Bauarten von Gummischlauchleitungen.

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 (feindrätig); Fassungsader	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	Rohrmantel	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

Typkurzzeichen-Schlüssel für harmonisierte Leitungen

	1. Teil	2. Teil	3. Teil
Kennzeichen der Bestimmung			
Harmonisierter Typ	H		
Anerkannter nationaler Typ	A		
Nennspannung U_0/U			
300/300 V	03		
300/500 V	05		
450/750 V	07		
Isolierwerkstoff			
PVC	V		
Natur- und/oder Styrol-Butadienkautschuk	R		
Silikon-Kautschuk	S		
Mantelwerkstoff			
PVC	V		
Natur- und/oder Styrol-Butadienkautschuk	R		
Polychloroprenkautschuk	N		
Glasfasergeflecht	J		
Textilgeflecht	T		
Besonderheiten im Aufbau			
flache, aufteilbare Leitung	H		
flache, nicht aufteilbare Leitung	H2		
Leiterart			
eindräftig	-U		
mehrdräftig	-R		
feindräftig bei Ltg. für feste Verlegung	-K		
feindräftig bei flexiblen Leitungen	-F		
feindräftig bei flexiblen Leitungen	-H		
Lahnlitze	-Y		
Aderzahl	...		
Schutzleiter			
ohne Schutzleiter	X		
mit Schutzleiter	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 Typkurzzeichen

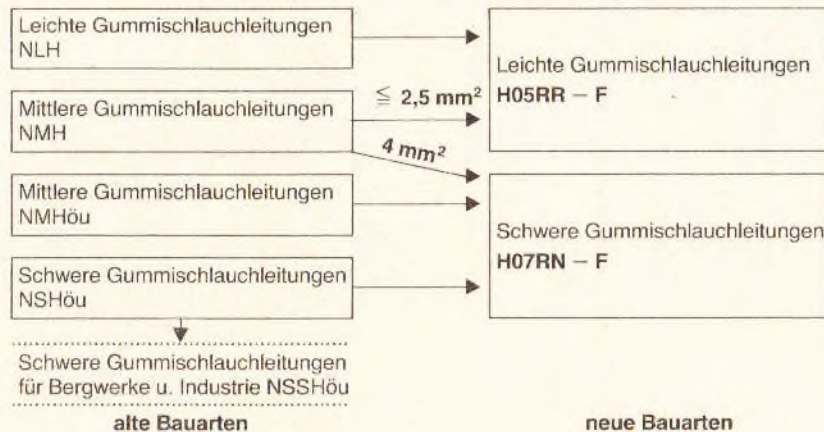
- Kunststoffaderleitung 1,5 mm², schwarz
- Schwere Gummischlauchleitung, 3adrig, 2,5 mm², mit Schutzleiter grüngelb
- Leichte Kunststoffschlauchleitung, 2adrig, 0,75 mm² (ohne grüngelbe Ader)
- Zwillingsleitung, 0,75 mm²

H07V-U1,5sw
H07RN-F3G2,5
H03VV-F2X0,75
H03VH-H2X0,75

Zusammenstellung der „harmonisierten“ Leitungen

Harmonisierte kunststoffisolierte Leitungen			
Lfd.-Nr.	Bezeichnung nach VDE 0281	Typkurzzeichen	Nennspannung U_0/U V
1	Leichte Zwillingsleitungen	H03VH-Y	300/300
2	Zwillingsleitungen	H03VH-H	300/300
3	Leichte PVC-Schlauchleitungen - runde Ausführung - flache Ausführung	H03VV-F H03VH2-F	300/300 300/500
4	Mittlere PVC-Schlauchleitungen	H05VV-F	300/500
5	PVC-Verdrahtungsleitungen mit - eindräftigem Leiter - feindräftigem Leiter	H05V-U H05-K	300/500 450/750
6	PVC-Aderleitungen mit - eindräftigem Leiter - mehrdräftigem Leiter - feindräftigem Leiter	H07V-U H07V-R H07V-K	1 1 1
Harmonisierte gummiisolierte Leitungen			
Lfd.-Nr.	Bezeichnung nach VDE 0282	Typkurzzeichen	Nennspannung U_0/U V
7	Wärmebeständige Silikon-Gummiaderleitungen	H05SJ-K	300/500
8	Gummiadernschüre	H03RT-F	300/300
9	Leichte Gummischlauchleitungen	H05RR-F	300/500
10	Schwere Gummischlauchleitungen	H07RN-F	450/750
Harmonisierte Typen nach VDE 0250			
abgelöste Typen nach VDE 0250	Nennquerschnitt mm ²	Aderzahl	Nennspannung U_0/U V
NLYZ	0,1	2	300/300
NYZ	0,5 und 0,75	2	300/300
NYLHYrd	0,5 und 0,75	2 und 3	300/300
NYLHYfl	0,75	2	300/300
NYMHY	1 bis 2,5	2 bis 5	300/500
NYFA, NYA NYFAF, NYAF	0,5 bis 1	1	300/500
NYA NYA NYAF	1,5 bis 16 6 bis 400 1,5 bis 240	1 1 1	450/750
Harmonisierte Typen nach VDE 0250			
abgelöste Typen nach VDE 0250	Nennquerschnitt mm ²	Aderzahl	Nennspannung U_0/U V
N2GAFU	0,5 bis 16	1	300/500
NSA	0,75 bis 1,5	2 und 3	300/300
NLH, NMH	0,75 bis 2,5	2 bis 5	300/500
NMH, NMHöu und NSHöu	1,5 bis 400 1 bis 25 1 bis 95	1 2 und 5 3 und 4	450/750

Bauarten von Gummischlauchleitungen



4.1.1.4 Schutzleiterbezeichnung in Leitungen und Kabeln

Ein 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. Bei den isolierten Starkstromleitungen mit dem neuen Typkurzzeichen, 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 „Typkurzzeichen-Schlüssel für harmonisierte Leitungen“).

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 Typkurzzeichen, 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 grünelber Schutzleiter (geschrieben J/gesprochen i)

Harmonisierte oder anerkannte Leitungstypen

G – wie grünelber Schutzleiter

X – mit Schutzleiter ist's ni x.

4.1.1.5 Farbkennzeichnung der Leitungsadern

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

Erste Farbreakel: Grünelb nur für Schutzleiter PE und Nulleiter 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.

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

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 soll, so werden hierfür braun isolierte Leitungen oder Drähte empfohlen.

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

Die Zuordnung der farblichen Kennzeichnung der Leitungen zu den alphanumerischen Zeichen und Bildzeichen in den Schaltplänen ist aus Tabelle „Kennzeichnung der Leiter“ bei Abschnitt 3.2.1.3 ersichtlich.

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

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

Farbkennzeichnung der Leitungsadern

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

Bemerkungen:

Die Farbkurzzeichen bedeuten: **gnge** 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.

4.1.1.6 Tabellen über Leitungen und Kabel

Aus den Tabellen sind ersichtlich:

Meistverwendete Leitungen für feste Verlegung, meistverwendete flexible Leitungen, Starkstromkabel, Farben der Außenhüllen von Kabeln und Leitungen.

Meistverwendete Leitungen für feste Verlegung

Leitungsbezeichnung	Typkurzzeichen	Aderzahl	Nennquerschnitt mm ²	Nennspannung U ₀ /U oder U _V	Schutzisolation nach VDE 0100	Zulässige Leiter-temperatur °C
Kunststoff-Verdrahtungsleitungen	H05V-U H05V-K	1	0,5 bis 1,0	300/500	nein	70
Kunststoff-Aderleitungen	H07V-U H07V-R H07V-K	1	1,5 bis 16 6 bis 400 1,5 bis 240	450/750	nein	70
Stegleitungen	NYIF NYIFY	2 bis 5	1,5 bis 4 ⁵⁾	380	nein	70
Mantelleitungen	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-Gummiaderleitungen	NSGAFöu	1	1,5 bis 240	3000	—	100
Silikon-Aderleitungen	H05SJ-K A05SJ-K	1	0,75 bis 16 25 bis 95	300/500	nein	180

Typ- 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.	X			
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	X		X ³⁾	X ⁴⁾
NYIF NYIFY	In und unter Putz	X			
NYM	Über und auf, in und unter Putz	X	X	X	X ⁶⁾
NYRUZY	Über und auf, in und unter Putz	X	X	X	
NSGAFöu	Für Schienenfahrzeuge und O-Busse und in trockenen Räumen	X			
H05SJ-K A05SJ-K	Für feste geschützte Verlegung und zur Verdrahtung von Leuchten und Betriebsmitteln	X	X ⁷⁾	X ⁷⁾	X ⁷⁾

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 3.2.1.6

Meistverwendete flexible Leitungen

Leitungsbe- zeichnung	Typ- 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 bis 0,75	300/300	ja	70
Leichte Kunststoff- schlauch- leitungen	H03VV-F	2 und 3	0,5 und 0,75	300/300	ja	70
Mittlere Kunststoff- schlauch- leitungen	H05VV-F	2 bis 5	1 bis 2,5	300/500	ja	70
Leichte Gummi- schlauch- leitungen	H05RR-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	2 bis >60	0,75 bis 6 ³⁾	500	ja	70
	YSLYCY-J	3 und 5	1,5 bis 6			

Typ 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)	X			
H03VV-F	Bei geringen mech. Beanspruchungen für leichte Handgeräte	X			
H05VV-F	Bei mittleren mech. Beanspruchungen	X	Nur für Haus- geräte		
H05RR-F	Bei geringen mech. Beanspruchungen für leichte Hand- und Wärmegeräte	X			
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.	X	X ²⁾	X	X
A07RN-F					
NSLFFöu	Als Maschinen- und Handschweißleitung	X	X		
SiMH	Bei geringen mech. Beanspruchungen und hohen Umgebungstemperaturen	X	X		
YSL-JZ	Anschluß- und Verbindungsleitungen für Maschinen, Steuerungen usw. in Anlagen, die eine Entstörung erfordern	X	X ⁴⁾		
YSLYCY-J					

¹⁾ Und im Freien

²⁾ Und in landwirtschaftl. Betriebsstätten und in Nutzwasser

³⁾ Nicht bei allen Aderzahlen

⁴⁾ Nicht im Freien

⁵⁾ Raumarten siehe Abschnitt 3.2.1.6

Starkstromkabel

Kabelbezeichnung und Aufbau	Typkurzzeichen		Adernzahl	Übliche Querschnitte mm ² ^{*)}	Verwendung
	Al-Leiter	Cu-Leiter			
Steuerkabel mit numerierten Adern		NY	7 bis 40	1,5 und 2,5 (...10)	Steuerkabel in Industrieanlagen, Innenräumen, Kabelkanälen, im Erdreich, im Freien wie NY
Steuerkabel mit konzentrischem Leiter und nummerierten Adern		NYCWY	7 bis 30	1,5 bis 4	
Energiekabel ohne metallische Umhüllung	NAY	NY	4 1 bis 5	25 bis 185 1,5 bis 300	In Innenräumen, Kabelkanälen, im Erdreich, im Freien und in Schaltanlagen, wenn mit nach- träglichen Beschädigungen nicht zu rechnen ist
Energiekabel mit konzentrischem Leiter		NYCY	2 bis 4	1,5 bis 6	Vorzugsweise im Erdreich für Straßenbeleuchtung, Hausanschlüsse usw., auch bei Gefahr nachträglicher Beschädigung
Energiekabel mit konzentrischem Leiter in Ceander-Form	NAYCWY	NYCWY	3 2 bis 4	35 bis 185 10 bis 150	Netzkabel in Ortsnetzen konzentrischer Nulleiter wird nicht geschnitten, sonst wie NYCY
Energiekabel mit Bleimantel		NYKY	3 und 4	1,5 bis 25	Kabel für Tankstellen, Raffinerien usw., wenn Einwirkung von Ölen, Benzin, Lösungsmitteln usw. zu erwarten ist
Selbsttragendes Luftkabel		YTY	3 und 4	1,5 bis 16	Luftkabel für Straßenbeleuchtung, Baustellen usw., sonst wie NY
Energiekabel mit Stahl- flachdrahtbewehrung		NYFGbY	3	25 bis 240	Bei rauen Betriebs- und Montagebedingungen, insbesondere bei starker Zugbelastung
Energiekabel mit einzelnen abgeschirmten Adern		NYSEY	3	25 bis 240	Vorwiegend für Kraftwerk-, Industrie- und Schaltanlagen, Generatorkabel
Energiekabel mit gemeinsamem Kupferschirm und teil- entladungsfreiem Aufbau	NA2YSY		1	50 bis 300	Netzkabel: leicht verlegbar, da geringes Gewicht und kleiner Biegeradius
		N2YSY	1	25 bis 300	

^{*)} Ab 35 mm² Cu (50 mm² Al) sektorförmige Leiter, Cu-Leiter bis 16 mm² eindrängig, Al-Leiter meist bis 185 mm² eindrängig

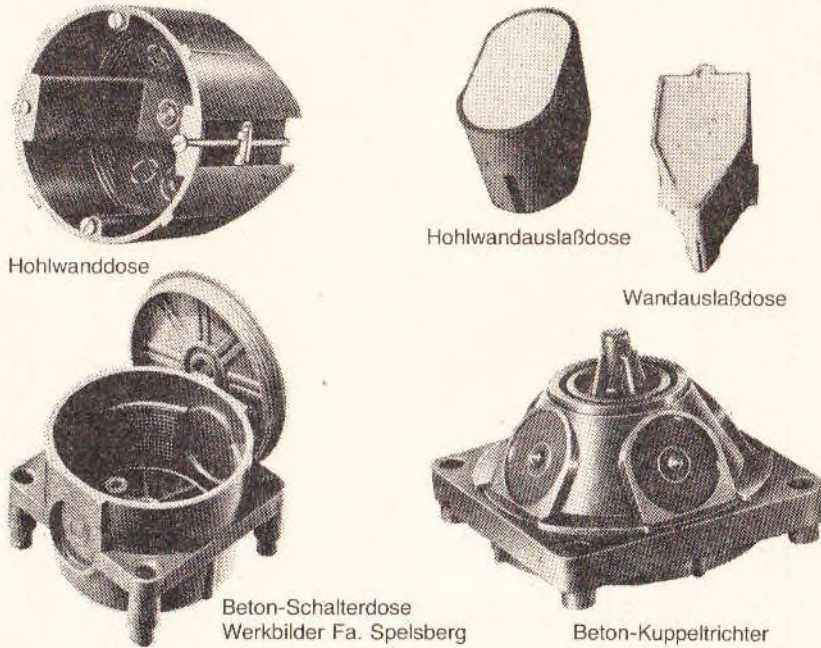
Farben der Außenhüllen (Mäntel) von Kabeln und Leitungen

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

4.1.2 Verbindungsmaterial

4.1.2.1 Dosen

Nachfolgend ist eine Übersicht der wichtigsten Dosentypen aufgeführt



Dosen

Maximale Klemmen- und Leiterzahl in Verbindungs-dosen

Verbindungs-dosengröße (Nenn-querschnitte) mm ²	Maximale Anzahl der Klemmen und maximale Anzahl der Leiter		Leiterquerschnitt in mm ²						Beispiel bisheriger Dosengrößen, gleichen oder größeren Volumens
	entspricht Dosenvolumen cm ³	Anzahl der	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 Ø Hohlwanddose 65 mm Ø
2,5 ¹⁾	115	Klemmen Leiter	6 18	5 15					Feuchtraum-a.P.-Dose 70 X 70 und 80 X 80 mm Feuchtraum-u.P.-Dose 80 mm Ø
4	200	Klemmen Leiter	8 24	6 18	5 15				A.-P.-Kasten 90 X 90
6	300	Klemmen Leiter	10 30	8 24	6 18	5 15			U.-P.-Kasten 80 X 80 X 50
10	500	Klemmen Leiter	12 36	10 30	8 24	6 18	5 15		U.-P.-Kasten 100 X 100 X 50 A.-P.-Kasten 100 X 120
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 (Δ z. B. 55 Ø) 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.

Verbindungs Dosen, die wegen ihrer Funktion des Leitungsabzweigs auch Abzweigdos-
sen genannt werden, dienen ausschließlich dem Verbinden von Leitern. In der viereckigen
Form werden sie häufig auch Kästen genannt. Sie werden als Aufputz-, Imputz-
und Unterputz-Verbindungs Dosen hergestellt, auch für erhöhte Druckbeanspruchung in
Beton.

Hohlwand-Verbindungs Dosen dienen zum Einbau in einer Hohlwand (Rahmenkon-
struktion aus Span-, Gipskarton- oder Holzplatten).

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

Geräteverbindungs Dosen oder Geräteabzweigdos-
sen dienen der Aufnahme von Gerä-
ten (Schaltern, Steckdosen) und der Verbindung einiger Leiter, die hinter dem jeweili-
gen Gerät zur Weiterführung der Leitung eventuell erforderlich sind.

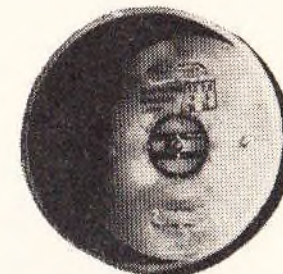
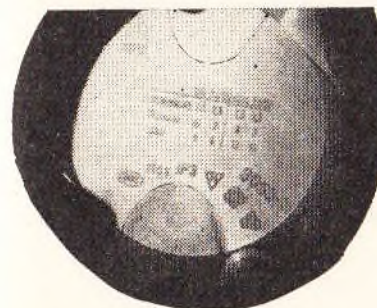
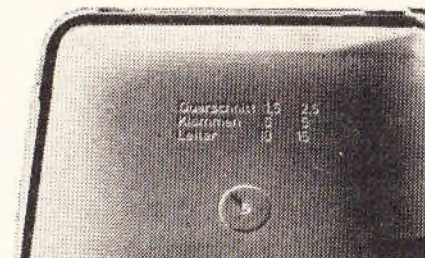
Geräteanschluß Dosen (für A.P., U.P. und Hohlwand) gibt es zum Anschluß von be-
weglichen Leitungen, üblicherweise mit befestigten Verbindungsklemmen.

Leuchtenanschluß Dosen (für A.P., U.P. und Hohlwand), auch als Wandauslaßdos-
sen bekannt, sind bestimmt für den Anschluß von Leuchten an die festverlegte Leitung.

Der Raum für die anzuschließenden Leitungen muß so bemessen sein, daß
diese ordnungsgemäß angeschlossen werden können. Mit Hilfe der Klemm-
raumeinheit, die in Musterinstallationen von Fachleuten ermittelt wurde, wer-
den dabei die **maximal in einer Dose zu verklemmenden Leiter und die
maximal hierbei zu verwendenden Klemmen** festgelegt (vgl. Tabelle).

Mit diesen Bestimmungen soll das Hineinpressen der Leitungsadern vermieden wer-
den, 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 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.

Damit der Installateur nicht in einer Tabelle nachschlagen muß, ist künftig eine
entsprechende Beschriftung im Doseninneren vorgeschrieben (vgl. Abb. „Ta-
bellen in Dosen“ und Tabelle „Verbindungsdosenaufschriften“). Wichtig für
den Installateur ist auch, daß künftig für die Verbindung von **Leitungsquer-
schnitten 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 klei-
nen Querschnitten darf der Anlagenerrichter Klemmen mit gemeinsamem
Klemmenträger verwenden.



oben: Deckel einer Feuchtraumdose

unten links: Hohlwandgeräteverbindungsdose

unten rechts: U.-P.-Verbindungsdose 70 mm Ø

Tabellen in Dosen

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

Nach VDE zwingend vorgeschriebene Aufschriften:

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

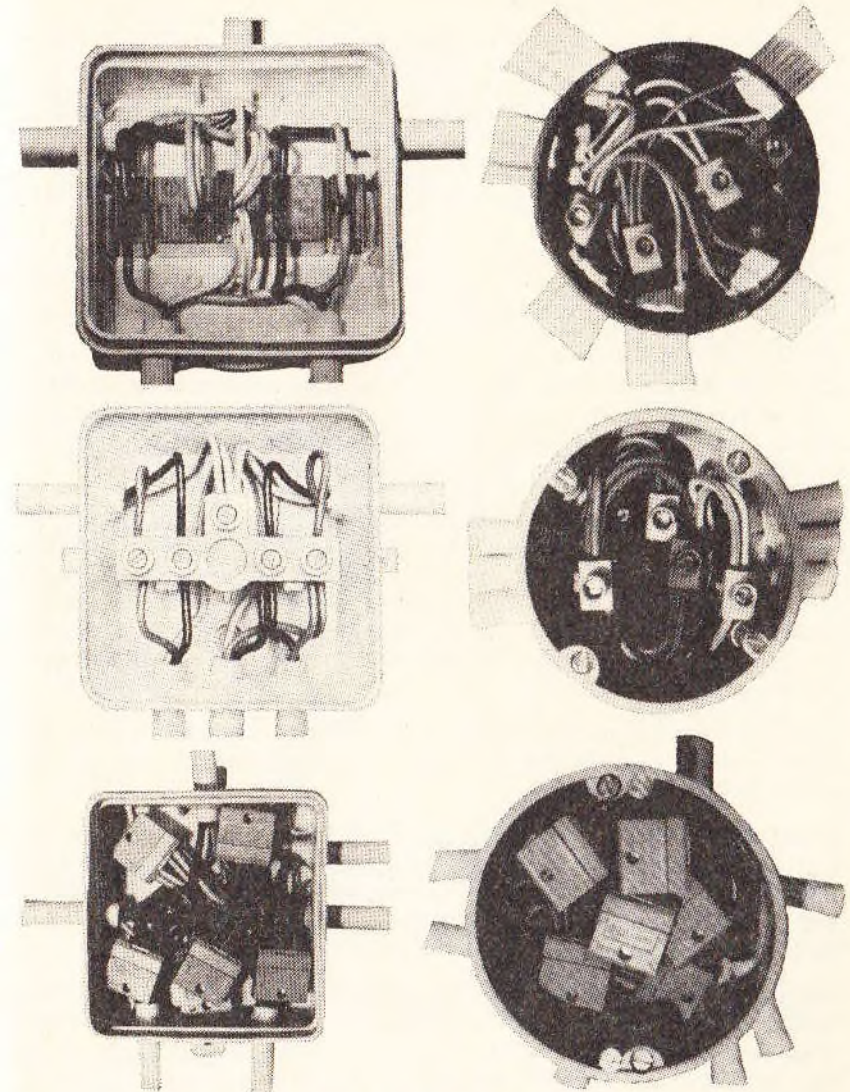
Zusätzlich falls zutreffend:

 oder  oder 	tropfwassergeschützt, spritzwassergeschützt oder wasserdicht
	schutzisoliert
	isolierte Verbindungsklemmen
	Hohlwandausführung
	VDE-Prüfzeichen

Auf dem Klemmenträger:

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

Verbindungsdosenaufschriften



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)

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 (Wandauslaß-dosen), Geräteanschluß-dosen und Im-Putz-Dosen, d. h., die für Stegleitungsverlegung früher häufig verwendete Dose mit 80 mm Ø bei 16 mm Tiefe ist noch zulässig. Für diese Dose empfiehlt es sich jedoch, falls nicht ohnehin von der Anwendung 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. „Verdrahtete Dosen“ zu sehen. Die Beispiele sind sowohl für schraubenlose Klemmen als auch für lose Einzelschraubklemmen ausgeführt.

Zur **Leiterlänge** in der Dose 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 ersetzt werden muß.

Bei **fest in der Dose montierten Klemmen** wird häufig wegen der Abänderung oder Erweiterung der Schaltung ein größerer Leitervorratsbogen 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 Problemfälle dann mit isolierten Einzelklemmen lösen, bei größeren Leiterquerschnitten kommen solche gravierenden Veränderungen nicht vor.

Zu große Vorratsbögen führen wie zu viele Leiter zu überfüllten und unübersichtlich verdrahteten Dosen. Zu kurze Vorratsbögen erschweren 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 Zusatzaufwand 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 Klemmen mit isolierender Umhüllung).

4.1.2.2 Klemmen

● **Verbindungsklemme** ist eine Schraubklemme mit Klemmstellen oder eine schraubenlose Klemme mit Klemmstellen, die zum Verbinden und Abzweigen von Leitungen dient (s. auch VDE 0606 Abschn. 3 u. 9).

– **Isolierte Einzelklemme** ist eine einpolige Verbindungsklemme mit Berührungsschutz.

- **Isolierte Klemmenleiste** ist eine mehrpolige Aneinanderreihung isolierter Einzelklemmen, die voneinander abtrennbar sein können.
- **Klemmeneinsatz** ist ein gemeinsamer Isolierträger mit mehreren Verbindungsklemmen ohne Berührungsschutz.
- **Klemmstelle** ist die Stelle einer Klemme, an der die Leiter sowohl mechanisch befestigt als auch elektrisch verbunden sind (Klemmkörper, Schrauben, Federn).

Die Anschluß- und Verbindungsmittel müssen der Anzahl und den Querschnitten der anzuschließenden bzw. zu verbindenden Leiter entsprechen. Diese Vorschrift bedeutet, daß der Leiterquerschnitt des anzuschließenden oder zu verbindenden Leiters dem **Nennquerschnittsbereich** der Klemme entsprechen muß (vgl. Tabelle).

Nennquerschnitte mit Klemmbereich und Anzahl der Leiter

Nennquerschnitt 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** 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 elektrischer 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.

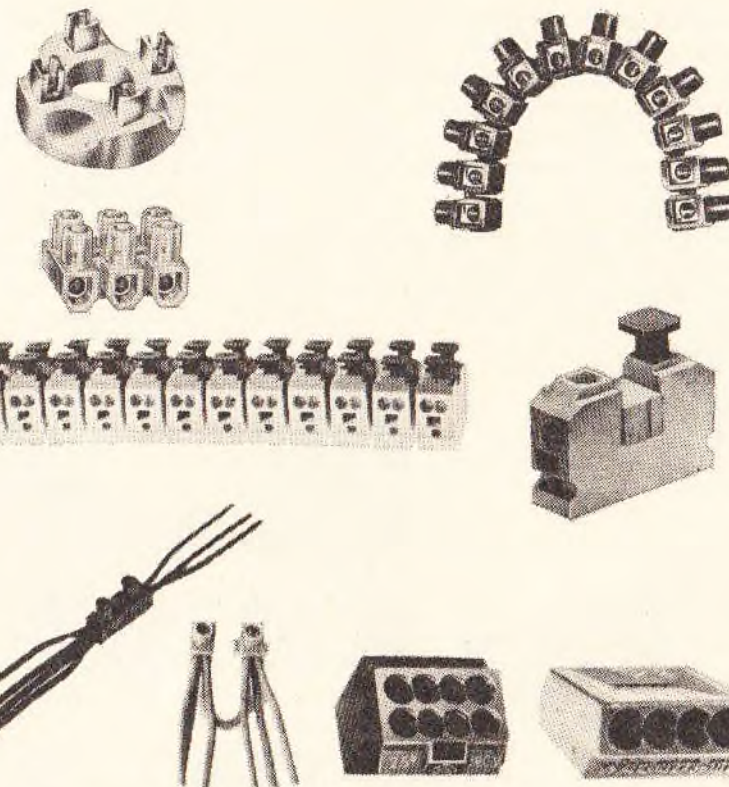
Müssen in bestimmten Fällen mehr Leiter als für eine Klemme zulässig an einer Stelle geklemmt werden, bieten sich folgende Auswege an (s. hierzu Abb. „Klemmen“):

- 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.
- 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.
- 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.

● **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. „Klemmen“).

Diese auf dem Markt angebotenen 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. 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 untergeklemmten 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.



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))

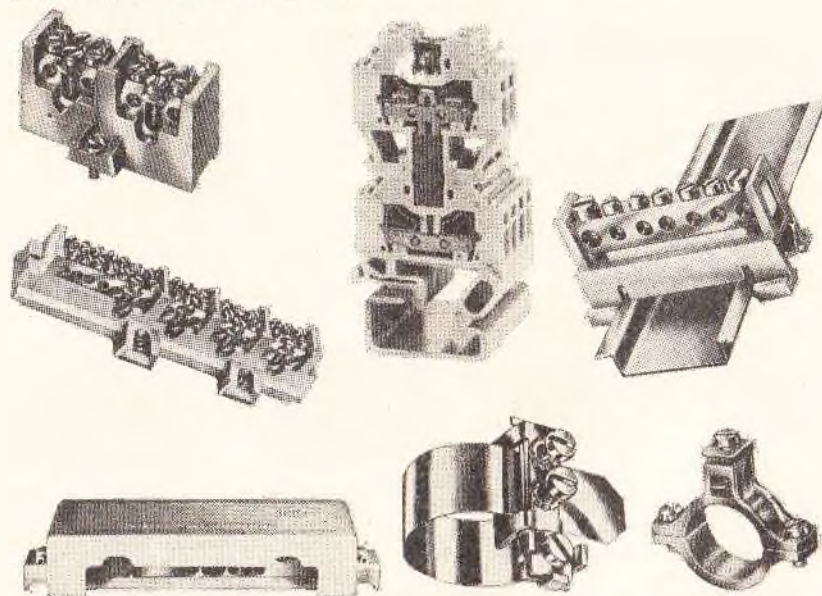
Klemmen

● An den **Klemmen von Schaltern und von Steckdosen** dürfen nur dann mehr als eine Ader angeklemmt 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 mm^2 das Anschließen von Leitern **ohne beson-**

deres 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 Form einer gewölbten Federscheibe oder einer Druckplatte – vorhanden sein, wenn das Zurichten entfallen soll (siehe auch bei Anschluß beweglicher Leitungen im Abschn. 3.2.3.1).

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.



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])

Klemmen in Verteilern

● **Hauptleitungsabzweigklemmen** werden in Verteilungen im plombierbaren Teil oder in plombierbaren Hauptleitungsabzweiggästen, die mit und ohne eingebaute Sicherungselemente für den Hauptleitungsabzweig erhältlich sind, eingebaut (vgl. Abb. „Klemmen in Verteilern“).

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 Schnapbbefestigung erhältlich. U-, P-, Abzweiggästen 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 feinstdrähtige Leiter des Nennquerschnitts einzeln klemmen. Es gibt Reihenklemmen mit Schrauben und schraubenlose Reihenklemmen (vgl. Abb. „Klemmen in Verteilern“).

● **N-(Mp)- und PE(SL)-Klemmen** gibt es als **Klemmleisten** und als **Aufreihklemmen**. N- und PE-Klemmleisten haben meist ein blaues bzw. grüngelbes Kunststoffunterteil, das meist eine eingeprägte Numerierung hat und eine durchgehende Metallschiene, in deren Löcher die Leiter einzeln festgeschraubt werden können. N- und PE-Aufreihklemmen (nicht zu verwechseln mit Reihenklemmen) werden auf Cu-Schienen 6 x 6 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.

4.1.3 Befestigungsmaterial

Isolierstoffschellen mit Stahlnadeln für das Befestigen von Leitungen und Kabeln (z. B. NYM, NYRUZY, NYBUY, NYIF, NYY).

Abstandschellen zum Schrauben und Kleben für das Befestigen von Leitungen und Kabeln (z. B. NYM, NYRUZY, NYBUY).

Reihenschellen zum Befestigen mehrerer parallel geführter Leitungen und Kabel.

Stahlnadeln mit Isolierkopf oder Isolierstoffscheiben zum Befestigen von Stegleitungen.

Schrauben und Dübel (z. B. Isolierstoffdübel) zum Befestigen der Abstand- und Reihenschellen, Installations- und Schaltgeräte usw.

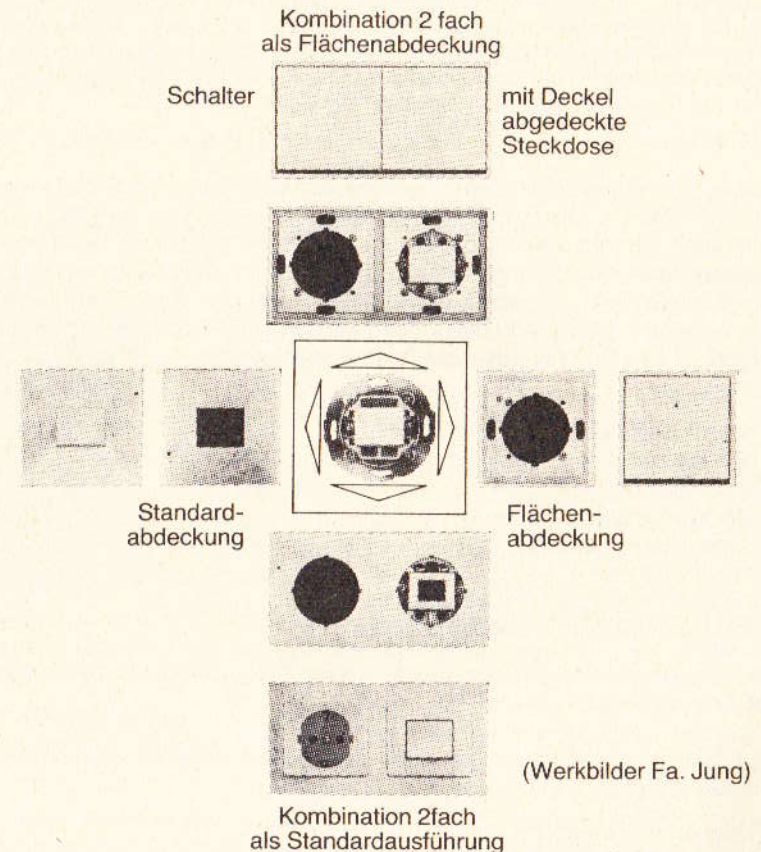
Zur Lernerfolgssicherung

- Wie erkennt man, daß Leitungen den geltenden VDE-Bestimmungen entsprechen?
- Was verbirgt sich hinter der Bezeichnung „harmonisierter Leitungstyp“? Beispiel!
- Geben Sie die Farbkennzeichnung einer 3adrigen flexiblen Leitung mit Schutzleiter und einer 5adrigen festverlegten Leitung ohne Schutzleiter an.
- Wozu dienen Geräteverbindungs-dosen?
- Nennen Sie Klemmenarten für Verbindungs-dosen.

4.2 Installations- und Schaltgeräte

Die Installations- und Schaltgeräte umfassen Schalter, Taster, Steckdosen, Steckvorrichtungen, Geräteanschlußdosen, Abzweig-dosen, Abzweigkästen sowie das Zubehör; Überstromschutzorgane, Stromstoßschalter usw. Es empfiehlt sich, nur Geräte mit VDE-Prüfzeichen zu verwenden.

4.2.1 Unter-Putz-Installationsgeräte



Unter-Putz-Installationsgeräte und Kombinationen

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** für Glühlampen- und Leuchtstofflampenschaltungen erhältlich (Mindestbelastung beachten!). Auch sind sogenannte „**Sensor**“-Schalter für alle Schaltungsarten mit und ohne Kontrolleuchte 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 Geräteverbindungs-dosen 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 Glühlampe.

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.

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 abdichtete Installationsgerät aufnimmt.

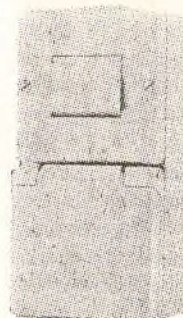
Als Wipp- und Tippschalter werden hergestellt:

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

Außerdem gibt es

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

4.2.2 Auf-Putz-Installationsgeräte



Kombination
Ausschalter - Steckdose
(Werkbilder Firma Jung)

Installationsgeräte,
wassergeschützt 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 Vorstanzung 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. Die eingeführten Leitungen werden über besondere Einführungsstüben 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 Steckdosen, lieferbar.

4.2.3 Steckvorrichtungen

Steckvorrichtungen zum Anschluß elektrischer Betriebsmittel müssen der Übersichtsnorm DIN 49499 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, Kupplungs-dosen und Gerätesteckverbindungen.

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

4.2.3.1 Schutzkontakt-Steckvorrichtungen

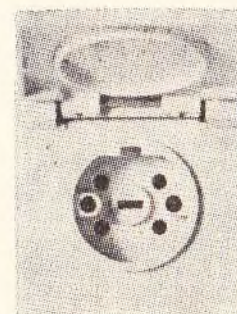
Schutzkontakt-Steckvorrichtungen werden nach VDE 0620 (DIN 49440) für 250 V und Nennströme von 10 A und 16 A gebaut. Je nach Bedarf kann zwischen der abgedeckten, der wassergeschützten und der druckwasserdichten Ausführung gewählt werden.

Zu beachten ist, daß Steckdosen in Verbindung mit Lampenfassungen oder Lampensockeln sowie Mehrfachsteckdosen mit starr angebautem Stecker nicht zulässig sind (Überlastungsprobleme und damit Brandgefahr). 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.

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.

4.2.3.2 Perilex-Steckvorrichtungen

Perilex-Steckvorrichtungen (Steckdosen und Stecker) sind für 16 A und 25 A Nennstrom lieferbar. Die Unverwechselbarkeit beim Einstecken des Steckers wird durch den rechteckigen Schlitz in der Mitte für den Schutzleiter sowie die Nut an der Oberseite und die seitliche Führung gewährleistet.



Unter-Putz, wassergeschützt

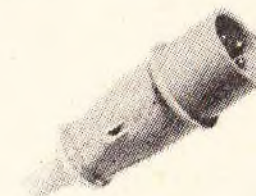


Stecker 16 A u. 25 A
(Werkbilder Fa. Busch-Jaeger)

Perilex-Steckvorrichtungen

4.2.3.3 CEE-Steckvorrichtungen

CEE-Steckvorrichtungen gibt es für trockene Räume und für feuchte und nasse Räume. In wasserdichter Ausführung werden diese Steckvorrichtungen bei der DBP hauptsächlich in Waschständen verwendet.



(Werkbilder Fa. Busch-Jaeger)

CEE-Steckvorrichtungen

Informationen hinsichtlich der Installation der Steckvorrichtungen enthalten die Abschnitte 5.3 und 5.12.

4.2.4 Überstromschutzorgane

Überstromschutzorgane für den Leitungsschutz können Leitungsschutzsicherungen und Leitungsschutzschalter (-automaten) sein.

Eine Leitungsschutzsicherungseinheit besteht aus den Teilen Sicherungssockel, Paßeinsatz, Sicherungseinsatz, Schraubkappe. Die Unverwechselbarkeit des Sicherungseinsatzes wird durch die Abstufung seines Fußdurchmessers, der jeweils einer bestimmten Stromstärke entspricht und durch den

entsprechenden Paßeinsatz erzielt. Es gibt das D-Sicherungssystem (bis 500 V), das kleinere DO-Sicherungssystem (bis 380 V) und das NH-Sicherungssystem (Niederspannung-Hochleistungssicherung mit Messerkontakten).

Leitungsschutzschalter gibt es zum Einschrauben passend für das D-System, aufbaubar und einbaubar (aufsteckbar) in Verteilungen, einpolig und 3polig.

Überstromschutzorgane sind ausführlich in Abschnitt 5.14 beschrieben.

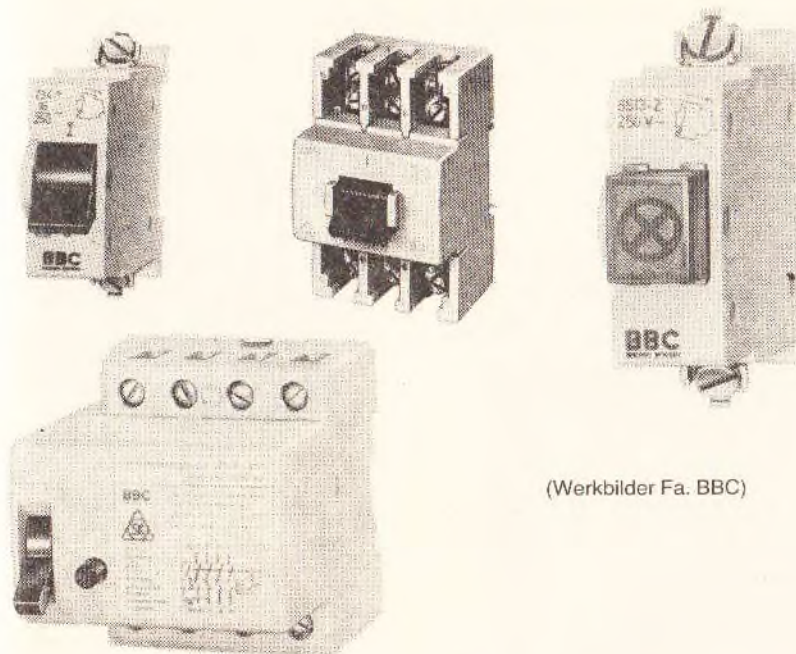
4.2.5 Überstrom- und Zeitrelais, Schaltuhren, Einbauschalter in Verteilungen

Überstromrelais dienen der Überwachung auf zu große Betriebsströme. Sie sind auf den jeweils für das Gerät erforderlichen Wert einstellbar.

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.

Für Steuerungen entsprechend dem Tages- oder Wochenablauf werden **Schaltuhren** verwendet. Da solche Uhren auch in der Hausinstallationstechnik 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.

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). Kontrolleuchten gleicher Bauform sind ebenfalls erhältlich (vgl. Abb.).



(Werkbilder Fa. BBC)

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.

Daneben werden in Verteilungen auch Schalter für spezielle Zwecke eingebaut, z. B. **Heizungsfernswitcher** (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 Verbraucher wie Durchlauferhitzer).

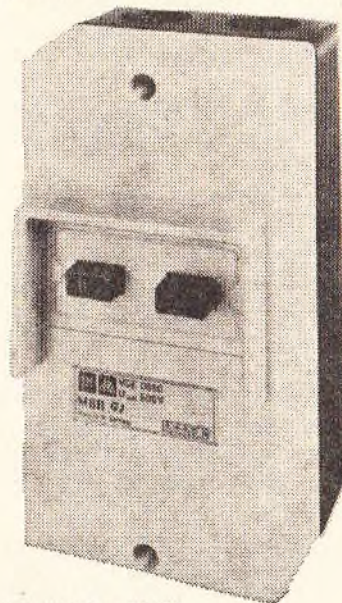
4.2.6 Motorschutzschalter

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. Diagramm).

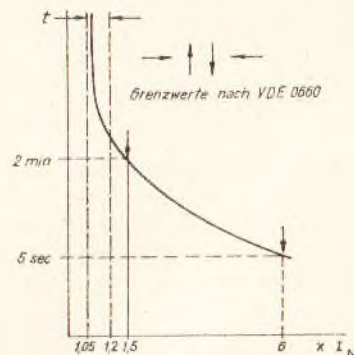
Der Überlastschutz wird durch Bimetallauslöser gesichert, mit denen die Temperaturverhältnisse im Motor „nachgebildet“ werden. Der Kurzschlußschutz wird mit magnetischen Schnellauslösern hergestellt, die beim ca. 11fachen Wert des Schalterennennstroms ansprechen. Motorschutzschalter sind bis zu bestimmten Nennstromwerten **eigenfest**, d. h., sie begrenzen den Kurzschlußstrom so, daß er das Schaltvermögen nicht übersteigt. Bei höheren Nennstromwerten müssen trägflinke Sicherungen vorgeschaltet werden.

Motorschutzschalter gibt es von 0,1 bis 16 A Nennstrom.



(Werkbild Fa. BBC)

Motorschutzschalter



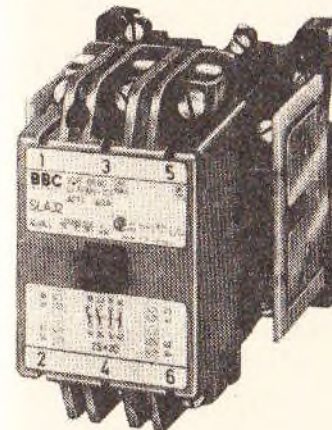
Zeit-Strom-Kennlinie

4.2.7 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.

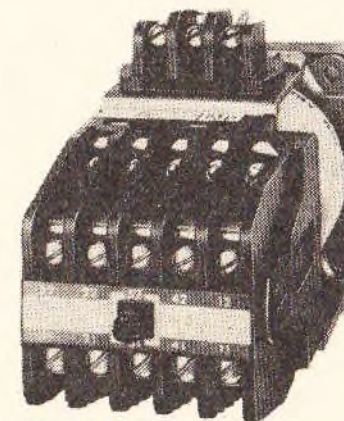
Schütze sind für 220 V, 380 V, 500 V und 1000 V mit Schaltströmen bis mehrere 1000 A gängig.

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



(Werkbild Fa. BBC)

Drehstromschütz



(Werkbild Fa. BBC)

Hilfsschütz



(Werkbild Fa. BBC)

Heizungs- und Installationsschütz

Für die **Heizungs- und Installations-technik** ist eine weitere Gruppe von Schützen vorhanden. 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 Mittel- und Nulleitern 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 geerdeten 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.

4.2.8 Verteilungen

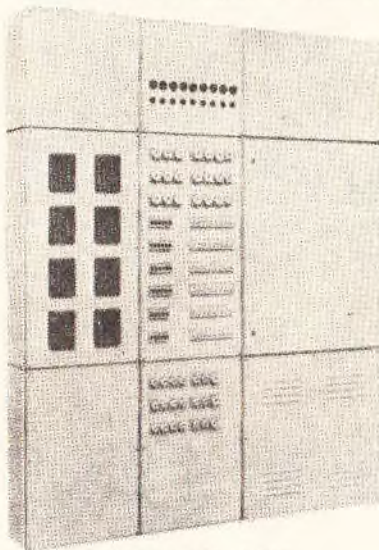
Die **Auswahl** der Verteilung richtet sich im wesentlichen nach dem **Nennstrom** der Sammelschiene. Darüber hinaus ist aber auch die **Schutzart** gegen Berühren und Eindringen von Fremdkörpern und Wasser und in diesem Zusammenhang auch der **Aufstellungsort** (z. B. elektrische Betriebsstätte) ein wesentliches Auswahlkriterium.

4.2.8.1 Stahlblechverteilungen

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

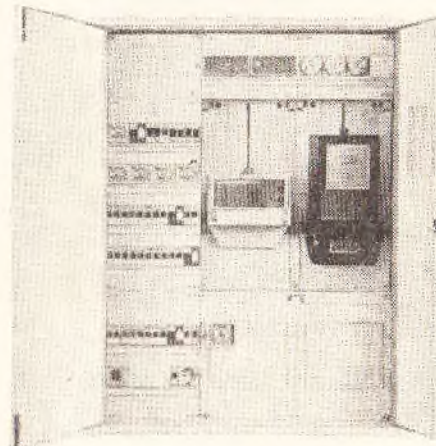
Stahlblechschränke werden üblicherweise für U.-P.-Montage hergestellt, lassen sich aber durch Rahmen in A.-P.-Schränke umbauen (oder umgekehrt). Sie werden mit Blendrahmen für 14 cm Nischentiefe und mit Einputzrahmen auch für größere Tiefen angeboten. Die Einbauteile sind hauptsächlich aus Kunststoff, um die Schutzmaßnahme Schutzisolierung sicherzustellen. In allen Programmen gibt es Verteilereinsätze und Zählertragplatten und ggf. weitere spezielle Einbauteile (vgl. Abb.).

Stahlblech-Zählerschränke sind in diesen Programmen ebenfalls enthalten.



(Werkbild Fa. BBC)

Stahlblechverteilung in Bausteinform



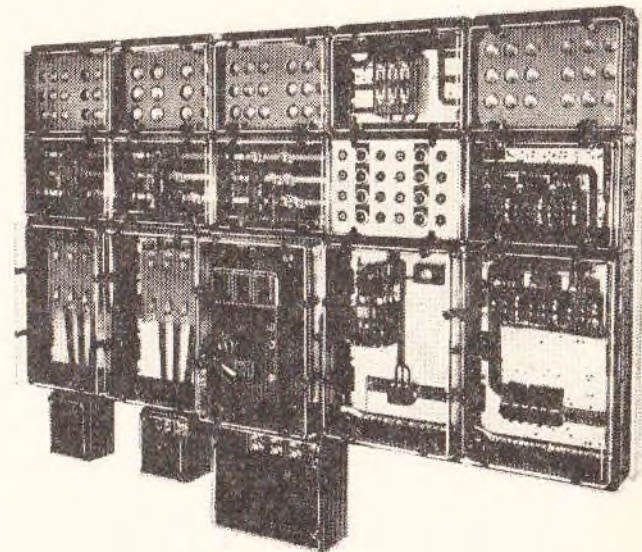
(Werkbild Fa. BBC)

Stahlblech-Zählverteilschrank

4.2.8.2 Isolierstoff-Verteilungen

Isolierstoff-Verteilungen sind gekapselte Verteilungen bis zum Sammelschienenennstrom 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 **raue 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. Die **Abdeckungen** sind häufig durchsichtig und werden mit 4 oder mehr Schrauben befestigt. 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.).

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



(Werkbild Fa. H. Moeller Schaltgeräte KG)

Isolierstoff-Verteilungen

4.2.8.3 Installations-Kleinverteilungen

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

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

Zur Lernerfolgssicherung

- Welche Installationsschalterarten werden in der Hausinstallation verwendet?
- Geben Sie die erlaubten Steckvorrichtungssysteme mit je einem praktischen Verwendungsbeispiel an.
- Beschreiben Sie eine in der Hausinstallation verwendete Installations-Kleinverteilung.

5 Starkstrom-Installationstechnik

5.1 Schaltungsunterlagen

5.1.1 Schaltzeichen nach DIN

Schaltzeichen sind symbolische Darstellungen elektrischer Betriebsmittel. Sie dienen der gemeinsamen zeichnerischen Sprache.

Schaltzeichen sollen sich leicht darstellen lassen und möglichst weitreichenden Aufschluß über die Betriebsmittel geben. **Bei gleicher Funktion des Betriebsmittels wird auch das gleiche Schaltzeichen verwendet.** Eine etwa vorhandene unterschiedliche Konstruktion ist aus dem Schaltzeichen nicht ersichtlich.

Schaltzeichen elektrischer Betriebsmittel lassen sich bei sinnvoller Anordnung zu Schaltplänen zusammenfügen.

Die Einheitlichkeit der Schaltzeichen wird durch die **Normung** sichergestellt. Verantwortlich dafür ist das **Deutsche Institut für Normung (DIN)**, das Schaltzeichen und Schaltungsunterlagen in Normblättern (DIN-Blätter) veröffentlicht.

Normblätter für die Elektro-Installation gibt es als DIN 40700 bis 40722.

Angestrebt – und teilweise schon erreicht – wird eine Normung der Schaltzeichen auf internationaler Ebene. Innerhalb der Europäischen Gemeinschaft (EG) werden diese Aufgaben wahrgenommen von dem **Europäischen Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC)** in Verbindung mit der **International Electrotechnical Commission (IEC)**, die Schaltzeichen und Schaltungsunterlagen als IEC-Publikationen herausgibt.

Die folgenden Abbildungen zeigen genormte **Schaltzeichen für Schaltungsunterlagen**

- (= bedeutet genaue Übereinstimmung mit IEC-Schaltzeichen
- ≈ bedeutet ungefähre Übereinstimmung mit IEC-Schaltzeichen
- *) bedeutet Schaltzeichen auch für andere Planarten verwendbar).

Allgemeines	
	Gleichstrom *)
	Wechselstrom, insbesondere technischer Wechselstrom *)
	Drehstrom mit Mittelleiter 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. Rohdraht
	Isolierte Leitung für feuchte Räume, z. B. Feuchtraumleitung
	Kabel für Außen- oder Erdverlegung
	Stegleitung NYIF mit zwei Kupferleitern von 2,5 mm² nach DIN 47715
	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 Sternverstellung 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 *)
	Klemmleiste, Reihen-klemmen, z. B. die ersten 3 Klemmen einer Reihe *)
	Reihen-klemme mit fester Verbindung *)
	Reihen-klemme mit lösbarer (schaltbarer) Verbindung *)
	Reihentrennklemme *)

Schaltzeichen nach DIN 40711, 40717

Einspeisungen			
	Von oben kommende oder nach oben führende Leitung		Masse, Körper *)
	– mit Speisung nach oben		Überspannungsableiter *)
	– mit Speisung von oben		Element, Akkumulator oder Batterie *)
	Von unten kommende oder nach unten führende Leitung		6 V Desgleichen mit Angabe der Polarität und der Spannung, z. B. 6 V *)
	– mit Speisung nach unten		220/5 V Transformator, z. B. Klingeltransformator 220/5 V *)
	– mit Speisung von unten		Umsetzer, allgemein *)
	Nach unten und oben durchführende Leitung		Gleichrichtergerät, z. B. Wechselstrom-Netzanschlußgerät *)
	– mit Speisung nach oben		Wechselrichtergerät, z. B. Polwechsler, Zerrhacker *)
	– mit Speisung nach unten		
		Schaltgeräte	
	Kreuzung von Leitungen ohne Verbindungen, z. B. mit je 3 Leitern *)		Sicherung, allgemein bzw. dreipolig
	Verteilung		10 A Sicherung mit Angabe des Nennstromes, z. B. 10 A *)
	Leitungsverzweigung *)		Einschaltglied, Schließer (allgemein Schalter *)
	Abzweigdose oder Verteilerkasten		Ausschaltglied, Öffner *)
	Trenndose		Umschaltglied, Wechsler *)
	Endverschluß, Endverzweiger *)		Schließer ohne selbsttätigen Rückgang *)
	Starkstrom-Hausanschlußkasten, allgemein		Öffner ohne selbsttätigen Rückgang *)
	– mit Angabe der Schutzart nach DIN 40050, z. B. IP 44		Die Kennzeichnung für den nichtselbsttätigen Rückgang kann entfallen, wenn keine Verwechslung möglich ist
	Umrahmung für Geräte, z. B. Gehäuse, Schaltschrank, Schalttafel *)		Trennstelle *)
	Erdung, allgemein *)		
	Anschlußstelle für Schutzleitung nach VDE 0100 *)		

Schaltzeichen nach DIN 40713, 40717 (Forts.)

noch Schaltgeräte			
	Trennschalter, Leerschalter *)		Handantrieb, allgemein
	Sicherungstrennschalter *)		Handantrieb, Betätigung durch Drücken
	Lastschalter *)		Handantrieb, Betätigung durch Ziehen
	Leistungstrennschalter *)		Handantrieb, Betätigung durch Drehen
	Schalter mit Angabe der Schutzart nach DIN 40050, z. B. IP 40 *)		Handantrieb, Betätigung durch Kippen
	Überstrom-Schutzschalter, z. B. Leistungsschutzschalter		andere Antriebe, z. B. Fußantrieb
	Schutzschalter mit thermischer Auslösung, z. B. Motorschutzschalter		Kraftantrieb, allgemein
	Unterspannungs-Schutzschalter		Schalttschloß mit elektrothermischem und elektromagnetischem Überstromauslöser
	Fehlervoltage-Schutzschalter		Last
	Fehlerstrom-Schutzschalter		
	Sterndreieckschalter *)		
	Anlasser, Stellwiderstand, z. B. mit 5 Anlaßstufen *)		
Antriebe für Schaltgeräte		Installationsschalter	
	Verzögerung bei Bewegung nach rechts		Schalter 1/1 (Ausschalter, einpolig)
	Verzögerung bei Bewegung nach links		Schalter 1/2 (Ausschalter, zweipolig)
	Verzögerung bei Bewegung nach rechts und nach links		Schalter 1/3 (Ausschalter, dreipolig)
			Schalter 4/1 (Gruppenschalter, einpolig)
			Schalter 5/1 (Serienschalter, einpolig)
			Schalter 6/1 (Wechselschalter, einpolig)
			Schalter 7/1 (Kreuzschalter, einpolig)
			Tastschalter
			Leuchttastschalter
			Dimmer

Schaltzeichen nach DIN 40703, 40713, 40717

Starkstrom-Steckverbindungen	
	Einfach-Steckdose
	Zweifach-Steckdose
	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
Meßgeräte, Anzeigergeräte, Relais	
	Meßgerät, z. B. Strommesser *)
	Zähler *)
	Zählertafel, z. B. mit einer Sicherung oder einem Leitungsschutzschalter von 10 A
	Schaltuhr, z. B. für Stromtarifumschaltung
	Tonfrequenz-Rundsteuerrelais
	Zeitrelais, z. B. für Treppenbeleuchtung
	Blinkrelais, Blinkschalter
	Stromstoßschalter
	Temperaturmelder
	Tonfrequenzsperre
Leuchten	
	Leuchte, allgemein
	Mehrfachleuchte mit Angabe der Lampenzahl und Leistung, z. B. mit 5 Lampen zu je 60 W
	Leuchte mit Schalter
	Leuchte mit Überbrückung für Lampenketten
	Leuchte, verdunkelbar
	Notleuchte
	Panikleuchte
	Scheinwerfer
	Leuchte mit 2 getrennten Strompfaden
	Leuchte mit zusätzlicher Notleuchte
Entladungslampen	
	Entladungslampe, Leuchte für Entladungslampe, allgemein
	Mehrfachleuchte für Entladungslampen mit Angabe der Lampenzahl, z. B. mit 3 Lampen
	Leuchtband für Entladungslampen, z. B. mit 5 Lampen je 40 W
	Leuchtfeld für Entladungslampen, z. B. mit 10 x 5 Lampen je 40 W
	Leuchtstofflampe mit Vorheizung, vereinfachte Darstellung
	Desgleichen mit vollständiger Darstellung
	Vorschaltgerät, allgemein
	Vorschaltgerät, kompensiert, – mit Tonfrequenzsperre
	Starter

Schaltzeichen nach DIN 40717 (Forts.)

noch Entladungslampen	
	Glühstarter
	Glühstarter
Elektro-Hausgeräte	
	Elektrogerät, allgemein
	Elektrogerät, schaltbar
	Küchenmaschine
	Elektroherd, allgemein
	Elektroherd mit Kohleteil
	Mikrowellenherd
	Backofen
	Wärmeplatte
	Fritteuse
	Infrarotgrill
	Heißwasserbereiter mit Leistungsangabe, z. B. 3 kW
	Futterdämpfer
	Waschmaschine
	Wäschetrockner
	Geschirrspülmaschine
	Kühlgerät
	Tiefkühlgerät
	Gefriergerät
Geräte für Heizung, Lüftung, Klimatisierung	
	Raumheizgerät allgemein
	Speicherheizgerät, allgemein
	Speicherheizgerät mit Lüfter
	Infrarotstrahler *)
	Lüfter, elektrisch angetrieben
	Klimagerät
Motoren	
	Motor, allgemein
	Motor mit Angabe der Schutzart nach DIN 40050, z. B. IP 23
Fernmeldegeräte, Verteiler, Fernsprengeräte	
	Hauptverteiler
	Verteiler auf Putz
	Verteiler unter Putz
	Fernsprengeräte, allgemein, zugleich Hausstelle *)
Signalgeräte	
	Wecker, Gong *)
	Summer *)
	Hupe *)
	Sirene *)
	Leuchtmelder, Signallampe *)

Schaltzeichen nach DIN 40700, 40717 (Forts.)

noch Signalgeräte				
	Gruppen- oder Richtungsleuchtmelder		Elektrische Uhr, insbesondere Nebenuhr *)	=
	Mehrfachleuchtmelder, Signallampentafel, z. B. für 6 Meldungen		Hauptuhr *)	=
	Quittiermelder, Leuchtmelder mit Abstellaste *)		Dämmerungsschalter	
	Ruf- und Abstelltafel	Rundfunk, Fernsehen und Zubehör		
	Hausprechstelle (Gegensprechstelle *)		Antenne, allgemein *)	=
	Wechselsprechstelle *)		Verstärker *)	=
	Ruftaster mit Namensschildern		Lautsprecher *)	=
	Türöffner		Rundfunkempfangsgerät	=
			Fernsehempfangsgerät	

Schaltzeichen nach DIN 40717 (Forts.)

5.1.2 Einteilung der Schaltungsunterlagen

5.1.2.1 Merkmale

Schaltungsunterlagen dienen zur **Erläuterung der Funktion von Schaltungen** oder von **Leitungsverbindungen**.

Schaltungsunterlagen sind

- **Schaltpläne**
(zeichnerische Darstellung elektrischer Betriebsmittel durch Schaltzeichen, ggf. auch durch Abbildungen oder vereinfachte Konstruktionszeichnungen)
- **Diagramme**
(grafische Darstellung von errechneten oder beobachteten Werten)
- **Tabellen**
(systematisch angeordnete Übersicht ohne Text)
- **Beschreibungen**
(sprachliche Fassung eines Sachverhalts).

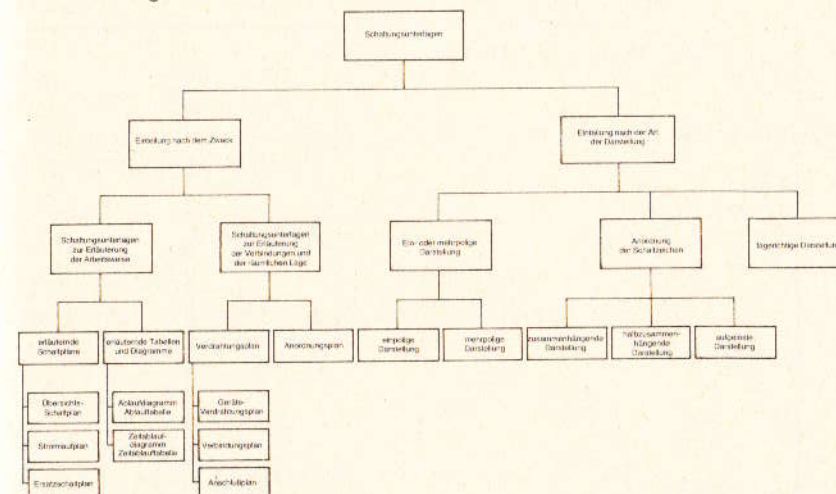
Schaltungsunterlagen werden in zwei Gruppen eingeteilt, und zwar

- **Einteilung nach dem Zweck**
(Erläuterung der Arbeitsweise, der Verbindungen und räumlichen Lage)
- **Einteilung nach der Art der Darstellung**
(Darstellung nach Zweckmäßigkeit).

Zu den Schaltungsunterlagen, die die Arbeitsweise erläutern („erläuternde Schaltpläne“), zählen beispielsweise Übersichtsschaltpläne, Stromlaufpläne.

Kombinationen aus mehreren Schaltplanarten bzw. von mehreren Darstellungsarten sind zulässig.

Näheres zur Einteilung der Schaltungsunterlagen nach DIN 40719 Teil 1 zeigt die Abbildung.

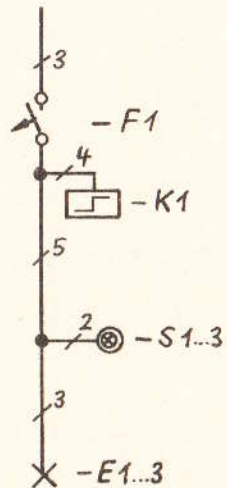


Einteilung der Schaltungsunterlagen nach DIN 40719 Teil 1

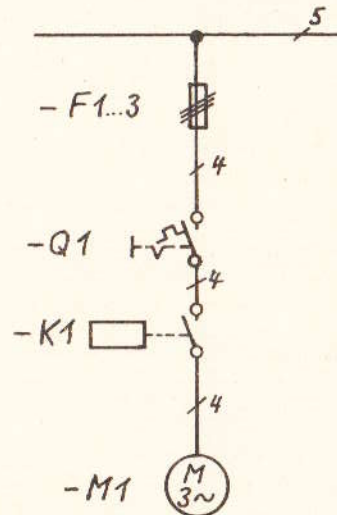
5.1.2.2 Übersichtsschaltplan

Der Übersichtsschaltplan ist die **vereinfachte Darstellung** einer Schaltung, wobei nur die **wesentlichen Teile** berücksichtigt werden (einpoleige Darstellung). Er zeigt die Arbeitsweise und Gliederung einer elektrischen Einrichtung.

Anwendung: Energieverteilungen in Wohnungen, Stromversorgungsanlagen, Kraftwerke.



Beispiel eines Übersichtsschaltplanes einer Stromstoßschaltung für Beleuchtung



Beispiel eines Übersichtsschaltplanes für eine Motorschaltung

5.1.2.3 Stromlaufplan (aufgelöste Darstellung)

Der Stromlaufplan (aufgelöste Darstellung) ist die **ausführliche Darstellung** einer Schaltung mit ihren Einzelteilen. Die Schaltung ist **allpolig** und nach **Stromwegen aufgelöst**. Darstellung möglichst geradlinig waagrecht und senkrecht und Kreuzungen vermeiden. Auf räumliche Lage und mechanischen Zusammenhang der einzelnen Teile wird keine Rücksicht genommen. Die einzelnen Stromwege und die Betriebsmittel müssen gekennzeichnet sein. Ebenso sollten Spannungs- und Leistungsangaben nicht fehlen.

Anwendung: Umfangreiche Steuerschaltungen, wie große Beleuchtungsanlagen, Türsprech- und Türsehanlagen, Regel- und Meßschaltungen, Klimanlagen.

Die **Kennzeichnung der Betriebsmittel** ist in DIN 40719 Teile 2/6.78 beschrieben. Dort wird nach 4 Kennzeichnungsblöcken unterschieden.

Zur Identifizierung des Betriebsmittels dient z. B. der **Kennzeichnungsblock 3**.

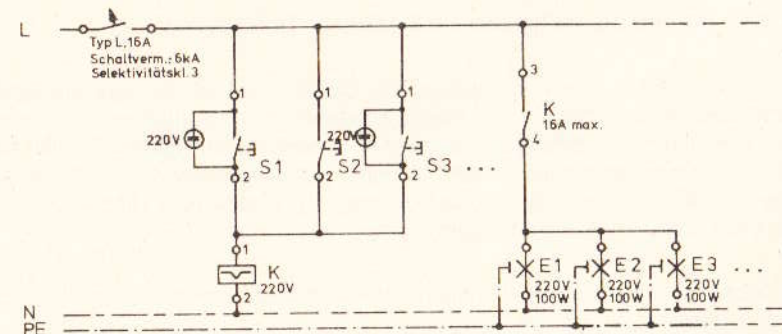
Beispiel: **-Q1 F**

Funktion: z. B. Schutz
Zählnummer: z. B. Motorschutzschalter
Art: z. B. Starkstrom-Schaltgerät
Vorzeichen für Kennzeichnungsblock: z. B. 3

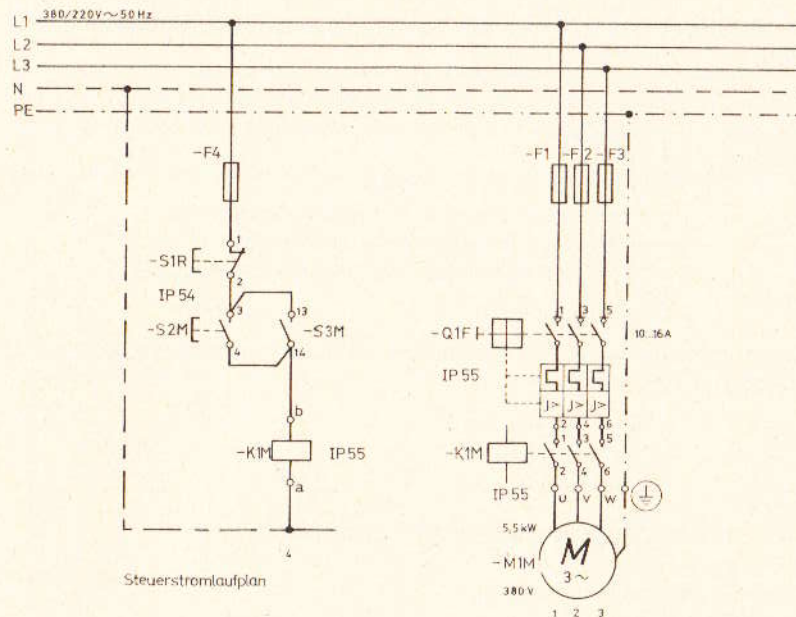
Die Kennzeichnung der Art oder Funktion ist nicht zwingend; die Zählnummer ist jedoch obligatorisch.

Die Bezeichnungen in den dargestellten Schaltplänen bedeuten:

K1 = Schütz 1
K1M = Schütz 1 mit Hauptfunktion
M1 = Motor 1
F1 = Schutzeinrichtung 1
S1 = Schalter 1
S1R = Schalter 1 für Rücksetzung
Q1 = Starkstrom-Schalteneinrichtung
Q1F = Starkstrom-Schalteneinrichtung für Schutzfunktion.



Beispiel eines Stromlaufplanes (aufgelöste Darstellung) einer Stromstoßschaltung für Beleuchtung



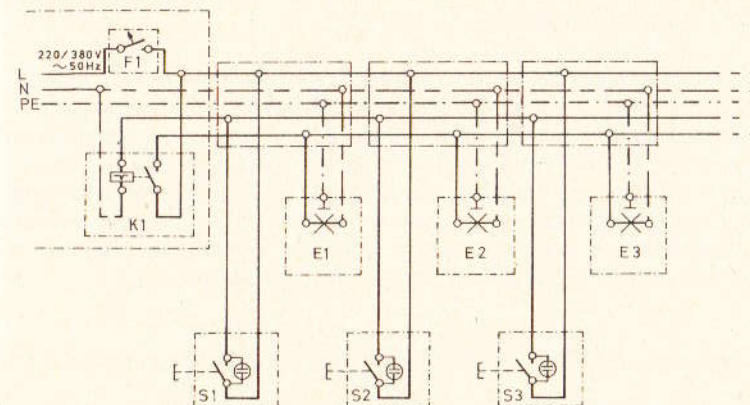
Beispiel eines Stromlaufplanes (aufgelöste Darstellung) für eine Motorsteuerung

5.1.2.4 Stromlaufplan (zusammenhängende Darstellung)

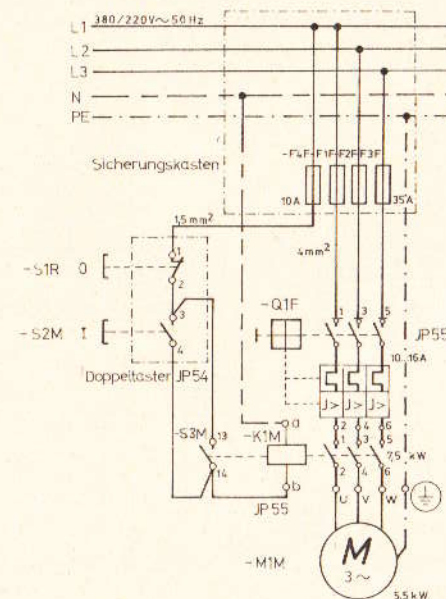
Der Stromlaufplan (zusammenhängende Darstellung) ist die **ausführliche Darstellung** einer Schaltung mit **allen Einzelheiten**. Die Schaltung ist allpolig. Teile des gleichen Betriebsmittels werden **zusammenhängend** gezeichnet und ggf. mit einer strichpunktierten Umrahmungslinie versehen. Die räumliche Lage der verschiedenen Betriebsmittel kann unberücksichtigt bleiben. Klemmen und Lötstellen werden bei Bedarf eingetragen.

Die Kennzeichnung der Betriebsmittel ist zwingend (System im Abschnitt 5.1.2.3 beschrieben).

Anwendung: Schaltungen mit Installationsschaltern; Steuerschaltungen kleineren Umfangs, wie Treppenlichtschaltungen, Türsprechanlagen, Motor- und Heizungssteuerung.



Beispiel eines Stromlaufplanes (zusammenhängende Darstellung) einer Stromstoßschaltung mit Beleuchtung



Beispiel eines Stromlaufplanes (zusammenhängende Darstellung) für eine Motorsteuerung

5.1.2.5 Installationsplan

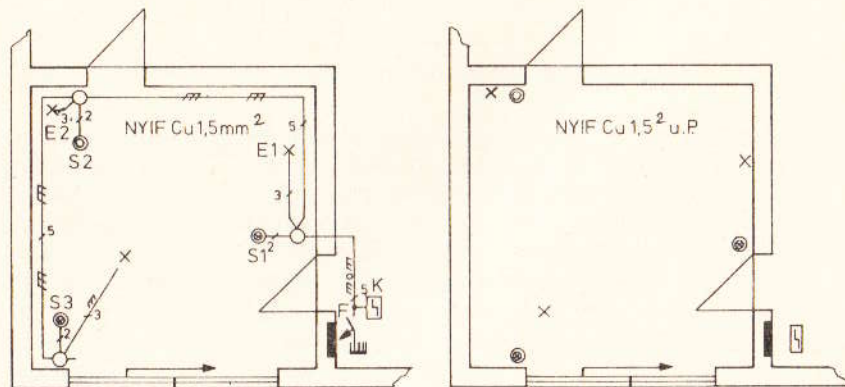
Der Installationsplan entspricht der **lagerichtigen Darstellung**. Die Anordnung der Schaltzeichen der Betriebsmittel stimmt dabei ganz oder teilweise mit der räumlichen Lage der Betriebsmittel überein. Für die lagerichtige Darstellung der Leitungen, Geräte und Verbrauchsmittel werden Gebäude- oder Bauzeichnungen (M 1 : 50 oder 1 : 20) benutzt. Der einpolige Installationsplan soll möglichst alle für eine Kalkulation und Installation notwendigen Angaben enthalten, d. h. außer den in einem Übersichtsschaltplan geforderten Angaben auch Leitungsquerschnitte, Verlegungsart, Schutzart der Geräte usw.

Anwendung: Alle Arten von Elektroinstallationen, z. B. Hausinstallationen.

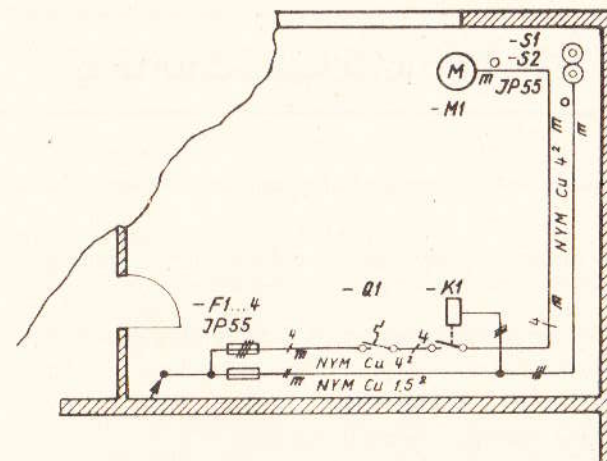
Bei klaren Verhältnissen und aus Gründen der Übersicht kann auf die Leitungseinzeichnung verzichtet werden.

Für Installationsanlagen mit vielen Stromkreisen oder in anderen besonderen Fällen können zusätzliche Schaltpläne erforderlich werden, z. B.

- **Übersichtsschaltpläne** (für Verteilungen)
- **Verbindungspläne** (wenn auf die lagerichtige Eintragung in einen Gebäudeplan verzichtet werden kann; enthalten sind sonst alle Angaben eines Installationsplanes).



Beispiel eines Installationsplanes einer Stromstoßschaltung für Beleuchtung



Beispiel eines Installationsplanes für eine Motorsteuerung

Zur Lernerfolgssicherung

- Geben Sie die Bedeutung der Schaltzeichen und ihren Zweck an.
- Was zählt außer den Schaltplänen noch zu den Schaltungsunterlagen?
- Nennen Sie einige Merkmale eines Stromlaufplans in aufgelöster Darstellung.
- Welche Inhalte hat der Installationsplan?

5.2 Rohrleitung, Stegleitung, Mantelleitung und Leitungen in Installationskanälen verlegen

5.2.1 Richtlinien und Verlegungsbestimmungen

5.2.1.1 Mechanischer Schutz der Leitungen

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 „Meistverwendete Leitungen für feste Verlegung“ bei Abschn. 4.1.1.6), als außerhalb des Handbereichs angeordnet und ausreichend mechanisch geschützt.

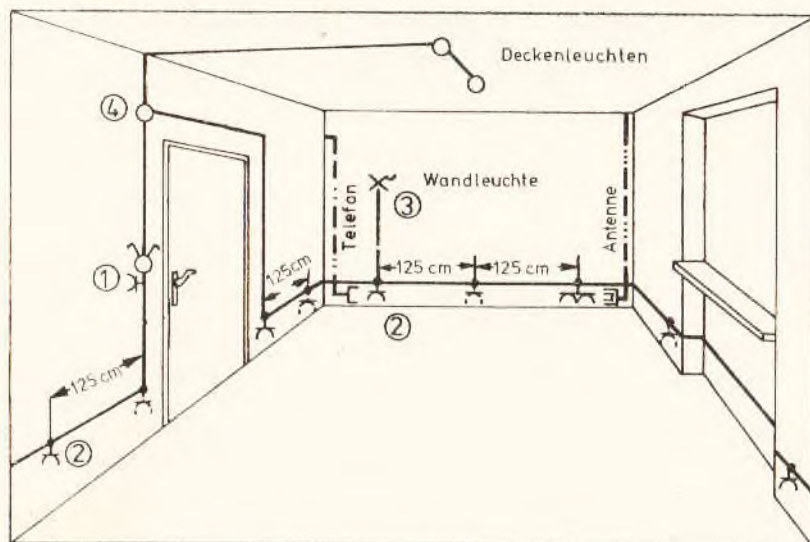
An besonders gefährdeten Stellen, wie Fußbodendurchführungen, ist durch übergeschobene Kunststoff- oder Stahlrohre oder ähnliches für zusätzlichen Schutz zu sorgen. Die Leitung muß der zu erwartenden Beanspruchung standhalten, d. h., in Betonwänden und -decken und unter Streckmetallen u. ä. dürfen z. 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.

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.

5.2.1.2 Leitungsführung in Wänden und Decken

Im und unter Putz verlegte Leitungen sollen in Wänden **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. In Decken kann von der rechtwinkligen Leitungsverlegung abgewichen werden.



- 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 Unterkante der Decke (UKD)
 Sonstige Maße: Geräteanschlußdosenhöhe = 20 cm über OKFF
 Tür- und Haussprechanlagen = 150 cm über OKFF

Leitungsführung in einem Wohnraum

5.2.1.3 Schlitzte, Aussparungen, Durchführungen

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 gefräst werden.

An **belasteten Wänden unter 24 cm** sind Schlitzte, Durchführungsöffnungen und Aussparungen ohne rechnerischen Nachweis nicht zulässig. Löcher für Dübel, Schalter- und Abzweigdosen sind von diesem Verbot ausgenommen.

Am **Schornsteinmauerwerk** sind Schlitzte, Durchführungsöffnungen und Aussparungen ohne Ausnahme verboten. Eine Unter-Putz-Verlegung ist an dieser Stelle nicht durchführbar, allenfalls eine Im-Putz-Verlegung, die jedoch wegen der geringeren Lebenserwartung der Leitungsisolierung vermieden werden sollte.

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. Schalter-, Verbindungs- und Wandauslaßdosen müssen Hohlwanddosen mit der Kennzeichnung ∇ sein.

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

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

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.

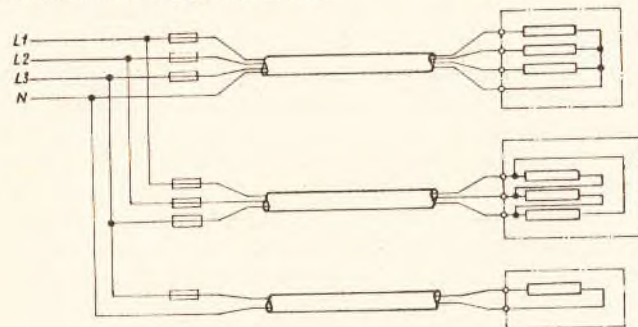
Die **Abdeckung** der Dosen und Leitungsenden beim Verputzen kann mittels Zeitungspapier oder spezieller Dosendeckel erfolgen. An der Stelle der Dose wird der Putz schneller trocken und damit weiß gegenüber dem noch feuchten grauen Putz. Die Lage der Dose ist in diesem Trocknungsstadium gut erkennbar.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

5.2.1.4 Zusammenfassen der Leiter von Stromkreisen

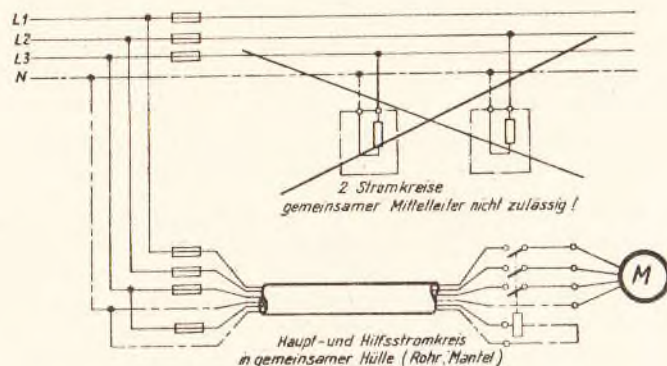
Grundsätzlich gilt, daß in einem Rohr oder einer mehradrigen Leitung oder einem mehradrigen Kabel wegen der Übersichtlichkeit und der entstehenden Gefahren bei Isolationsfehlern nur ein Stromkreis enthalten sein soll (Abb. oben).

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



Beispiele für je 1 Stromkreis mit getrennten Umhüllungen



Zusammenfassen der Leiter von Stromkreisen

Die Zuordnung eines **gemeinsamen Mittel- oder Nulleiters** für mehrere Hauptstromkreise ist **nicht** zulässig. Ausnahmen gelten für Schienenverteiler.

In **Mehradrileitungen** und -kabeln dürfen mehrere Hauptstromkreise samt der zu diesen Hauptstromkreisen gehörenden Hilfsstromkreise vereinigt sein. Die Verwendung eines

gemeinsamen Schutzleiters ist zulässig, sein Querschnitt braucht in diesem Fall auch nur dem Querschnitt des Außenleiters entsprechen. Jedoch 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. 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 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 müssen diese der höchsten vorkommenden Betriebsspannung entsprechen.

Leitungen von Stromkreisen mit **Schutzkleinspannung** sollen getrennt von anderen Stromkreisen verlegt werden.

5.2.1.5 Verbinden und Enden der Leiter

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

Bei U.-P.-Installationen müssen die Leitungen für Wandleuchten in **Wandauslaßdosen** enden. Diese Bestimmung wird immer noch von etlichen Errichtern mißachtet.

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 Hohl-

wandausführung 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.

5.2.1.6 Kreuzungen oder Näherungen von Starkstrom- und Fernmeldeleitungen

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

In Kabelkanalananlagen 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.

5.2.1.7 Besondere Bestimmungen zur Leitungsverlegung in Baderäumen und Duschecken

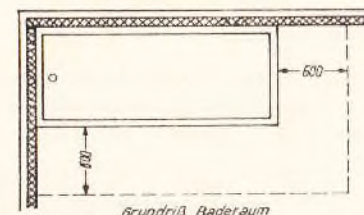
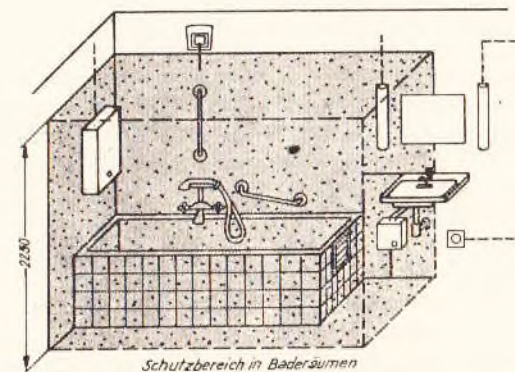
In Baderäumen und dort insbesondere in der Bade- oder Duschwanne ist der Mensch in erhöhtem Maß gefährdet, weil er unbekleidet ist und seine nasse Haut einen geringen elektrischen Widerstand hat. Elektrische Betriebsmittel und Leitungen müssen daher soweit wie möglich außerhalb eines besonders zu schützenden 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.

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.). 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.

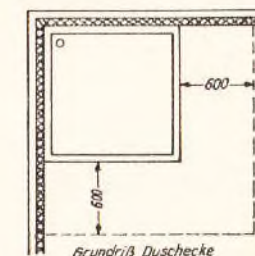
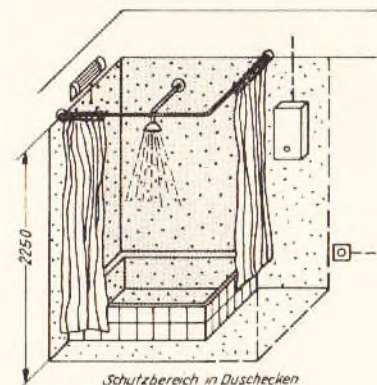
Bei Installationen außerhalb des Schutzbereiches gilt:

- Durch Bade- und Duschräume dürfen keine Leitungen zur Stromversorgung anderer Räume führen.
- Bei Elektroinstallationen auf der Rückseite der an die Wannen angrenzenden Wände muß zwischen den Leitungen einschließlich der hierzu gehörenden Wandeinbaueinheit (Schalter-, Verbindungsdosen, Verteilungen) und der Wandinnenseite eine **Mindestwanddicke von 6 cm** erhalten bleiben.

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



- Mindestdicke 60 mm
- Schutzbereich
- Sprühbereich
- Leitungsführung



Schutzbereiche in Baderäumen und Duschecken

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 Wannenoberkante 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.

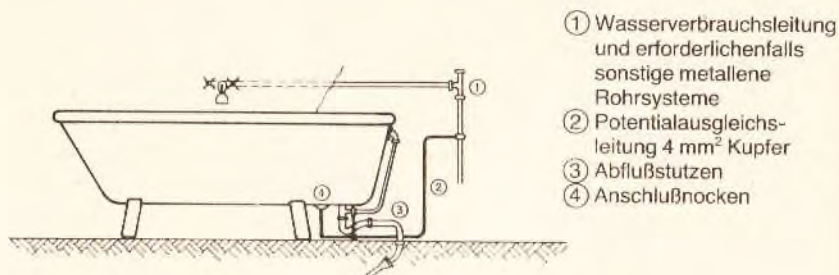
- Elektrische Verbrauchsmittel (z. B. Wärmestrahler, Raumheizgeräte, Heißwasserbereiter – auch solche mit Gas- oder Ölfeuerung – und elektrischer Zusatzheizung wie Zündung u. ä.) sollen möglichst **außerhalb des Sprühbereichs** angebracht sein. Läßt sich dies nicht einhalten, müssen diese Verbrauchsmittel mindestens **spritzwassergeschützt** sein (Schutzart IP X4, Kurzzeichen 1 Tropfen im Dreieck).
- Steckdosen und Schalter sind innerhalb des Schutzbereichs **unzulässig**.

Ausnahme: Einbauschalter an mindestens spritzwassergeschützten Verbrauchsmitteln.

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 Wandeinbaugeschäfte beschädigt wird. Eine **gegenseitige Verständigung** der Errichter elektrischer und sanitärer Anlagen ist deswegen und wegen des nachstehenden Potentialausgleichs im Baderaum unbedingt erforderlich.



Potentialausgleich in Baderäumen und Duschecken

Auch in Baderäumen ohne elektrische Anlagen ist gemäß der eingangs genannten Grundsätze ein **Potentialausgleich** erforderlich (vgl. Abb.). 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 Abflußstutzen 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 grüngelb 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 Wirksamkeit des Potentialausgleichs ist nach VDE 0190 nachzuprüfen.

Bewegliche Bade- oder Duscheinrichtungen mit eingebauten elektrischen Betriebsmitteln (Schrankbäder, Duschkabinen) gelten als Betriebsmittel, die begrenzt bewegbar sind. Sie müssen über eine ortsfeste Anschlußdose mit einer beweglichen Leitung, mindestens H07RN-F, angeschlossen werden. Eine Verbindung zwischen der Potentialausgleichsleitung und dem Schutzleiter ist sicherzustellen. Beim Aufstellen ist auf die **Einhaltung des Schutzbereichs** zu achten.

5.2.1.8 Kabelführung

Der Installateur kann vor die Aufgabe gestellt sein, kurze Kabelstücke im Erdreich verlegen zu müssen (z. B. Wohnhaus-Garage). Dafür bieten sich folgende kunststoffisolierte und kunststoffummantelte Kabeltypen an: NYY, NYCY, NYKY.

Im Erdreich verlegte Kabel sollen mindestens 0,6 m (unterhalb von Fahrbahnen 0,8 m) Deckung haben. Die Kabel sind auf glatter Grabensohle und in steinfreier Erde oder in Sand zu betten und mit Ziegelsteinen, Platten, (Halb-)Rohren o. ä. gegen äußere Beschädigungen zu schützen.

Starkstromkabel und Fernmeldekabel sollen einen Abstand von $\geq 0,3$ m haben; bei Kreuzungen muß die Abdeckung auf beiden Seiten 0,5 m hinausragen.

Beim Verlegen von Kabeln an Gebäudewänden sind Schellenabstände von 0,5 bis 0,8 m einzuhalten. Der Mindestbiegeradius beträgt beim NYY-Kabel 12 bis 15 mal Kabeldurchmesser. Einführungen in Gebäude sind gegen Feuchtigkeit abzudichten.

5.2.2 Rohrleitung verlegen

5.2.2.1 Allgemeine Hinweise

Für Rohrleitungen werden Installationsrohre verwendet, und zwar

- wenn die Auswechselbarkeit von Leitungen gewährleistet sein soll
- als Leerrohre, um bei späteren Erweiterungen erneute Stemmarbeiten zu vermeiden
- als Schutzrohre für Leitungen an gefährdeten Stellen.

Die Installation in Rohren gibt es in Fertigteilbauten, im Wohnungsbau usw.

5.2.2.2 Rohrarten und -größen

Elektro-Installationsrohre werden nach VDE 0605 unterschieden und eingeteilt

- hinsichtlich des Materials:
Stahlrohre oder Isolierstoffrohre (PVC, PE)
- hinsichtlich der Biegsamkeit:
starre und flexible Rohre
- hinsichtlich des Profils:
glatte und gewellte Rohre
- hinsichtlich der mechanischen und sonstigen Eigenschaften (Kennzeichen):
AS Rohre für schwere Druckbeanspruchung, für Verlegung in Fertigbeton, auf Putz, unter Putz und im Putz.
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 flammwidrigem Kunststoff, auch zur Verlegung auf Putz.
105 Kunststoffrohre mit einer Wärmefestigkeit bis 105 °C.

Beispiel für die Bezeichnung eines flammwidrigen, bis 105 °C wärmefesten Isolierstoffrohres für mittlere Druckbeanspruchung: ACF 105.

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 - 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.

5.2.2.3 Zubehör

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 x 80 x 50 - 100 x 100 x 50 - 150 x 150 x 65 - 200 x 200 x 65 und 250 x 250 x 65 mm mit Deckel,
- Gerätedosen (Schalterdosen) aus Isolierstoff 60 mm Ø, 38 mm tief, Geräte-Abzweigdosen (Schalterdosen) aus Isolierstoff 60 x 55 x 38 mm, Schalterabzweigdosen aus Isolierstoff 65 x 65 und 65 x 110 mm, Deckendosen mit und ohne Haken zum Eingießen in Beton 70 x 70 und 70 x 95 mm, Geräteanschlußdosen für Nachstromspeicherheizungen mit 3 Kammern,
- Wandauslaßdosen für Wandleuchten,
- Hohlwanddosen für versetzbare und hohle Zwischenwände.

Für die Rohrinstallation auf Putz gibt es noch:

- Muffen, Rohrbogen, T-Stücke, Winkelstücke usw.

5.2.2.4 Verlegungspraxis der Installationsrohre

Die Installationsrohre sollen bei der Verlegung unter Putz **bündig** mit dem Mauerwerk abschließen. Für die Verlegung unter Putz bieten sich arbeitszeit- und kostensparend flexible Isolierstoffrohre in gerillter Ausführung mit Kennzeichnung B, bei Verlegung auf Putz starre Isolierstoffrohre mit Kennzeichnung A an.

Zur Vermeidung von Spannungsverschiebungen bei Isolationsfehlern sollten möglichst Isolierstoffrohre verwendet werden. Bei Verwendung von nicht ausgekleideten Stahlrohren müssen diese, wenn H07V-U-Leitungen eingezogen werden sollen, in eine Schutzmaßnahme gegen zu hohe Berührungsspannung einbezogen werden.

Die Rohre können mit Stahlnadel-Rohrschellen, Schraub-Rohrlaschen oder Kunststoffchips befestigt werden. Die Schellenabstände sind bei starren Rohren entsprechend groß zu wählen.

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

Die Verbindungsdosen für U.P.-Installation werden eingegipst. Sie sind gegen das Eindringen von Mörtel bei den Putzarbeiten durch Papier oder besondere Deckel zu schützen.

5.2.2.5 Einzuziehende Leitungen

Das Einziehen der Leitungen kann mit Hilfe eines mitverlegten Einziehdrahtes, eines Einziehbandes aus Kunststoff oder einer Einziehspirale geschehen und ist u. U. von der Einziehlänge abhängig. Damit sollte aber bei Unter-Putz-Verlegung so lange gewartet werden, bis der Bau ausgetrocknet ist (andernfalls mögliche Isolationsfehler).

In Installationsrohre können jeweils einadrige Kunststoffleitungen, Mantelleitungen, Fernmeldeleitungen, Antennen- oder Lautsprecherleitungen eingezogen werden. Mit Rücksicht auf mögliche Beschädigungen der Isolierung sind für die einadrigen Kunststoffleitungen in Rohre **Leiterhöchstzahlen** festgelegt worden. Die Abhängigkeit der Leiterzahl von dem Leiterquerschnitt und dem Nenndurchmesser der Rohre zeigt die Tabelle.

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 mehrdrätig

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

5.2.3 Stegleitung verlegen

5.2.3.1 Allgemeine Hinweise

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

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.

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 Gipskartonspalte 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 und nicht in landwirtschaftlich genutzten Gebäuden verlegt werden.

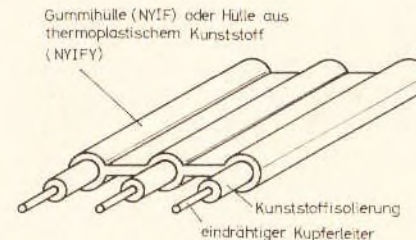
Eine Verwendung von Stegleitungen in Holzhäusern ist damit ebenfalls nicht erlaubt. Da die Stegleitung in ihrem ganzen Verlauf von Putz bedeckt sein muß, darf sie auch **nicht in Sockelleisten oder Kanälen** verlegt werden.

5.2.3.2 Stegleitungsarten

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 grünelbe Leiter der zweiten Stegleitung verwendet werden darf.

Bezeichnungsbeispiel einer 3adrigen Stegleitung mit Schutzleiter: NYIF-I 3x1,5.

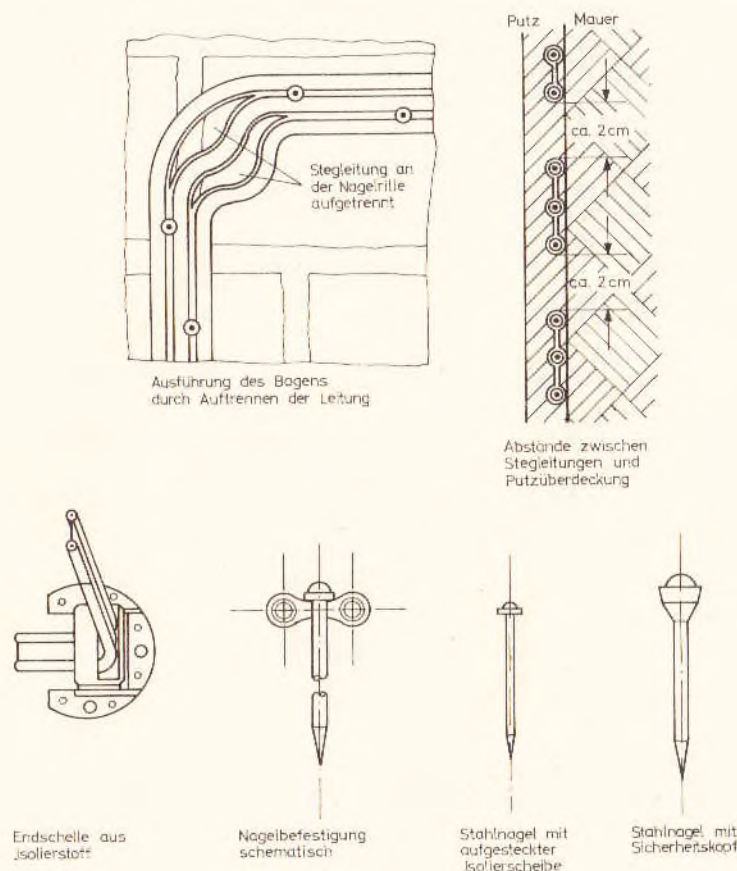


Stegleitung, 3adrig

5.2.3.3 Zubehör

- Dosen aus Isolierstoff
- Geräte- und Verbindungsdosen für Stegleitung (Flachbauweise)
- Wand-/Deckenauslaßtüllen (Endschellen).

5.2.3.4 Verlegungspraxis



Verlegen von Stegleitung

Bündelung von Stegleitungen ist nicht zulässig, da sie hierfür nicht geeignet sind 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. Bei dem klassischen Verfahren wird die Leitung einfach ein kurzes Stück aufgetrennt und die im Bogen innen liegenden Leiter werden einzeln nach innen gezogen (vgl. Abb.). 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. Von der Umklapplösung wird in Fachkreisen jedoch abgeraten.

In diesem Zusammenhang muß auch der **Nachteil der Stegleitungsverlegung** angesprochen werden: die große Fläche, die bei zukünftssicherer 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 ergeben 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 sind („Sicherheitskopf“) (vgl. Abb.)

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.

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.

5.2.4 Mantelleitung verlegen

5.2.4.1 Allgemeine Hinweise

Mantelleitung ist geeignet für feste Verlegung über Putz, auf Putz, im Putz, unter Putz; in trockenen, feuchten und nassen Räumen (z. B. Wohnraum, Keller, Boden, Sauna, Garage) und im Freien; jedoch nicht im Erdboden.

Sie ist universell verwendbar.

5.2.4.2 Mantelleitungsarten

Die Mantelleitung ist eine Rundleitung mit einem äußeren Kunststoffmantel als mechanischem Schutz. Diese Leitung gibt es 1- bis 7adrig und von 1,5 bis 35 mm².

Bezeichnungsbeispiel für eine 4adrige Mantelleitung ohne Schutzleiter: NYM-O 4x1,5.

Eine Mantelleitung mit zusätzlichem Bleimantel ist der Typ NYBUY.

5.2.4.3 Zubehör

Verbindungsboxen aus Kunststoff aller Art (auch AP und UP).

5.2.4.4 Verlegungspraxis

Die Mantelleitung kann mit Isolierstoffscheiben und mit Abstandsscheiben befestigt werden. Dabei sind bestimmte Abstände einzuhalten, d. h. waagrecht bis etwa 0,25 m und senkrecht bis 0,5 m. Die Leitung ist von Hand gerade zu richten, Bögen sind entsprechend einem Mindestbiegeradius vom 6fachen des Leitungsdurchmessers zu formen.

Die Mantelleitung kann auch auf Kabelbetten, in Kabelkanälen, in Installationskanälen, in Rohre verlegt bzw. eingezogen und an Spanndrähten mittels Spanndrahtschellen befestigt werden.

Weiteres über Anwendungsbereich, Zubehör und Verlegungspraxis ist im Abschnitt 5.13 „Elektrische Anlagen in feuchten Räumen installieren“ beschrieben.

5.2.5 Leitungen in Installationskanälen verlegen

5.2.5.1 Allgemeine Hinweise

Installationskanäle werden besonders bei Stahlbeton-, Stahlskelett- und Fertigteilbauten eingesetzt. Sie sind aber auch für eine problemlose Erweiterung der Elektroinstallation in Altbauten geeignet, da Stemmarbeiten weitgehend entfallen.

Installationskanäle dienen zur Aufnahme von Leitungen und Kabeln und bei Tiefen von 60 mm zum Einbau von Installationsgeräten (Steckdosen, Geräteanschlußboxen, Schaltern, Telefonanschlußboxen usw.). Sie erlauben eine sehr variable Bauweise (Installationskanäle werden in verschiedenen Dekors angeboten), schaffen Erweiterungsmöglichkeiten für spätere Leitungen und Anschlußgeräte und sind wirtschaftlich herstellbar.

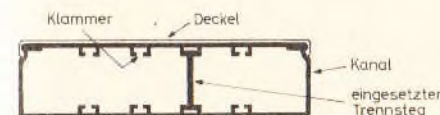
5.2.5.2 Installationskanalarten

Elektro-Installationskanäle sind aus flammwidrigem Kunststoff (Hart-PVC), verzinktem Stahlblech oder Aluminium. Je nach Erfordernis gibt es sie als Installationskanäle auf Wänden, Fußböden oder auch als Unterflur-Installationskanäle (ggf. mit Aufsatzgeräten).

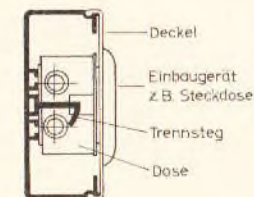
Für Installationskanäle aus Isolierstoff gilt die VDE 0604. Man unterscheidet:

- **Installationskanäle** – nur für Leitungs- und Kabelverlegung,
- **Fensterbankkanäle** – für Leitungs- und Kabelverlegung und für den Einbau von Dosen, Schaltern, Steckdosen usw. (Geräteeinbaukanäle),
- **Sockelleistenkanäle** – als Sockelleiste ausgebildeter Kanal für die Verlegung von Leitungen und Kabeln,
- **Aufbodenkanal** – abgerundeter Kanal zur Verlegung auf dem Boden.

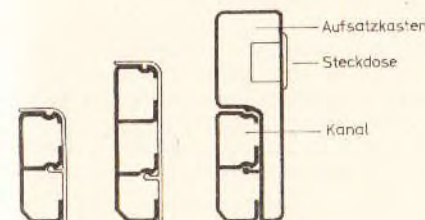
Beispiele:



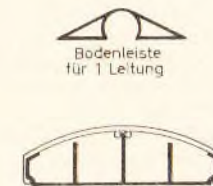
Installationskanal (mit Trennsteg)



Fensterbankkanal (Brüstungskanal)



Sockelleistenkanal



Aufbodenkanal

5.2.5.3 Zubehör

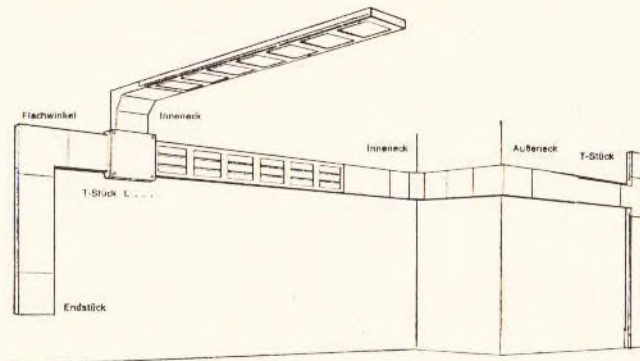
Für Elektro-Installationskanäle gibt es Winkelstücke, T-Stücke, Kreuzstücke, Endstücke, Trennwände, Halteklammern, Innen- und Außenecken, Geräteeinbaudosen, sowie Tragschienen für Befestigung von Geräten usw.

5.2.5.4 Verlegungspraxis der Installationskanäle

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.

Bei der Verlegung auf Wänden werden die Kanäle auf Länge geschnitten, und das Unterteil wird mit Schrauben und Dübeln in angemessenen Abständen befestigt. Für die Übergänge bzw. Abgänge werden die fertigen Winkel-, T-Stücke, Innen- und Außenecken angebracht.

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.



Installationskanäle der Firma Tehalit

Fensterbankkanäle (auch Brüstungskanäle genannt) haben eine Mindestdiefe von 60 mm und versorgen Arbeitsplätze mit elektrischer Energie. Dieser Kanal wird entlang von Fenstern unter Fensterbänken installiert. 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.

5.2.5.5 Leitungsverlegung

Die Leitungsverlegung kann unmittelbar nach dem Befestigen des Unterteils des Elektro-Installationskanals geschehen. Nach dem Hineinlegen der Leitungen wird das passende Oberteil einfach auf das Unterteil gedrückt (Rastverschluß).

Es dürfen folgende Leitungen verlegt werden:

- einadrige Kunststoffleitungen (H07V-U)
- Mantelleitungen, Kabel
- Fernmeldeleitungen
- Antennenleitungen
- Lautsprecherleitungen u. ä.

Leitungen verschiedener Stromkreise und Spannungen müssen jedoch durch Trennstegle und Dosen getrennt sein.

In Installationskanäle dürfen nicht verlegt werden:

- Stegleitungen
- artfremde Leitungen.

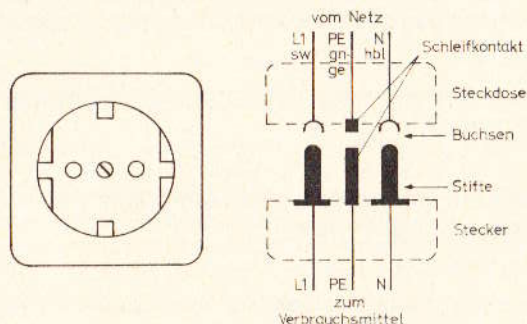
Zur Lernerfolgssicherung

- In welcher Form müssen im Handbereich verlegte Leitungen ausreichend geschützt sein?
- Nennen Sie die Abstände der in Wohnungen zu verlegenden Schalter und Steckdosen von der Oberkante des fertigen Fußbodens.
- Was versteht man unter dem Schutzbereich und dem Sprühbereich in einem Baderaum?
- Welche Bedeutung haben die einzelnen Buchstaben bzw. Ziffern der Rohrbezeichnung ASCF 105?
- Zählen Sie einige Nenndurchmesser von Installationsrohren auf.
- Darf in einem Badezimmer Stegleitung verlegt werden?
- Beschreiben Sie die Befestigungsmöglichkeiten für Stegleitung.
- In welchen Fällen bietet sich der Einbau von Installationskanälen an?
- Dürfen Starkstrom- und Fernmeldeleitungen gemeinsam in einem Installationskanal verlegt werden?

5.3 Schutzkontaktsteckdosen installieren

5.3.1 Allgemeine Hinweise

Die Schutzkontaktsteckvorrichtung dient zum Anschluß von Verbrauchsmitteln mit einem Strom von maximal 16 A ~. Ein Stromkreis mit mehreren Steckdosen in einer Wohnung darf ebenfalls nur mit 16 A abgesichert werden (vgl. auch Abschn. 4.2.3). Die Schutzkontaktsteckvorrichtung hat zwei Kontakte mit Steckerstiften und Buchsen zum Anschluß eines Außenleiters und des Mittelleiters und Schleifkontakte zum Anschluß des Schutzleiters.



Schutzkontaktsteckvorrichtung

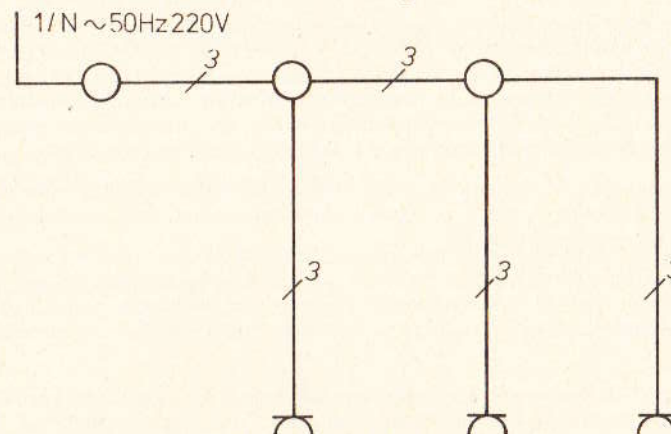
Außenleiter: Leiter, der nicht vom Mittel- oder Sternpunkt ausgehend die Stromquelle mit dem Verbraucher verbindet. Darstellung in Zeichnungen ——— Kurzzeichen L

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

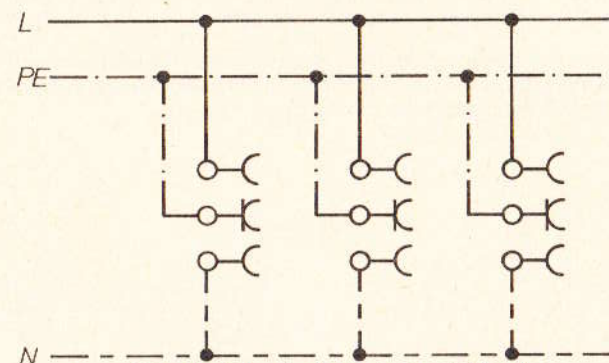
Schutzleiter: Je nach Schutzmaßnahme verbindet der Schutzleiter die Körper el. Betriebsmittel mit dem Nulleiter oder der Erde. Der Schutzleiter führt nur im Fehlerfall Strom. Darstellung in Zeichnungen — · — · — — Kurzzeichen PE

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. Darstellung in Zeichnungen wegen der wichtigen Schutzleiterfunktion — · — · — — Kurzzeichen PEN.

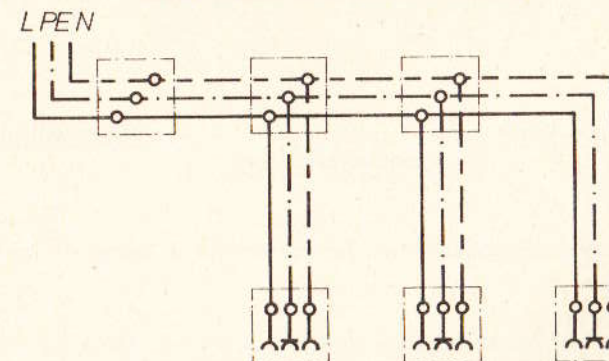
5.3.2 Schutzkontaktsteckdosenanschaltung



Übersichtsschaltplan



Stromlaufplan (aufgelöste Darstellung)



Stromlaufplan (zusammenhängende Darstellung)

5.3.3 Installationspraxis

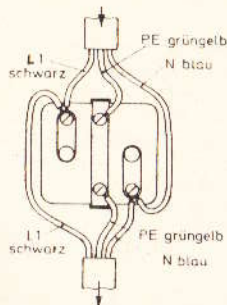
In der Hausinstallation werden überwiegend Unterputz-Schutzkontaktsteckdosen verwendet. Nach dem Verlegen der Leitung (z. B. NYIF, NYM, H07V-U 1,5 in Isolierstoffrohren) werden die Steckdosen einwandfrei in den Dosen befestigt, um ein Herausreißen beim Ziehen des Steckers zu verhindern. Es ist **Krallen- und Schraubbefestigung** möglich. Die zusätzliche Schraubbefestigung wird man bei besonders stark beanspruchten Steckdosen oder bei sehr weichen Wänden bzw. bei Hohlwänden wählen.

Der grünelbe Schutzleiter ist stets an die dafür vorgesehene Klemmschraube zu legen. Der blaue Mittelleiter und der schwarze Außenleiter können hingegen beliebig an die Buchsen angeschlossen werden.

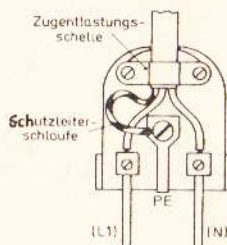
Bei **Eignung** der Klemmverbindung in der Steckdose – das ist heute bei den meisten Ausführungen der Fall – können **zwei** Leitungen durchverbunden werden (s. Abb.). Geräteverbindungs-dosen gestatten das Einführen und Verbinden von mehr als zwei Leitungen.

Ergänzung: An Stecker und Kupplungs-dose darf jeweils nur eine flexible Leitung angeklemmt werden. Aus Sicherheitsgründen soll dabei die grünelbe Ader an der Schutzleitungsklemme länger als die beiden anderen Adern bleiben. Ein Abspleißen von Einzel-drähten kann durch entsprechend geformte Klemmen oder durch Aufbringen von Aderendhülsen bzw. Ösen verhindert werden (Näheres hierzu s. Abb. und Abschnitt 3.2.3.1).

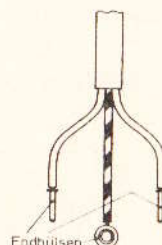
Bei der Installation von Steckvorrichtungen ist zu beachten: **Steckdosen und Stecker müssen im Leitungszug so angeordnet sein, daß die freien Steckerstifte nicht unter Spannung stehen** (Stifte zeigen stets zum Netz).



Schutzkontaktsteckdose



Klemmverbindungen



Schutzkontaktstecker

Die **Überprüfung** der fertiggestellten Schutzkontaktsteckdosenanlage ist möglich durch

– **Sichtprüfung**

– **Funktionsprüfung**

(Wirksamkeit der Schutzmaßnahme Nullung z. B. mit dem Prüfgerät EHG 701-P; Betriebsfähigkeit mit einem 2poligen Spannungsprüfer, z. B. Testofon 1605 oder Rapatest M).

Zur Lernerfolgssicherung

- Wie hoch darf ein Stromkreis mit mehreren Schuko-Steckdosen in einer Wohnung abgesichert werden?
- Dürfen in einer Schutzkontaktsteckdose zwei dreiadrige Leitungen durchverbunden werden?

5.4 Leuchten und Schalter installieren

5.4.1 Allgemeine Hinweise

Zu den Grundsaltungen mit Installationsschaltern zählen Ausschaltung, Gruppenschaltung (heute bedeutungslos), Serienschaltung, Wechselschaltung, Kreuzschaltung.

Weitere Leuchtschaltungen sind Stromstoßschaltung und Treppenlichtschaltung (bes. Abschnitte 5.5 und 5.6).

Installationsschalter gibt es mit Beleuchtung (für Anordnung in dunklen Räumen) und mit Kontrolllicht (Einschaltzustand ersichtlich).

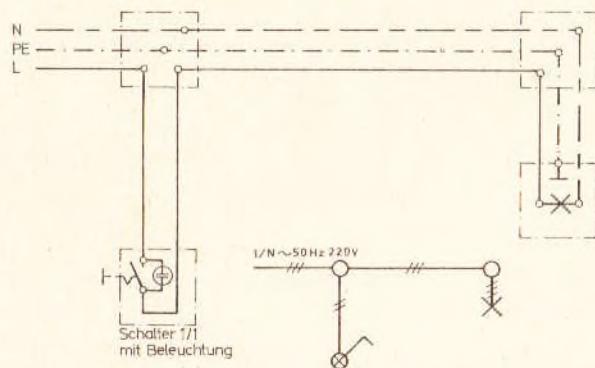
Die nachfolgenden Schaltungsarten sind jeweils als Stromlaufpläne in zusammenhängender Darstellung und als Übersichtsschaltpläne gezeichnet. Die Leitungsführung ist damit erkennbar.

5.4.2 Ausschaltung

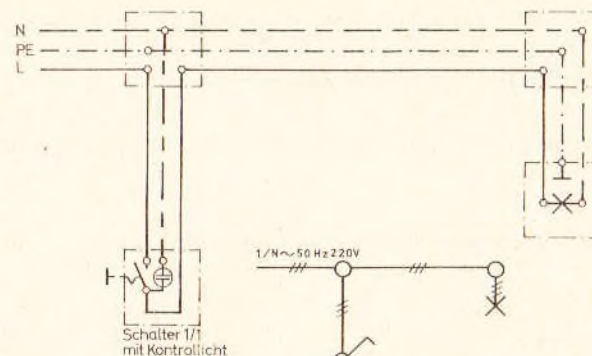
Die Schaltung dient mit einpoligen Ausschaltern (Schalter 1/1) für Ein-/Ausschaltzwecke für Beleuchtung.

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** muß auch der Mittelleiter N an den Schalter geführt werden. Eine Führung des Schutzleiters PE zum Schalter ist nicht erforderlich. Die **Dimmerschaltung** zur stufenlosen Helligkeitsregulierung ist sinngemäß anzuschließen.

Die Ausschaltung ist die einfachste Schaltungsart und sehr weit verbreitet.



Ausschaltung



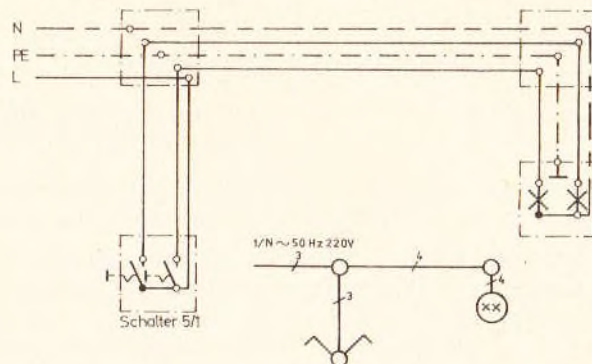
Ausschaltung mit Kontrolllicht

5.4.3 Serienschaltung

Die Serienschaltung erlaubt das Schalten von zwei Lampen oder zwei Lampengruppen wahlweise einzeln oder zusammen. Bei der Wahl von Lampen mit unterschiedlicher Leistung ist eine Veränderung der Helligkeit in drei Stufen möglich.

Für die Veränderung der Helligkeit – sogar stufenlos – bietet sich heute besser die allerdings teurere Dimmerschaltung an.

Die Serienschaltung ist üblich in Wohn- und Schlafräumen.



Serienschaltung

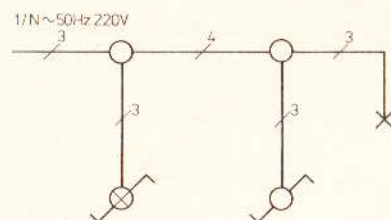
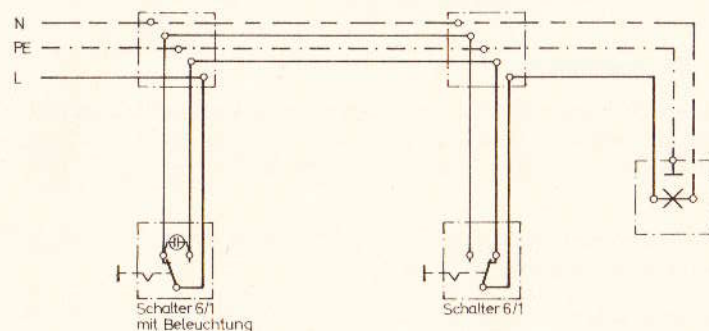
5.4.4 Wechselschaltung

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. Die

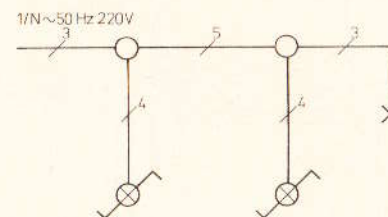
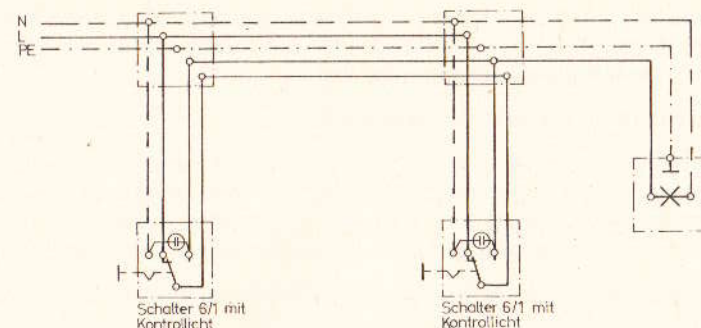
Schaltung ermöglicht das voneinander unabhängige Ein- oder Ausschalten von zwei verschiedenen Stellen aus. Einer der beiden Schalter kann durch einen Dimmer mit Wechselkontakt ersetzt werden.

Die Wechselschaltung ist üblich in Räumen mit 2 Zugängen (Türen) oder Fluren.

Es werden zwei Wechselschaltungsarten vorgestellt.



Wechselschaltung A



Wechselschaltung B (mit Kontrolllicht)

Die dargestellte Wechselschaltung B (mit Kontrolllicht) erfordert immer einen Mittelleiter zu den Wechselschaltern.

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.

5.4.5 Kreuzschaltung

Die Kreuzschaltung besteht aus zwei Wechselschaltern, einem oder mehreren Kreuzschaltern (Schalter 7/1) und einer oder mehreren gleichzeitig geschalteten Leuchten. Eine Leuchte oder mehrere Leuchten können an jedem Schalter beliebig ein- und/oder ausgeschaltet werden.

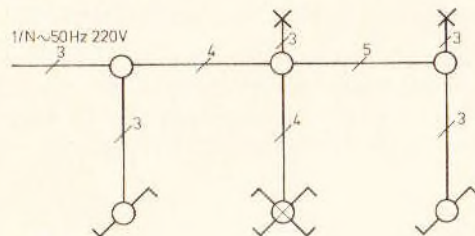
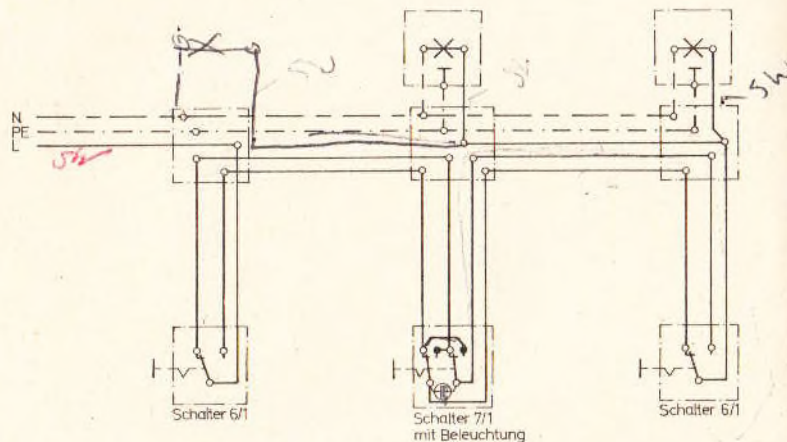
Die Kreuzschaltung hat an den „Schaltleitungsenden“ stets zwei Wechselschalter. Dazwischen liegen ein oder mehrere Kreuzschalter, mit denen die beiden Schaltleitungen „ausgekreuzt“ werden.

Beleuchtung der Kreuzschalter ist möglich.

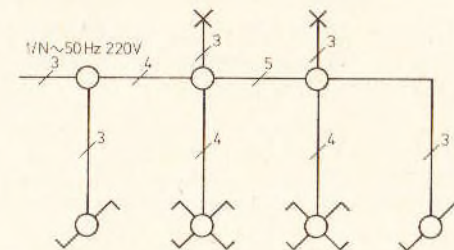
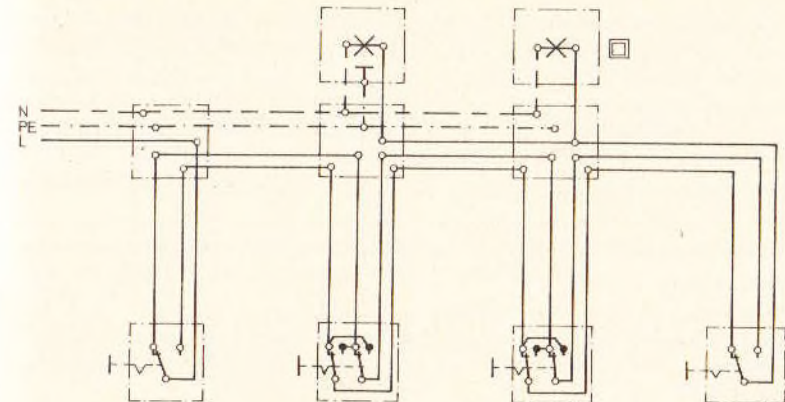
Die aufwendigen Schalter, die hohen Adernzahlen und die teilweise vorhandenen Erweiterungsschwierigkeiten führen heutzutage zum Einsatz der Stromstoßschaltung meist schon ab vier Schaltstellen, so daß in der Praxis häufig nur die Kreuzschaltung mit einem Kreuzschalter neu installiert wird.

Die Kreuzschaltung wird in Wohnräumen, Fluren oder Kellern angewendet.

Es werden zwei Kreuzschaltungen mit 3 und 4 Schaltstellen dargestellt.



Kreuzschaltung mit 3 Schaltstellen



Kreuzschaltung mit 4 Schaltstellen

5.4.6 Installationspraxis

In neuen Wohnungen werden fast ausschließlich Unterputz-Installationen ausgeführt. Je nach Anforderung und Wunsch werden dafür Mantelleitungen (NYM), Stegleitungen (NYIF) oder Leitungen in Installationsrohren verlegt.

Für die dargestellten Schaltungsarten sind je nach Verlegungs- und Leitungsart als Installationsgeräte Ausschalter (1-, 2-, 3polig), Serienschalter, Wechselschalter, Kreuzschalter, Dimmer und für die Unterputz-Installation passende Isolierstoff-Dosen verfügbar (vgl. hierzu Abschnitte 4.1 und 4.2). Leitungen müssen sauber verlegt und die Dosen so eingesetzt werden, daß sie später mit dem fertigen Putz abschließen. Die Leitungen sind ordnungsgemäß an die Klemmen zu legen und die Installationsgeräte einwandfrei in die Dosen einzusetzen und zu befestigen (gewöhnlich Krallenbefestigung).

Für die Dosenverdrahtung stehen farbige Klemmen zur Verfügung. Es sind entsprechende Leitungsvorräte vorzusehen. Diese Forderung gilt auch für glatt durchgezogene Einaderleitungen in Rohren.

An Schutzleiteranschlüssen dürfen nur grünelbe Adern angeschlossen werden. Der bei schutzisolierten Verbrauchsmitteln nicht benutzte Schutzleiter wird zurückgelegt (er ist für andere Zwecke nicht verwendbar).

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.

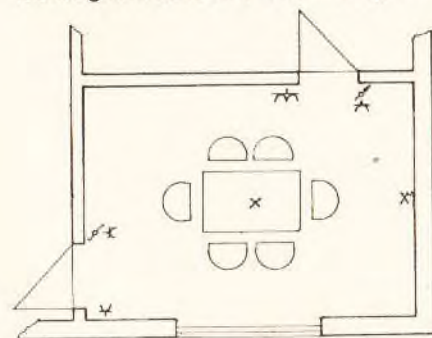
Mehr zur Installationspraxis s. Abschnitt 5.4.7 „Praktisches Beispiel einer Wohnrauminstallation“.

Die **Überprüfung** der fertig installierten Schaltungen kann vorgenommen werden als

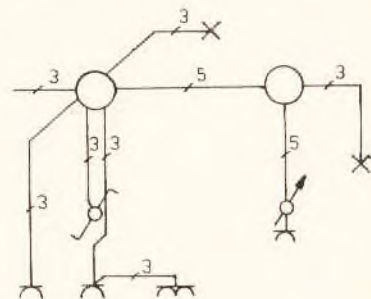
- **Sichtprüfung**
- **Funktionsprüfung**
(Wirksamkeit der Schutzmaßnahme Nullung z. B. mit dem Prüfgerät EHG 701-P; Betriebsfähigkeit mit einem 2poligen Spannungsprüfer, z. B. Testofon 1605 oder Rapatest M).

5.4.7 Praktisches Beispiel einer Wohnrauminstallation

In den folgenden Abbildungen sind der Installationsplan und der zugehörige 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.



Installationsplan Ausführungsbeispiel



Verbindungsplan Ausführungsbeispiel

Für alle 3 Ausführungen gültige Festlegungen und allgemeine Hinweise:

Die Klemmpunkte wurden numeriert, damit die einzeln ansprechbar sind.

Deckenleuchte mit Schutzleiteranschluß, Wandleuchte ausschaltbar, schutzisoliert.

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 grünelbe 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.

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

Leitungen: NYM

Die linken Steckdosen werden mit einer eigenen Leitung versorgt; die rechte Steckdose unter dem Dimmer 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.

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, 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 Aderfarben sw, br, bl. 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.

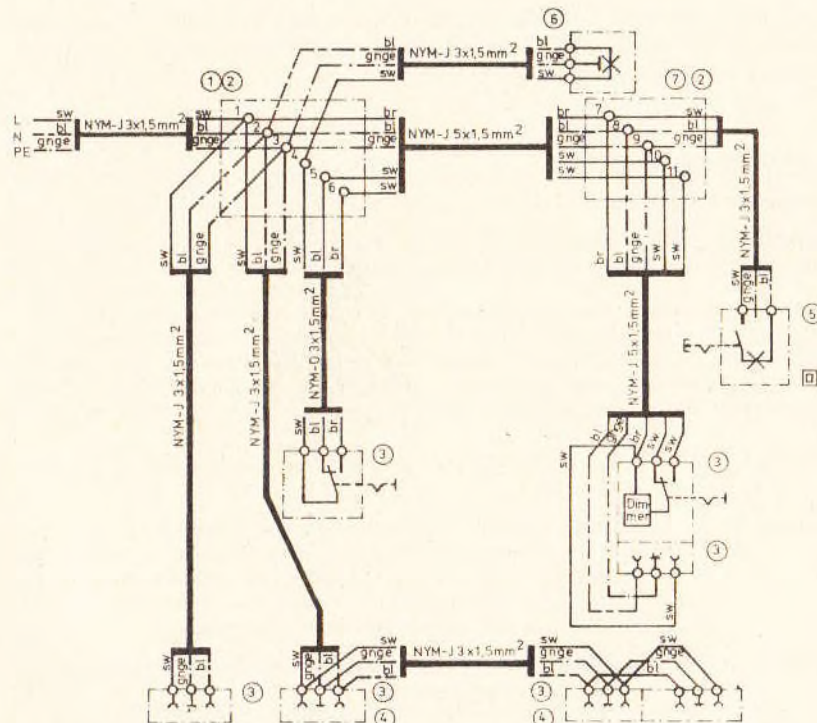
Klemme 7: Farbbelegung wie Klemme 1.

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.

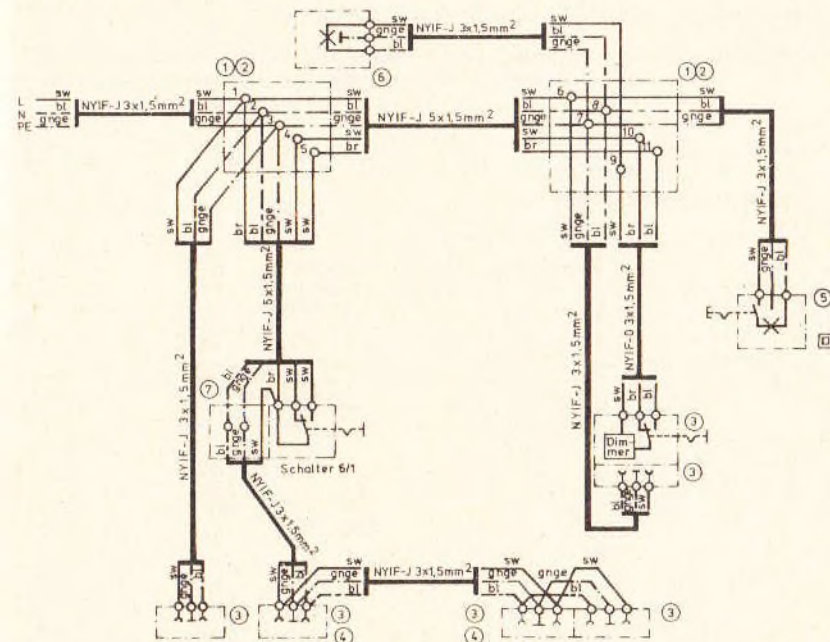
Wandleuchte: Schutzleiter nur in Wandauslaßdose zurücklegen, nicht abschneiden!



- ① Verbindungsdose für 6 Klemmen und 20 Leiter (z. B. für Nennquerschnitt 4 mm²: 24 Leiter und 8 Klemmen)
- ② Klemmen 1,5 mm²
- ③ Gerätedose (Schalterdose) 55 mm Ø
- 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

1. Ausführungsvorschlag

2. Ausführungsvorschlag



- ① Verbindungsdose für Nennquerschnitt 1,5 mm²: 18 Leiter und 6 Klemmen zulässig
- ② Klemmen 1,5 mm²
- ③ Gerätedose (Schalterdose) 55 mm Ø
- ④ Schukosteckdose mit Verbindungsklemmen nach VDE 0620
- ⑤ Wandauslaßdose
- ⑥ Deckenauslaß (mit Endschele)
- ⑦ Geräteverbindungsdose (Schalterabzweigdose)

2. Ausführungsvorschlag

Leitungen: NYIF

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

L, N, PE: Wie 1. Ausführungsvorschlag.

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

Klemmen 1, 4, 5, 6, 10, 11: Die Farbebelegung ist für die Leitung zwischen den Verbindungsdosen schlecht gewählt (spannungsführender schwarzer Leiter muß ausgemessen werden).

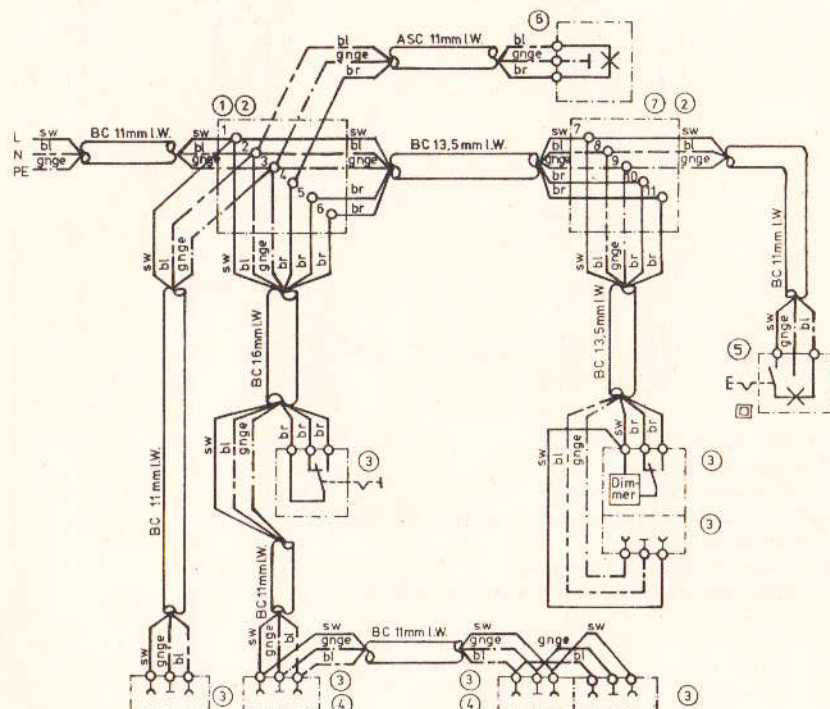
Klemmen 2, 3, 7, 8: Wie 1. Ausführungsvorschlag.

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



- ① Verbindungsdose für 6 Klemmen und 20 Leiter (z. B. für Nennquerschnitt 4 mm²: 24 Leiter und 8 Klemmen)
- ② Klemmen 1,5 mm²
- ③ Gerätedose (Schalterdose) 55 mm Ø
- 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

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 festgelegt (s. Abschn. 5.2.2). Besser wäre mindestens lichte Weite 13,5 oder 16 mm zu verlegen. Die Rohrweite 13,5 paßt auf die Schalterdose.

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 einzelnen Klemmen nur gleichfarbige Leiter verbunden.

Zur Lernerfolgssicherung

- Welche Grund-Installationsschaltungsarten gibt es?
- Beschreiben Sie, in welchen Fällen man Installationsschalter mit Beleuchtung bzw. Installationsschalter mit Kontrolllicht wählt.
- Erklären Sie die Funktion eines Serienschalters.
- Wie funktioniert eine Kreuzschaltung?

5.5 Stromstoßschaltung installieren

5.5.1 Allgemeine Hinweise

Diese Schaltung ist auch als Tasterschaltung bekannt.

Die Schaltung ermöglicht das voneinander unabhängige Ein- und Ausschalten von beliebig vielen Stellen aus. Sie ist leicht an allen Stellen erweiterbar. Die Taster können beleuchtet werden.

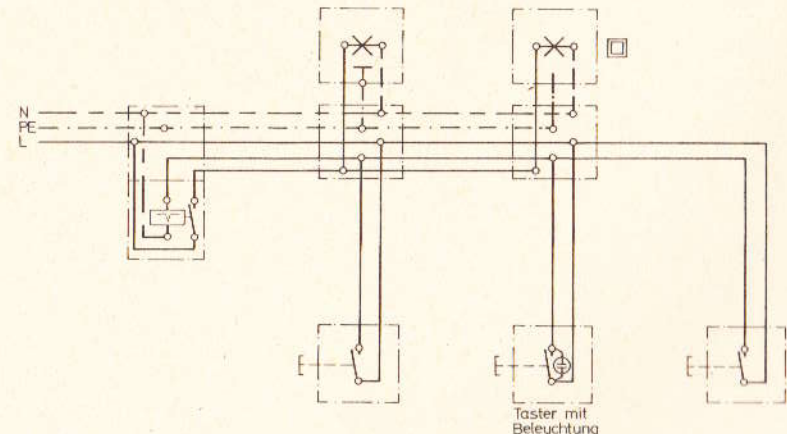
Die Stromstoßschaltung ist üblich in Fluren, Kellern, Werkstätten, Büroräumen usw. und ist praktisch Ersatz für die Wechsel- und Kreuzschaltung.

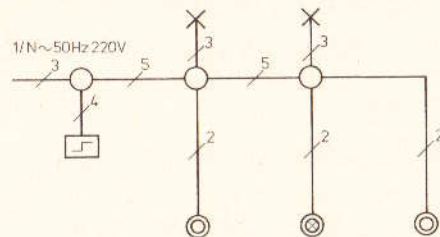
5.5.2 Stromstoßschalter

Das „Herz“ der Stromstoßschaltung ist der Stromstoßschalter. Der Stromstoßschalter ist ein elektromagnetisch betätigter Schalter, der bei gleichartigen Impulsen entweder die eine oder die andere Schaltstellung einnimmt. Die Anzugsbewegung des Ankers des Relais wird dabei durch ein Umkehrglied abwechselnd in entgegengesetzte Richtungen auf die Kontakthanordnung übertragen. Bei einigen Stromstoßschaltern sind die Schaltstellungen sichtbar.

Stromstoßschalter gibt es für die Steuerspannung 8, 12, 24 und 220 V mit der Schaltspannung 220 V.

5.5.3 Schaltungsunterlage





Stromstoßschaltung

5.5.4 Installationspraxis

Der Stromstoßschalter kann je nach Leitungsführung in eine **Abzweigdose** oder in einen **Stromkreisverteiler** (Unterverteilung) eingebaut werden.

Die Spule des Stromstoßrelais muß stets fest mit dem **Mittelleiter** verbunden sein, getastet wird der **spannungsführende Leiter**. Ebenso muß mit dem Schaltkontakt stets der **spannungsführende Leiter** geschaltet werden.

Wenn Tastschalter in Fernmeldegeräte eingebaut sind (z. B. Haussprechanlagen), müssen sie u. U. mit Kleinspannung von einem einzubauenden Klingeltrafo betrieben werden.

Hinsichtlich des Einbaus der Taster, der Verdrahtung usw. gilt das beim Abschnitt 5.4 Gesagte.

Das **Überprüfen** der errichteten Anlage geschieht auch hier durch

- **Sichtprüfung**
- **Funktionsprüfung** (s. Abschn. 5.4.6).

Zur Lernerfolgssicherung

- In welchen Fällen bietet sich die Installation von Stromstoßschaltungen an?
- Wie arbeitet der Stromstoßschalter?

5.6 Treppenhausbeleuchtungsanlage installieren

5.6.1 Allgemeine Hinweise

Für die Beleuchtung des Treppenhauses wird die sogenannte **Treppenlichtschaltung** angewendet. Die Schaltung gestattet das Einschalten mehrerer Leuchten von verschiedenen Etagen aus (einstellbare Zeitschaltung).

Soll die Anlage nur während bestimmter Zeiten geschaltet werden (Dämmerung/Nacht), so kann sie durch eine Schaltuhr ergänzt werden. Die Taster werden stets beleuchtet.

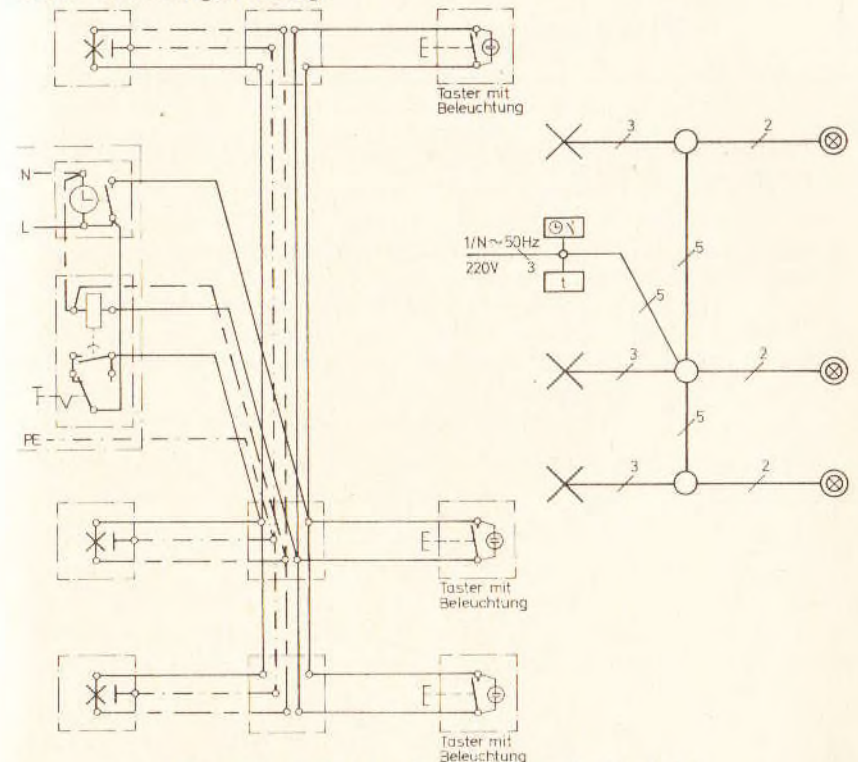
Die Treppenlichtschaltung ist üblich in Treppenhäusern, Fluren.

5.6.2 Treppenlichtautomat, Schaltuhr

Die Steuerung der Treppenhausbeleuchtung geschieht mit dem Treppenlichtautomaten. Die „Brenndauer“ kann stufenlos an ihm eingestellt werden. Die Abschaltung erfolgt automatisch („Minutenlicht“). Der Treppenlichtautomat läßt sich auch auf Dauerlicht schalten. Einige Automaten haben außerdem Stellung „Aus“. Es gibt Treppenlichtautomaten mit pneumatischer und elektro-nischer Abfallverzögerung.

Schaltuhren sollen unnötiges Einschalten der Treppenhausbeleuchtung am Tage verhindern. Mit Hilfe von kleinen steckbaren, farbigen Schaltstücken können mehrere Einschaltzeiten für einen Tag vorgewählt werden (vgl. Abschn. 4.2.5).

5.6.3 Schaltungsunterlage



Treppenlichtschaltung (Zeitschaltung mit Schaltuhr)

5.6.4 Installationspraxis

Treppenlichtautomaten werden an zentraler Stelle, z. B. in Zählerschränke, Verteiler eingebaut. Sie zeichnen sich aus durch schmale Bauweise und nehmen nur wenig Platz in Anspruch.

Treppenlichtschaltungen gibt es als Vierleiter- und Dreileiterschaltungen, wobei jeweils der Schutzleiter nicht mitgezählt wird (Namensgebung stammt aus der Zeit der „klassischen Nullung“).

Die **Vierleiterschaltung** hat gegenüber der Dreileiterschaltung den Vorteil, daß bereits während des Zeitablaufs des Schaltrelais durch erneutes Tasten „nachgeschaltet“ werden kann. Bei der **Dreileiterschaltung** ist in der Praxis zu beachten (Firmenschaltplan), daß zur Steuerung niemals der Mittelleiter N getastet werden darf, da dies nach VDE 0100 verboten ist.

Treppenlichtschaltungen werden häufig in Verbindung mit der Hausklingel- oder Haus-sprechanlage errichtet.

Für die **Überprüfung** der errichteten Treppenhausbeleuchtungsanlage kommen ebenfalls in Frage

- **Sichtprüfung**
- **Funktionsprüfung** (s. Abschn. 5.4.6).

Zur Lernerfolgssicherung

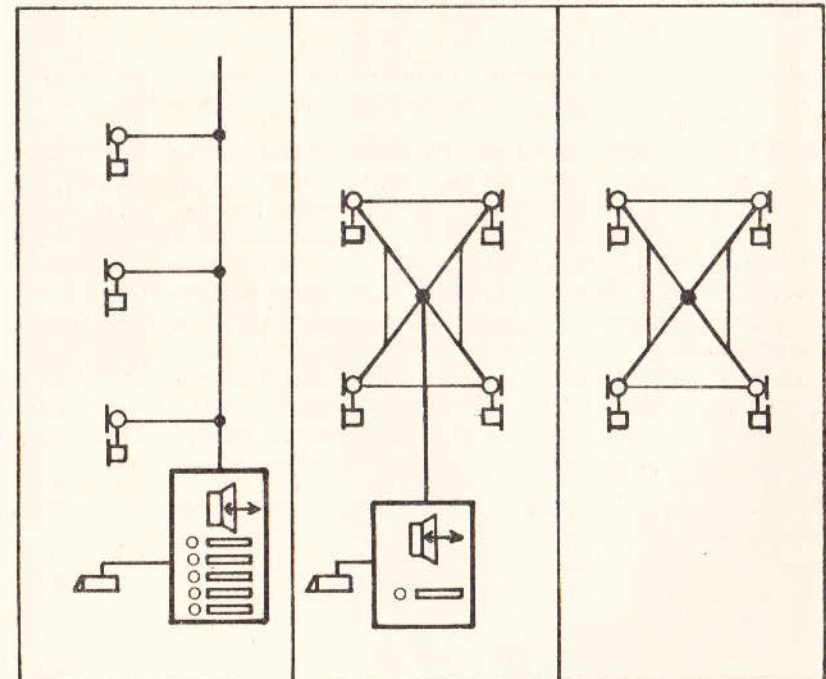
- Beschreiben Sie den Unterschied zwischen der Vierleiter- und der Dreileiterschaltung.
- Wie arbeitet ein Treppenlichtautomat in Verbindung mit einer Schaltuhr?

5.7 Klingel-, Türöffner- und Haussprechanlagen installieren

5.7.1 Allgemeine Hinweise

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 **Türsehanlage** 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 der Verständigung **innerhalb** des Gebäudes bzw. desselben Grundstücks. Sie dürfen **nicht** mit dem **öffentlichen** Fernsprechnet des DBP verbunden werden. Bei der Installation sollte daher auf **getrennte** Führung der Leitungs- oder Leerrohrsysteme geachtet werden.

Nach VDE 0800 gehören Klingel-, Türöffner- und Haussprechanlagen hinsichtlich des Grades der Übertragungssicherheit zur Klasse A.



Grundsätzliche Darstellung von Tür- und Haussprechanlagen und kombiniertem System

5.7.2 Leitungen und Geräte

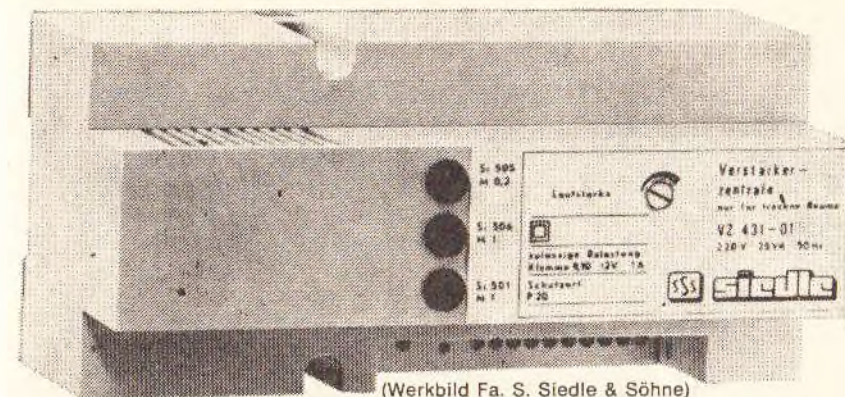
Für Klingel- und Türsprechanlagen werden in der Regel Leiter mit 0,8 mm **Aderdurchmesser** (0,5 mm²) verwendet. Nur bei größeren Entfernungen ist es nötig, auch größere Leiterdurchmesser zu installieren. Die hierfür üblichen Leitungen sind in einer Tabelle zusammengestellt.

Leitungs- bezeich- nung	Kurz- zeichen	Ader- zahl	Lei- tungs- durch- messer mm	Verwen- dungs- zweck	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.	×		
Klingelsteg- leitung	IFY	2 u. 3	0,8	feste Ver- legung u.P.	×		
Klingel- leitung	YR	2...16	0,8	feste Ver- legung a.P. + u.P.	×	×	

Gebräuchliche Leitungen für Türsprech- und Türöffneranlagen

Alle Anlagen arbeiten mit **Kleinspannungen** (ausgenommen die Seh-Anlagen), deren Erzeugungsgeräte zweckmäßigerweise auf der Netzseite 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 Türsprechanlagen sind auch Gleichspannungen nötig. Hierfür werden sogenannte **Netzgleichrichter** verwendet, die außer den erforderlichen Wechselspannungen auch die benötigten Gleichspannungen ungesiebt und gesiebt/geregelt erzeugen. Die Geräte werden sowohl für Einzelmontage 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.

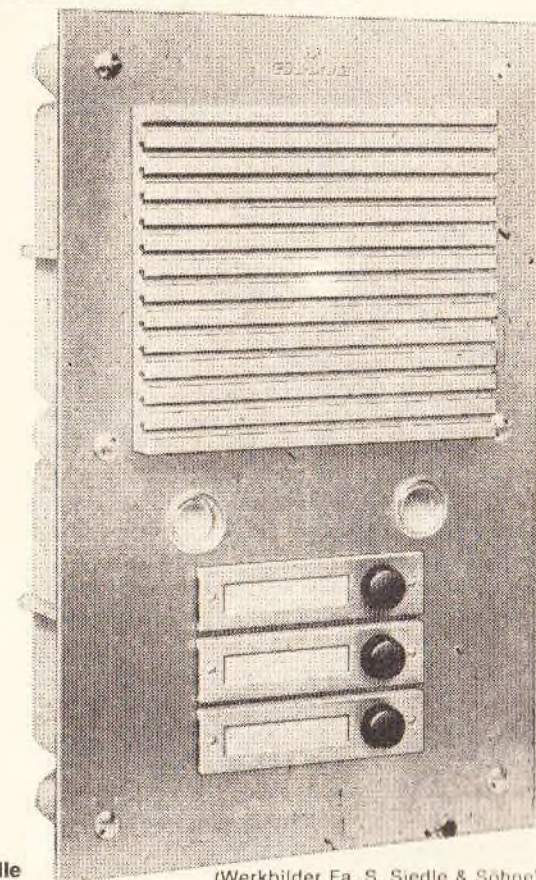
Für die Auswahl des **Türöffners** sind die Bauweise des Schlosses und der Türanschlag nach DIN zu beachten.



(Werkbild Fa. S. Siedle & Söhne)
Netzgleichrichter mit eingebautem Verstärker



Türöffner und Türsprechstelle

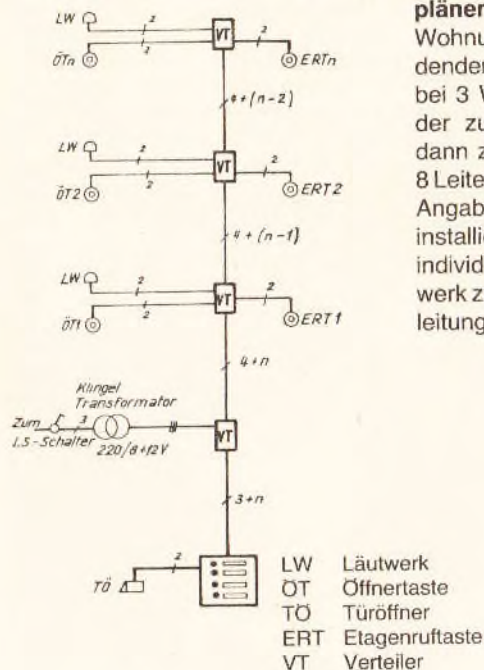


(Werkbilder Fa. S. Siedle & Söhne)

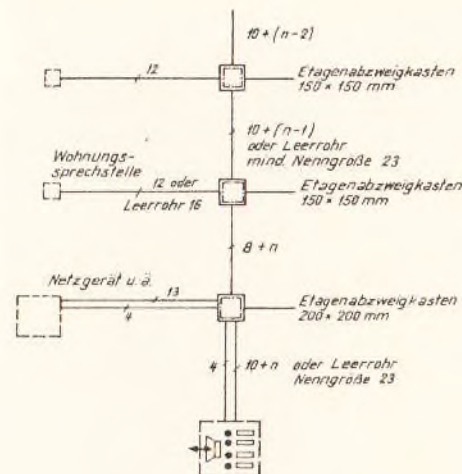
5.7.3 Klingel- und Türöffneranlagen

Der dargestellte Übersichtsschaltplan zeigt eine Klingel- und Türöffneranlage. 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.).



Übersichtsschaltplan für eine Klingel- und Türöffneranlage



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.

Vorsorgliche Rohr- und Leitungsinstallation für eine Türsprechanlage

5.7.4 Haussprechanlagen

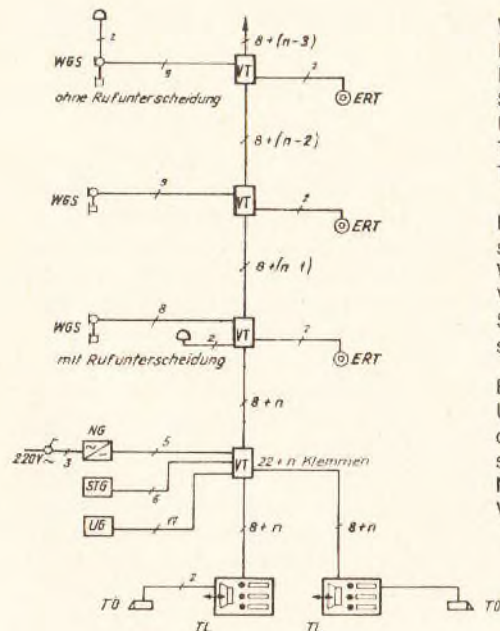
An der Eingangsstelle (Haustür oder Hoftor) wird eine **Türsprechstelle** installiert. Türsprechstellen bestehen aus einem feuchtigkeits- und kältefesten Mikrofon und einem tropenfesten Lautsprecher. Bei hohem Geräuschpegel im Eingangsbereich kann in der Türsprechstelle auch ein Verstärker eingebaut 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 Läutwerk, Summer oder Gong. Häufig sind Signalgeräte in der Wohnungssprechstelle eingebaut. Soll zwischen **Etagenruf** und **Haus-türruf** unterschieden werden, können weitere Signalgeräte in der Wohnung installiert werden. Weitere Signalgeräte sind auch erforderlich bei einer Signa-lisierung an mehreren Stellen. Die Anschaltung der Signalgeräte erfolgt dann über besondere Signalrelais.

5.7.4.1 Gegensprech-Türöffneranlagen

Wohnungssprechstellen für Gegensprechbetrieb sind ähnlich wie Fernsprechwandapparate aufgebaut (vgl. folgende Abb.). 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 **Treppenhausbeleuchtung** vorgesehen. Dafür ist jedoch eine getrennte Leitungsführung zum Treppenlichtautomaten erforderlich. Auch bei Gegensprechbetrieb wird zwischen **mithörgesperren** und nichtmithörgesperren Anlagen unterschieden. Bei mehr als 12 Wohnungssprechstellen sind auf jeden Fall mithörgespernte Anlagen zu bevorzugen. Die Mithörsperre wird mit einem in die Wohnungssprechstelle eingebauten Relais hergestellt.



WGS Wohnungsgegensprechstelle
ERT Etagenruftaste
NG Netzgleichrichter
STG Steuergerät
UG Umschaltgerät
TÖ Türöffner
TL Türlautsprecher

Leitungszahlen bei nicht mithörgesperren Systemen (STG entfällt):

WGS-VT: 7

VT-VT: $7 + (n - 1)$

STG-VT: entfällt

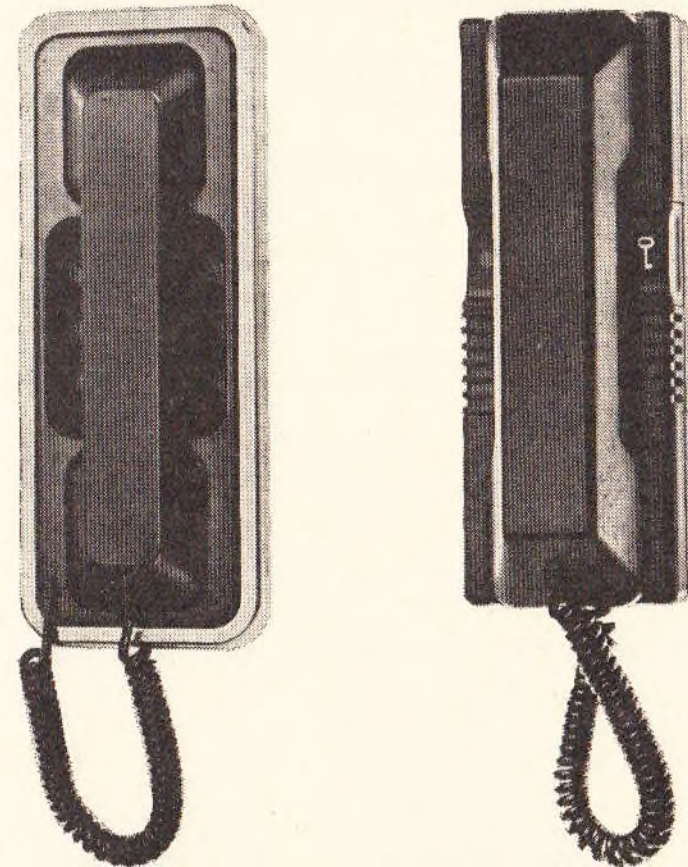
sonst gleiche Zahlen.

Bei nur 1 Türlautsprecher entfällt das Umschaltgerät. Leitungszahlen ändern sich nur bei nicht mithörgesperren Systemen.

NG-VT: 4

VT-TL: $7 + n$

Übersichtsschaltplan für eine Gegensprech-Türöffneranlage, mithörgesperren



(Werkbild Fa. S. Siedle & Söhne)

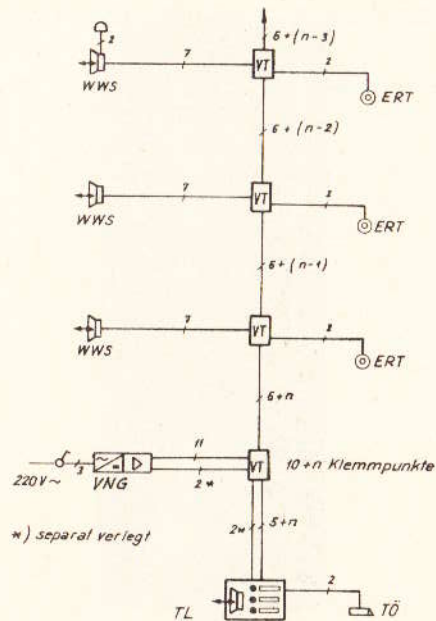
Wohnungssprechstellen für Gegensprechbetrieb

5.7.4.2 Wechselsprech-Türöffneranlagen

Wohnungssprechstellen für Wechselsprechbetrieb werden mit fest montierten Wandlautsprechern (vgl. folgende Abb.), 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 mithörgespernte und nichtmithörgespernte Systeme. Bei **mithörgesperren** Anlagen ist eine Störung oder das Mithören von anderen Sprechstellen aus schaltungstechnisch verhindert.

Zur Lernerfolgssicherung

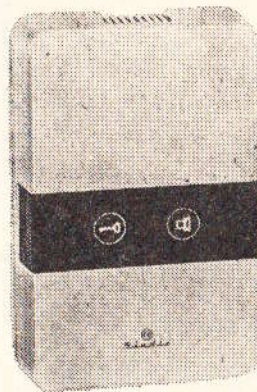
- Welche Leitungen werden für Haus-Klingelanlagen verwendet?
- Welche Anlage erlaubt eine sichere Identifizierung der Person, die an der Haustür Einlaß begehrt?
- Beschreiben Sie, wie bei einer Haussprechanlage für mehrere Wohnungen ein Mithören aller Personen verhindert werden kann.



WWS Wohnungswechselsprech-
stelle
ERT Etagenruftaste
TL Türlautsprecher
TÖ Türöffner
VNG Verstärkernetzgerät

Leitungszahlen für nichtmithör-
gesperres System
WWS-VT: 5
VT-VT: 4 + (n-1)
VNG-VT: 8 + 2*
VT-TL: 2* + 4 + n
sonst gleiche Zahlen

Übersichtsschaltplan einer Wechselsprech-Türöffneranlage, mithörgesperrt



(Werkbild Fa. S. Siedle & Söhne)

Wohnungssprechstelle für Wechselsprechbetrieb

Überprüfung

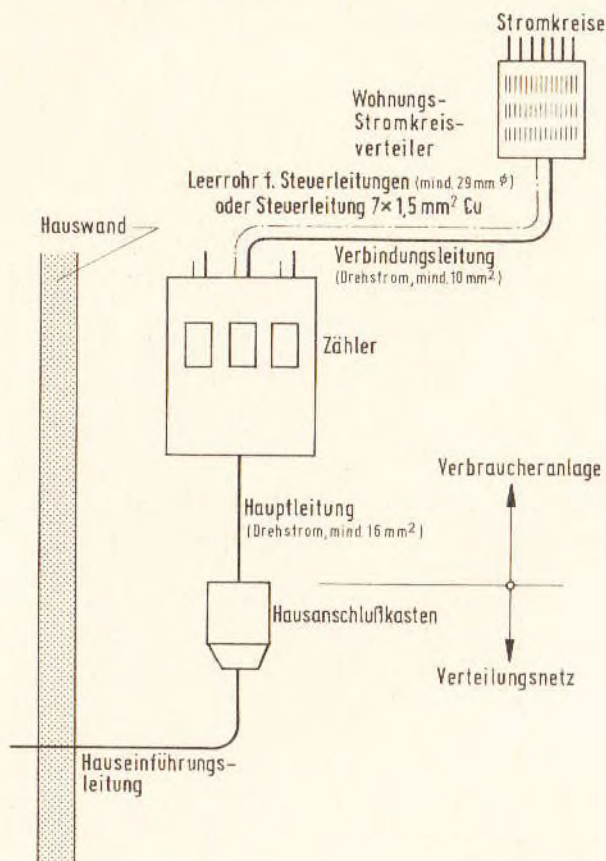
Fertiggestellte Klingel- und Türöffneranlagen bzw. Haussprechanlagen können überprüft werden durch

- Sichtprüfung
- Funktionsprüfung
(Betriebsfähigkeit z. B. mit Prüfnummer).

5.8 Unterverteilung an eine Hauptverteilung anschließen

5.8.1 Allgemeine Hinweise

Die verschiedenen oder auch gleichen Schaltungsarten in einer Hausinstallation müssen auf sinnvolle Weise zu Stromkreisen zusammengefaßt werden. Das geschieht mit Hilfe des Stromkreisverteilers, der auch Unterverteiler und nach VDE 0606 Installations-Kleinverteiler genannt wird. Die fertige Verdrahtung einschließlich der Installations- und Schaltgeräte im Stromkreisverteiler bezeichnet man mit **Unterverteilung**.



Prinzipdarstellung Verteilungsnetz-Stromkreisverteiler (Unterverteiler)

Vom Stromkreisverteiler wird über die Verbindungsleitung, den Zählerplatz und die Hauptleitung beim Hausanschlußkasten die Verbindung zum Verteilungsnetz des EVU hergestellt. **Der Hausanschlußkasten ist die Übergabestelle zwischen dem Verteilungsnetz und der Verbrauchsanlage.** Eine erforderliche Steuerleitung (Installationsrohr, 29 mm Nennweite, zunächst auch als Leerrohr oder z. B. als Mantelleitung $7 \times 1,5 \text{ mm}^2$) verbindet die Steuergeräte (Schaltuhr, Rundsteuerempfänger, z. B. für Speicherheizung) mit dem Zählerplatz.

Die **Hauptverteilung** ist die erste niederspannungsseitige Aufteilungsstelle auf die Hauptverbrauchergruppen. Hier ist in dem Fall erhöhte Gefahr für die Fachkraft vorhanden, wenn die Verteilung in Betrieb ist und aus betrieblichen Gründen nicht freigeschaltet werden kann (außerdem sehr hohe Leistungen im Kurzschlußfall).

Die Zusammenhänge zeigt auch die Prinzipdarstellung Verteilungsnetz-Stromkreisverteiler.

Bei der Errichtung und dem Anschluß der Verbrauchsanlage an das Verteilungsnetz sind die **Technischen Anschlußbedingungen (TAB)** der EVU zu beachten. Neben Anmeldeverfahren (Vordrucke) und Inbetriebsetzung, Regelungen hinsichtlich Hausanschluß, Meßeinrichtungen und Steuergeräte, elektrische Verbrauchsmittel usw. schreiben diese bei Leitungen und Übersstromschutz u. a. vor:

Zulässiger Spannungsfall:

0,5 % vom Hausanschluß bis zum Zähler

1,5 % vom Zähler bis zum entferntesten Verbraucher für Licht-/Steckdosenstromkreise

3,0 % vom Zähler bis zum Verbrauchsmittel mit eigenem Stromkreis.

An einem **Beispiel** soll gezeigt werden, daß der zulässige Spannungsfall schon bei geringen Leitungslängen erreicht wird.

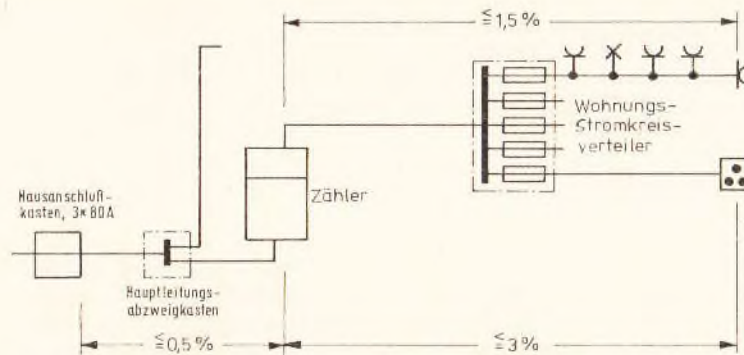
Annahme: Sicherungs-Nennstrom 16 A, Leitungsquerschnitt $1,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, Leistungsfaktor 1

$$\begin{aligned} \text{Ergebnis: } u &= \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\chi \cdot A} [\text{V}] \\ l &= \frac{3,3 \text{ V} \cdot 56 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot 1,5 \text{ mm}^2}{2 \cdot 16 \text{ A} \cdot 1} = 8,65 \text{ m} \end{aligned}$$

Für den Spannungsfall bei Drehstrom gilt die Formel

$$u = \frac{1,73 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\chi \cdot A} [\text{V}]$$

Das zuständige EVU schreibt auch die Schutzmaßnahme vor, mit der die Hausinstallation versehen sein muß (Nullung mit besonderem Schutzleiter = moderne Nullung oder auch FI-Schutzschaltung) und an welcher Stelle die Aufteilung des Nulleiters PEN in Mittelleiter N und Schutzleiter PE vorzunehmen ist (Hauptverteilung oder Unterverteilung).



Zulässiger Spannungsfall laut „Technische Anschlussbedingungen“ der EVU

Die elektrische Energie wird mit Zählern gemessen. Anlagenteile, in denen nicht gemessene elektrische Energie fließt, werden **plombiert**. Das gilt auch für Steuergeräte, die aus tariflichen Gründen eingebaut sind. Die Plomben dürfen nur entfernt werden:

- durch einen zugelassenen Installateur mit Zustimmung des EVU
- sofort bei Gefahr unter unverzüglicher Angabe des Grundes an das EVU.

5.8.2 Stromkreisverteiler

Der Stromkreisverteiler ist in der Nähe des **Belastungsschwerpunkts** einzubauen, bei Mehrfamilienhäusern innerhalb der Wohnungen (Nähe der Großverbraucher, z. B. Flur). Für eine zukunftssichere Wohnungsinstallation 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 Überstromschutzschalter, z. B. **LS-Schalter**, Motorschutzschalter usw., verwendet werden.

Bei der **Ermittlung der Stromkreise** rechnet man: Anzahl der Licht- und Steckdosenstromkreise gleich etwa Zahl der Haupträume plus eigene Stromkreise für elektrische Großgeräte.

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.

Ergänzend hierzu eine vereinfachte Gleichung zur Ermittlung der Anzahl der Steckdosen in einer Wohnung bei zukunftssicherer Wohnungsinstallation:

$$\text{Anzahl der Steckdosen} = 10 + \frac{\text{m}^2 \text{ Wohnfläche}}{2}$$

Genaueres zur Festlegung der Anzahl der Stromkreise, Steckdosen usw. in einer Wohnung siehe Planungsbeispiel bei Abschnitt 6.

Angaben über Installations-Kleinverteilungen enthält Abschnitt 4.2.8.3.

5.8.3 Hausanschluß

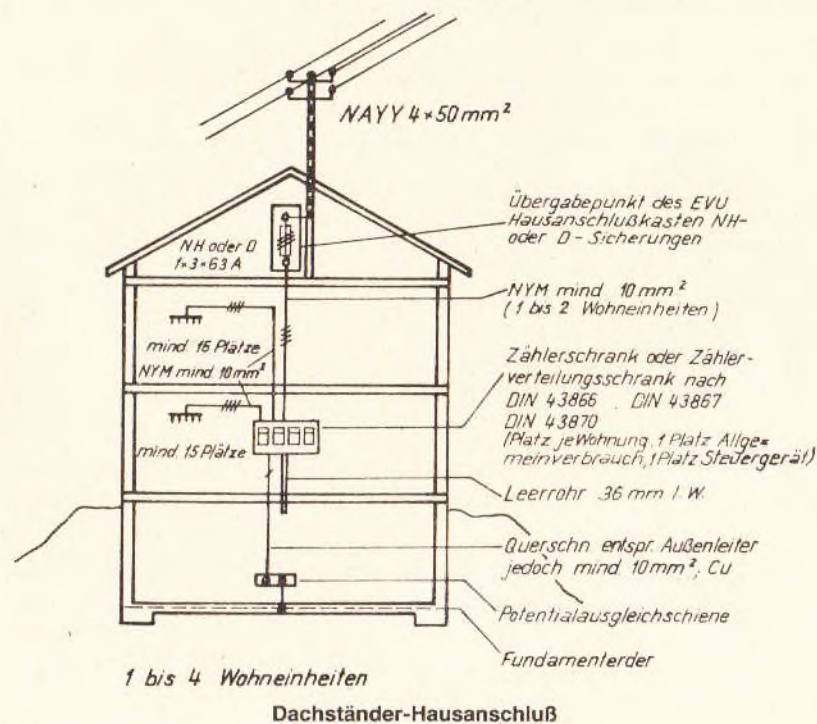
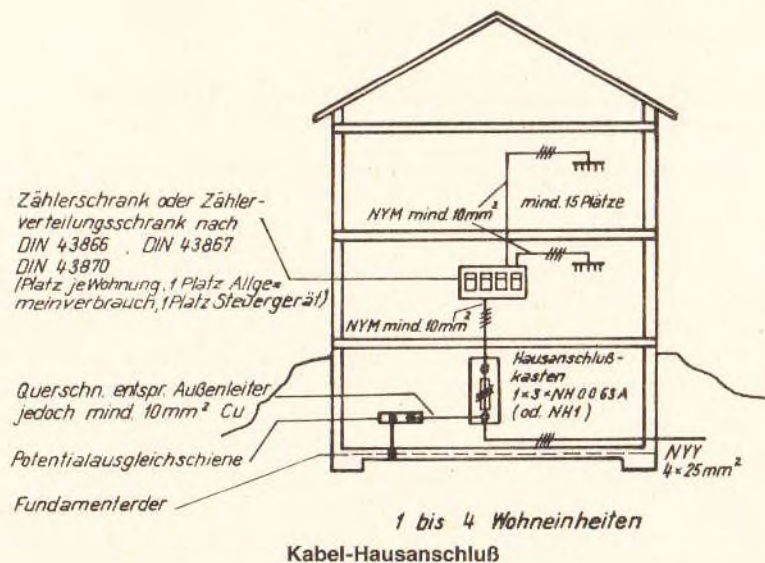
Als Hausanschluß wird die Anschlußleitung vom örtlichen Verteilungsnetz einschließlich Hauseinführungsleitung und zugehörigem Hausanschlußkasten bezeichnet. Diese Anlagenteile errichtet das zuständige EVU. Das EVU trifft auch Festlegungen hinsichtlich der Größe des Hausanschlusses (bei Drehstromanschluß z. B. Absicherung mit 3 x 63 A) und der Führung der Hausanschlußleitung. Bei der Leitungsführung sollen jedoch die Wünsche des Kunden weitgehend berücksichtigt werden. Ab der Abgangsklemme im Hausanschlußkasten wird die Hausinstallation vom Elektroinstallateur errichtet.

Der die Kundenanlage errichtende Elektroinstallateur muß 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 befinden sich in der VDE 0100, in den TAB und den von den jeweiligen EVU herausgegebenen Merkblättern.

5.8.4 Hausanschlußarten

Je nach der Art der Leitungszuführung wird zwischen **Kabel-Hausanschlüssen** und **Freileitungs-Hausanschlüssen** unterschieden. Beide Arten enden in Hausanschlußkästen, in denen die Hausanschlußsicherungen untergebracht sind. **Kabel-Hausanschlüsse** sollen in einem „Hausanschlußraum“ enden. Was darunter bautechnisch zu verstehen ist, erläutert die DIN 18012. Zum Vergleich sind beide Anschlußarten in den Skizzen „Kabel-Hausanschluß“ und „Dachständer-Hausanschluß“ dargestellt.



5.8.4.1 Kabel-Hausanschlüsse

Kabel-Hausanschlüsse (Hauseinführungsleitung und Hausanschlußkasten) müssen auf feuerbeständigen Wänden angebracht werden. Wo dies nicht möglich ist, muß eine lichtbogenfeste Unterlage benutzt werden. Hierfür wird eine 12 mm starke Unterlage aus Silikatasbest empfohlen. Kabel-Hausanschlüsse erfordern in der Regel einen Hausanschlußraum.

5.8.4.2 Hausanschlußraum

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

Vom Kunden ist für den Hausanschluß ein geeigneter, **möglichst besonderer Raum** zur Verfügung zu stellen. Soll dessen Verwendungszweck geändert werden, ist hierfür **vorher** die Zustimmung des EVU einzuholen. Hausanschluß-kästen und Hauptleitungsverteiler dürfen nicht in Garagen, nassen Räumen, Räumen für Heizungsanlagen und Lagerräumen für brennbare Stoffe ange-bracht werden.

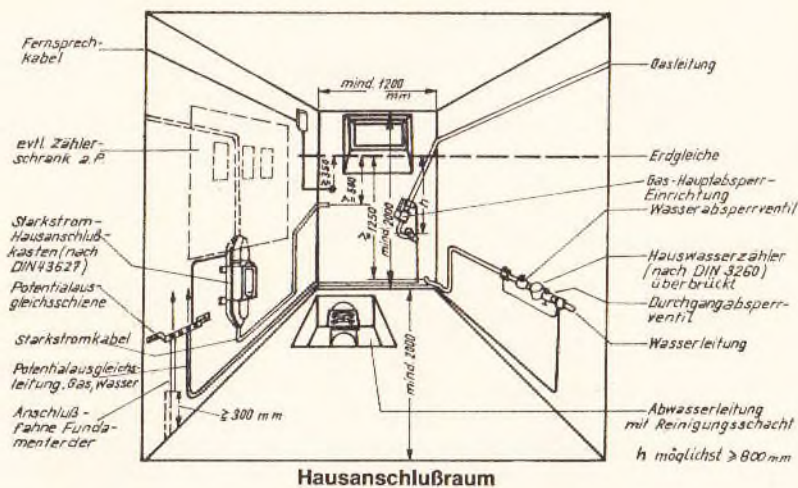
Hausanschlußkasten und Hauptleitungsverteiler sind stets zugänglich und frei von Gegenständen zu halten.

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).

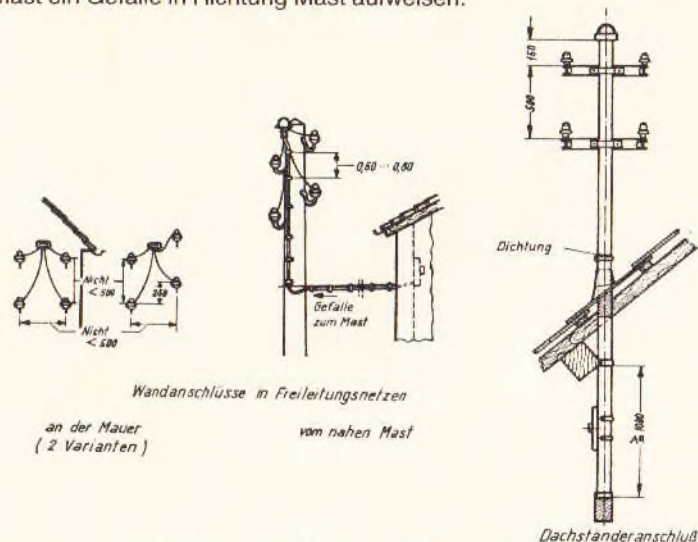
Der belüftbare Hausanschlußraum ist durch ein Schild „Hausanschlußraum“ zu kenn-zeichnen. Er darf weder als Durchgang noch für anderweitige Zwecke verwendet werden. Die elektrischen Hausanschlußleitungen und der Hausanschlußkasten dürfen **nicht** an derselben Wand wie die Gas- und Wasserleitungen und der Wasserzähler liegen. Die Abwasserleitung mit Reinigungsschacht ist neben der Wand mit den elektrischen An-lagen im Fußboden unterzubringen. Ein Beispiel für einen Hausanschlußraum zeigt die Abb. „Hausanschlußraum“. 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.

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



5.8.4.3 Wand-Hausanschlüsse in Freileitungsnetzen

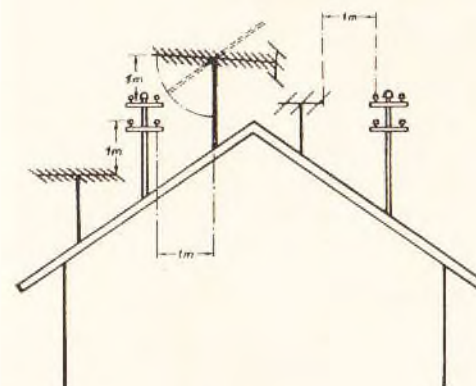
Als Leitungen dürfen nur NSYA, NFYW, Feuchtraumleitungen oder Kabel verwendet werden. Einzeladerleitungen sind mit einzelnen Rohren, die nach außen Gefälle haben, durch die Wand zu führen. Bei Feuchtraumleitungen oder Kabeln kann auf zusätzlichen Schutz verzichtet werden. Der Wand-Hausanschluß kann **am 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.



Verschiedene Anschlußarten in Freileitungsnetzen

5.8.4.4 Dachständer-Hausanschlüsse

Dachständer-Hausanschlüsse in Normalausführung müssen außer den zuvor 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. Elektrisch ist zu beachten, daß der Dachständer und mit diesem leitend verbundene Anlagenteile nicht genullt und nicht Schutzgeerdet werden dürfen, d. h. diese Teile müssen **schutzisoliert** werden (evtl. auch Standortisolierung). 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.



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.

5.8.5 Hausanschlußkästen

In der Abbildung sind Hausanschlußkästen für Kabel und für Freileitungen dargestellt. Hausanschlußkästen von Freileitungsnetzen (als Wand-Hausanschluß oder Dachständer-Hausanschluß) 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.). Wird der Hausanschlußkasten in Ausnahmefällen auf einer brennbaren Unterlage, z. B. Holz, befestigt, ist er von dieser durch eine lichtbogenfeste Unterlage zu trennen. Je nach Raumart muß der Hausanschlußkasten in Schutzart IP 40 oder IP 54 ausgeführt sein.



Links: Kabel-Hausanschlußkasten
Rechts: Dachständer-Hausanschlußkasten

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.

5.8.6 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 $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, NYM**.
- Für Wohnhäuser mit mehr als zwei Wohneinheiten für je **drei bis vier Wohneinheiten** eine **Drehstromleitung $16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, NYM**.

Bei **Freileitungs-Hausanschlüssen** 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.

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 Zählerschranks oder der Zählertafel sind die Verdrahtungen im Zug der Abzweigleitung jedoch **mindestens mit $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$** auszuführen. **Freie Enden** nicht benutzter Adern sind beim Einbau von Wechselstromzählern zu isolieren.

Die Zählerplatzverdrahtung wird in den Abschnitten 5.9 und 5.10 beschrieben.

5.8.7 Meßeinrichtungen (Zähler) und Steuergeräte

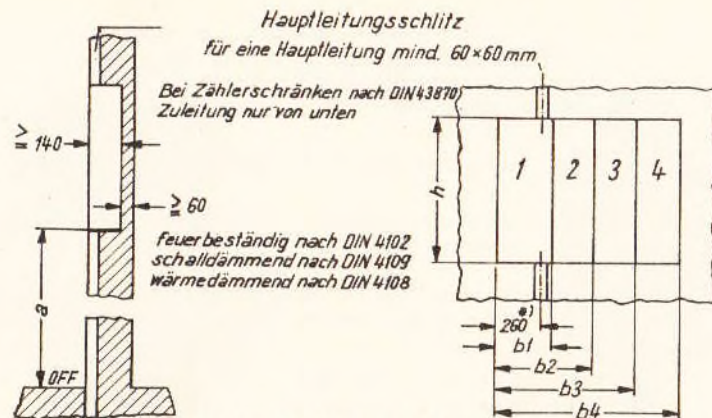
5.8.7.1 Anbringungsort

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.

Als **Anbringungsort** sind daher leicht zugängliche Räume zu wählen, wie Zählerräume, Hausanschlußräume und Treppenhäuser, die gut belichtet sind. Im Treppenhaus ist der Einbau in Nischen zu bevorzugen.

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. „Zählernische in Außenwand“ zu schützen.



*) Maß gilt nur für Zählerschränke nach DIN 43866/67

Nischenmaße für Zählerschränke	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

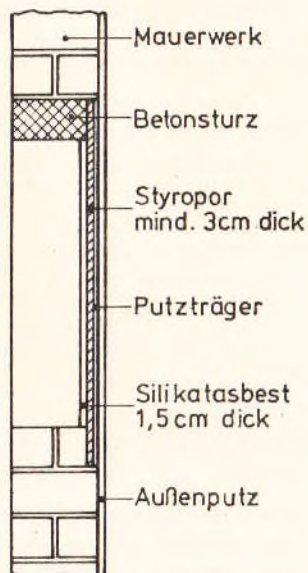
Zählernischen

Maße in mm

5.8.7.2 Anordnung der Zählerplätze

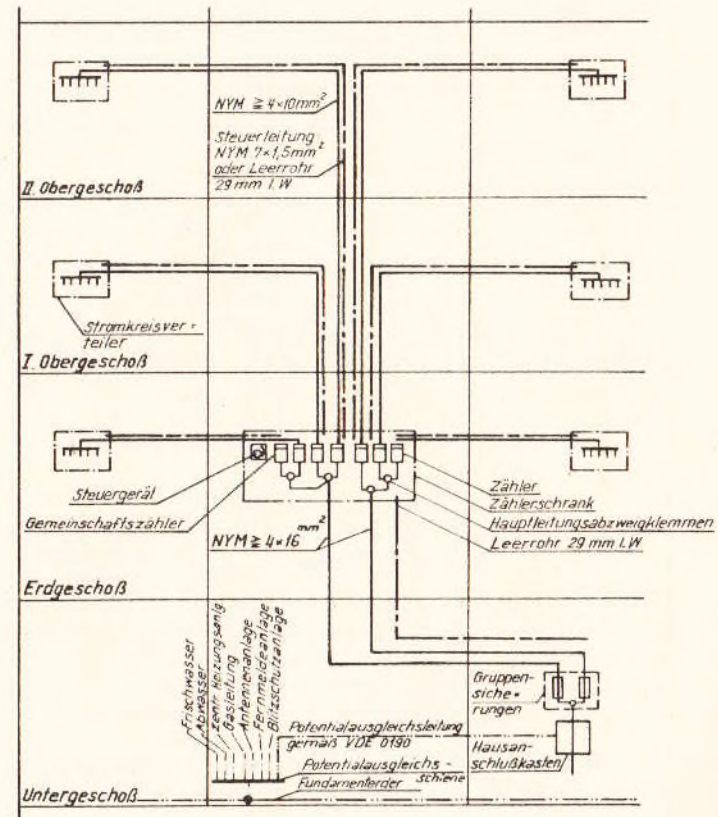
Zählerplätze können zentral, z. B. im Untergeschoß, oder dezentral auf den einzelnen Stockwerken der Wohnungen angebracht werden.

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. 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. „Zentraler Zählerplatz“ und „Dezentraler-Zählerplatz“).

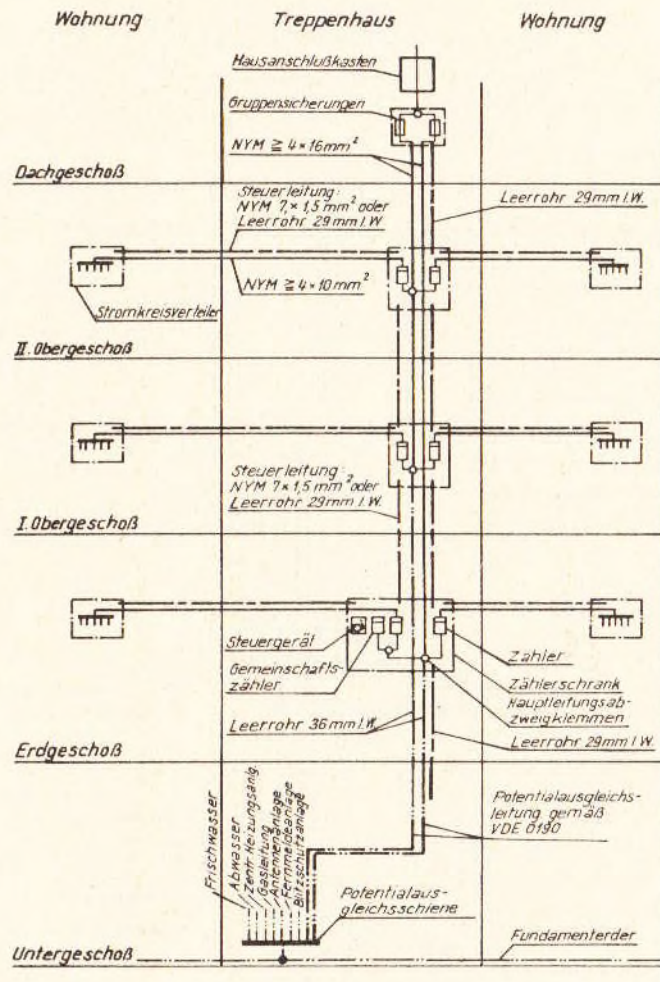


Zählernische in Außenwand

Wohnung Treppenhaus Wohnung



Zentraler Zählerplatz (Kabelanschluß)



Dezentraler Zählerplatz (Freileitungsanschluß)

5.8.7.3 Zählerschränke

Es sind **Zählerschränke** nach DIN 43870 zu verwenden.

Bei diesen Zählerschränken wird für die Durchführung oder Einführung der Hauptleitung von oben ein zusätzlicher Zählerplatz benötigt. Bei Zählerschränken nach DIN 43866/67 (bis Okt. 1979 zulässig) ist ein besonderer Durchführungsraum für die Hauptleitung vorhanden. Als Schutzmaßnahme ist bei Zählerschränken die Schutzisolierung vorgeschrieben.

Tiefe (Außenmaß)	185					
Breite je Zählerplatz	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

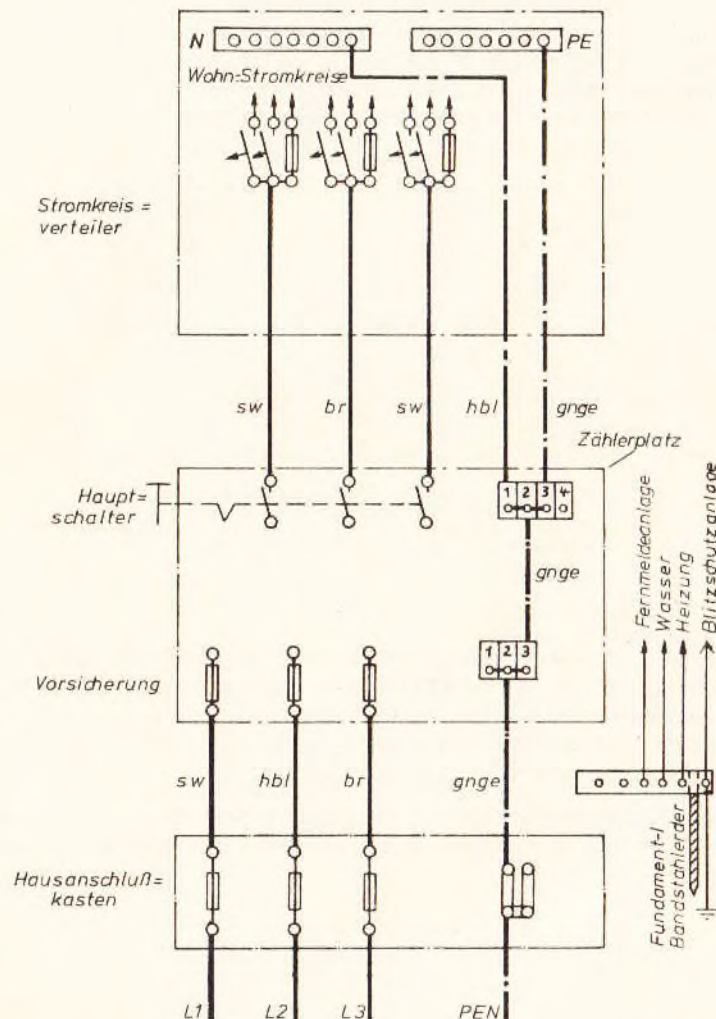
Zählerschränke nach DIN 43870

5.8.7.4 Zählertafeln

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 (isolierstoffgekapstelt mit plomberbarer Klarsichtabdeckung) ausgeführt werden.

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

5.8.8 Schaltungsunterlage (Beispiel für ein Einfamilienhaus)



Unterverteilung mit dem Hausanschluß verbinden: Schutzmaßnahme Nullung

5.8.9 Installationspraxis

Die verlegten Leitungen (NYM, NYIF, NYRUZY usw.; 4- bzw. 5adrig) sind vorschriftsmäßig in den Installations-Kleinverteiler, die Zählertafel/den Zählerschrank, den Hausanschlußkasten/Hauptleitungsabzweigkasten einzuführen und abzusetzen.

Installations-Kleinverteiler (Unterverteiler):

Die benötigten Installations- und Schaltgeräte (Leitungsschutzsicherungen, Leitungsschutzschalter, Fehlerstromschutzschalter, Treppenlichtautomaten usw.) sind mit Hilfe ihrer **Schnappvorrichtungen** auf den vorhandenen Montageschienen zu befestigen. Schutzschalter können mit speziellen **Cu-Anschlußschienen** und **Anschlußstücken** verdrahtet werden. Auf ausreichende Länge der einzelnen Adern ist zu achten, um eine saubere Leitungsführung (möglichst waagrecht/senkrecht) innerhalb des Verteilers zu erreichen. Die Adern sollen **hinter** die Montageschienen gelegt werden, damit sie die nachträgliche Montage zusätzlicher Einbaugeräte nicht behindern. An das richtige Abisolieren und Verkleben der Adern wird in diesem Zusammenhang erinnert.

Die Mittelleiterklemmen müssen **isoliert** angeordnet sein. Die N- und PE-Leiter müssen **einzel** 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 Auf-Putz-Verteilern sind nicht benutzte **Einführungsöffnungen** zu verschließen. Der Verschluß darf nur mit Werkzeug entfernbar sein.

Zählertafel/Zählerschrank:

Hier müssen Cu-Querschnitte von 10 mm² und mehr verarbeitet werden, die mehr Kraftaufwand und eine besondere Klemmtechnik erfordern. Die Zählerplatzverdrahtung wird bei den Abschnitten „Vierleiterzählerplatz beschalten“ und „Wechselstromzählerplatz beschalten“ beschrieben.

Vielfach wird der Einbau eines Hauptschalters in die Zählertafel/den Zählerschrank oder den Installations-Kleinverteiler vorgeschrieben. Hierüber und auch hinsichtlich des Einbaus von Sicherungen unmittelbar vor oder hinter den Zähler sind die ergänzenden Bestimmungen zu den TAB der zuständigen EVU zu beachten.

Hausanschlußkasten/Hauptleitungsabzweigkasten/Hauptleitungen:

Die neueren Kästen haben **Steckstutzen** aus Plastik. Die dort vorhandenen Vormarkierungen sind entsprechend dem Durchmesser der Hauptleitungen abzuschneiden. Die eingeführten Leitungen sind bei richtiger Montage an diesen Stellen mindestens spritzwassergeschützt.

Das einwandfreie Verkleben der mit dem Montagemesser abisolierten, mindestens 16 mm² starken Adern geschieht mit Hilfe von 2-Schraubenklemmen oder einer Sechskantschraube mit Druckplatte. Einige Hausanschlußkästen enthalten eine Nulleiterklemme für 2 Abgänge (Mittelleiter der Hauptleitung und Schutzleiter zur Potentialausgleichsschiene – z. B. für FI-Schutzschaltung).

Die eingesetzten Niederspannungs-Hochleistungs(NH)-Sicherungen sind nur mit einem **Aufsteckgriff mit Handschutz** auswechselbar. Bei in Betrieb befindlichen Anlagen ist hier besondere Gefahr vorhanden (arbeiten dürfen hier nur Fachleute unter Beachtung der 5. Sicherheitsregel).

Bei den Hauptleitungsabzweiggästen sind die Klemmen herausnehmbar und versetzbar. Diese Kästen können auch mit NH-Sicherungen bestückt werden.

Hauptleitungen sollen möglichst **ungeschnitten** bis zur letzten **Hauptleitungsabzweigklemme** geführt werden.

Die Hauptleitung soll in leicht zugänglichen Räumen, z. B. im Treppenhaus verlegt werden. Bei Verlegung u. P. ist ein **Schlitz** von 6 x 6 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.

Überprüfung

Für die Überprüfung der fertiggestellten Verteilungen genügt hier zunächst die **Sichtprüfung**.

In der Praxis ist vor Inbetriebnahme einer kompletten Hausinstallation eine ordnungsgemäße Abnahme mit den entsprechenden Abnahmemessungen durchzuführen.

Zur Lernerfolgssicherung

- Was versteht man unter dem Begriff Hauptverteilung?
- Welche Vorschriften sind bei der Errichtung einer Zähleranlage zu beachten?
- Beschreiben Sie Gesichtspunkte, nach denen die Plätze für Installations-Kleinverteilungen festgelegt werden.
- Welche Bedingungen muß ein Hausanschlußraum erfüllen?
- Welche Spannungsabfälle sind zwischen dem Hausanschlußkasten und den Verbrauchsmitteln im einzelnen zulässig?

5.9 Vierleiterzählerplatz beschalten

5.9.1 Allgemeine Hinweise

Aufgabe eines Zählers ist es, elektrische Arbeit zu messen. Drehstrom- und Wechselstromzähler sind Induktionszähler, die nach dem Prinzip des Asynchronmotors arbeiten. Die Drehgeschwindigkeit der Zählerseife ist ein Maß für den Verbrauch, der über ein Zählwerk in kWh angezeigt wird. Jeder Zähler hat eine Zählerkonstante, die auf dem Zähler-Leistungsschild vermerkt ist (C_z in Umdrehungen/kWh). Mit der gezählten Umdrehungszahl der Zählerseife läßt sich beispielsweise die Leistung eines Verbrauchers bestimmen:

$$P = \frac{n}{C_z} \quad \text{kW}$$

n = Umdrehungen d. Zählerscheibe je h
 C_7 = Umdrehungen d. Zählerscheibe je kWh

Darüber hinaus gibt es auch Sonderzähler (Doppeltarif-, Blindverbrauchsähler usw.).

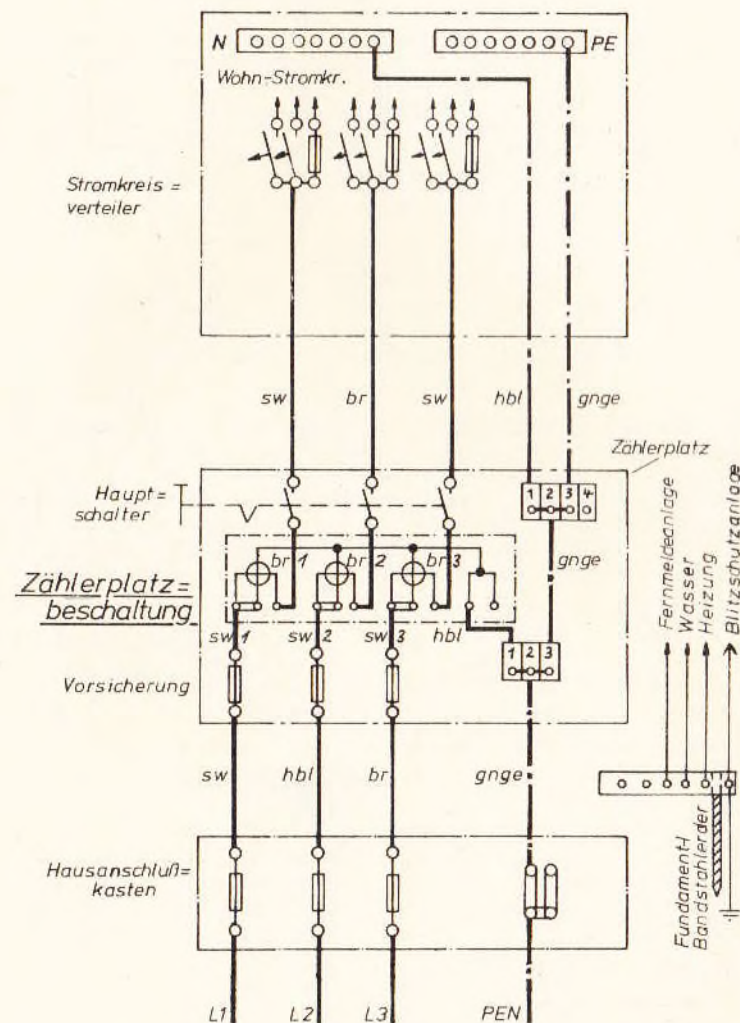
5.9.2 Anforderungen an Zählerplatz und Meßeinrichtung

Generelle Anforderungen an Zählerplatz und Zähler sind im Abschnitt 5.8.7 geschildert worden. Ergänzend dazu stellt sich bei Hausinstallationen die Frage, ob ein **Vierleiterzähler** (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 Tarifschaltgerät oder Steuergerät berücksichtigt werden. Die Frage des Anbringungsortes ist unbedingt mit dem EVU zu klären. Es sollte sichergestellt sein, daß diese Festlegungen vor Beginn der Installationsarbeiten getroffen sind.

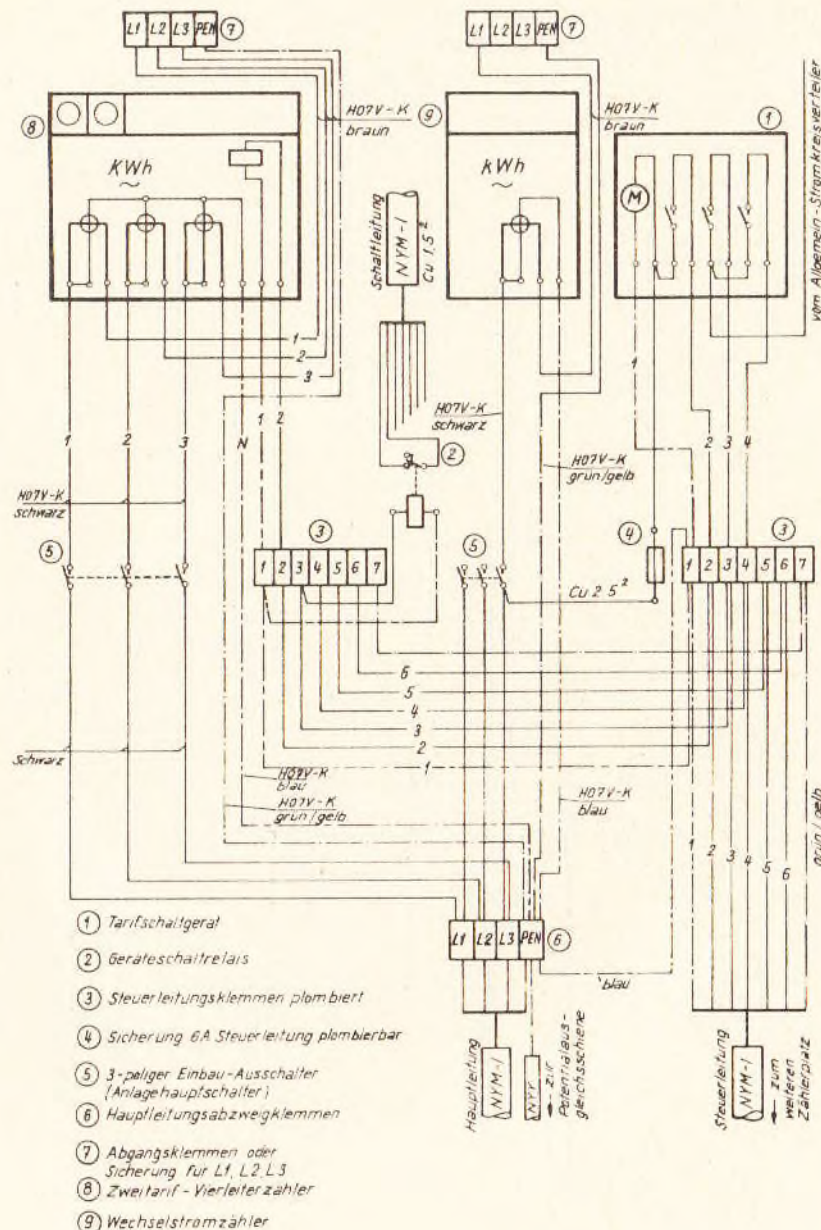
Die Meßeinrichtungen und Steuergeräte sind so anzubringen, daß sie zugänglich sind und ohne besondere Hilfsmittel leicht abgelesen werden können.

5.9.3 Schaltungsunterlagen

(Beispiel für ein Einfamilienhaus)



Vierleiterzählerplatz beschalten bei Schutzmaßnahme Nullung



Zählerplatzverdrahtung mit Dreh- und Wechselstromzähler

5.9.4 Installationspraxis

Die Montage der Zählertafel bzw. des Zählerschranks und die gesamten Einrichtungen einschließlich Einlegen der Zählerverdrahtung, sind Aufgabe des Elektro-Installateurs. Die Meßeinrichtungen (Zähler) und Steuergeräte werden vom EVU eingebaut und mit der vorhandenen Zählerverdrahtung angeschlossen.

Die **Verdrahtung** eines **Vierleiterzählerplatzes** zeigt die Schaltungsunterlage „Vierleiterzählerplatz beschalten bei Schutzmaßnahme Nullung“.

Die **Verdrahtung** eines Zählerplatzes für einen Drehstromzähler, einen Wechselstromzähler und ein Tarifschaltgerät (Steuergerät) ist aus der Abb. „Zählerplatzverdrahtung mit Dreh- und Wechselstromzähler“ 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.

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** mit mindestens **10 mm² Cu Querschnitt** und beidseitig **18 mm langen Aderendhülsen** zu verwenden. Diese flexiblen Leitungen gibt es vorgefertigt in verschiedenen Längen. Sie können aber auch nach Maß selbst angefertigt werden. Dafür benötigt man auf Länge geschnittene Leitungen H07V-K und passende Aderendhülsen, die mit Hilfe einer Kerbzange auf die abisolierten Aderenden aufgedrückt werden.

Für die **Kennzeichnung** gilt:

Zählerzugang, Außenleiter	schwarz mit Numerierung 1, 2, 3
Mittelleiter	hellblau
Zählerfortleitung, Außenleiter	braun mit Numerierung 1, 2, 3
Nulleiterverbindung von der Nulleiterklemme zur Abgangsklemme	grün/gelb

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.

Die **Überprüfung** der fertiggestellten Vierleiterzählerplatzbeschaltung einschließlich Haupt- und Verbindungsleitungen kann durchgeführt werden als

- **Sichtprüfung**
(besondere Beachtung gilt dabei dem unterbrechungsfreien Verlauf des PE)
- **Funktionsprüfung**
(nur durch eine Fachkraft).

Zur Lernerfolgssicherung

- Welche Anlagenteile werden bei einem Wechselstromanschluß vom EVU plombiert?
- In welchen Fällen werden Wechselstromzähler eingebaut?

5.11 Starkstromanlage mit der Schutzmaßnahme Nullung auf Fehlerstrom-Schutzschaltung umstellen

5.11.1 Allgemeine Hinweise

Der Fehlerstrom-Schutzschalter soll Menschen und Tiere schützen und im Fehlerfall **allpolig** (L1, L2, L3, N) innerhalb von 0,2 s abschalten.

Einige EVU schreiben für Hausinstallationen den Einbau eines FI-Schutzschalters vor (Schutzmaßnahme FI-Schutzschaltung). Unter Umständen kann er den Hauptschalter ersetzen. Bei nachträglichem Einbau des FI-Schutzschalters muß die bestehende Anlage die Schutzmaßnahme Nullung mit besonderem Schutzleiter aufweisen.

Für bestimmte Verbraucher oder Verbrauchergruppen können zusätzliche FI-Schutzschalter eingebaut werden (Baustromverteiler, Campingplätze, Pumpen und Heißwasserspeicher in Hausinstallationen, Schwimmbäder, landwirtschaftliche Betriebsstätten). Dabei darf die örtlich vom EVU vorgeschriebene Schutzmaßnahme jedoch nicht aufgehoben werden.

Ortsveränderliche Betriebsmittel können mit **FI-Sicherheitssteckern** versehen werden (z. B. Rasenmäher, Heckenscheren, Hobbygeräte). Dabei sind auch die Leitungen in den Schutz mit einbezogen.

5.11.2 Fehlerstrom-Schutzschalter

Fehlerstrom-Schutzschalter gibt es für **Fehlerströme**

$I_{\Delta N} = 0,03 \text{ A}, 0,3 \text{ A}, 0,5 \text{ A}, 1,0 \text{ A}, 1,5 \text{ A}$ und 3 A . Von diesen Auslöseströmen ist der zulässige Erdungswiderstand des Erders abhängig.

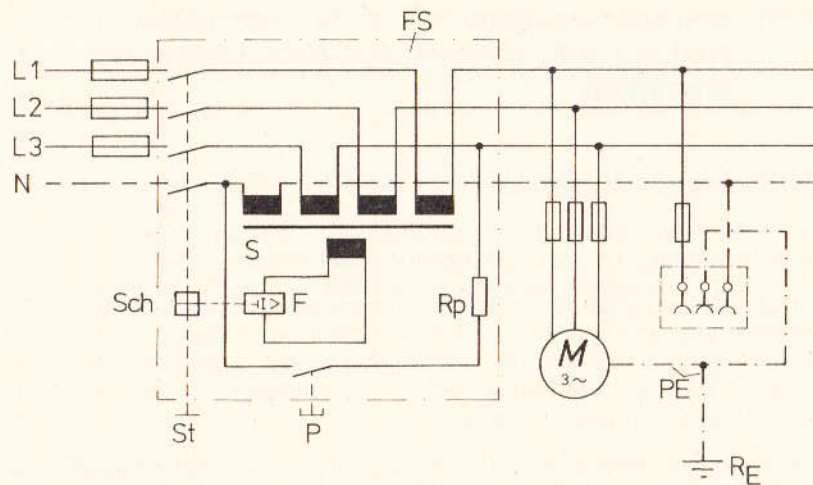
$$R_E \leq \frac{U_B}{I_{\Delta N}} \quad [\Omega]$$

$$\text{Beispiele: } R_E = \frac{65 \text{ V}}{0,03 \text{ A}} = 2170 \Omega; R_E = \frac{50 \text{ V}}{0,03 \text{ A}} = 1670 \Omega$$

Für Haushalte empfiehlt sich die Verwendung von FI-Schutzschaltern mit $I_{\Delta N} = 0,03 \text{ A}$; für Anlagen im Bereich der DBP mit $I_{\Delta N} = 0,3 \text{ A}$.

FI-Schutzschalter werden für Schaltströme bis 160 A gebaut.

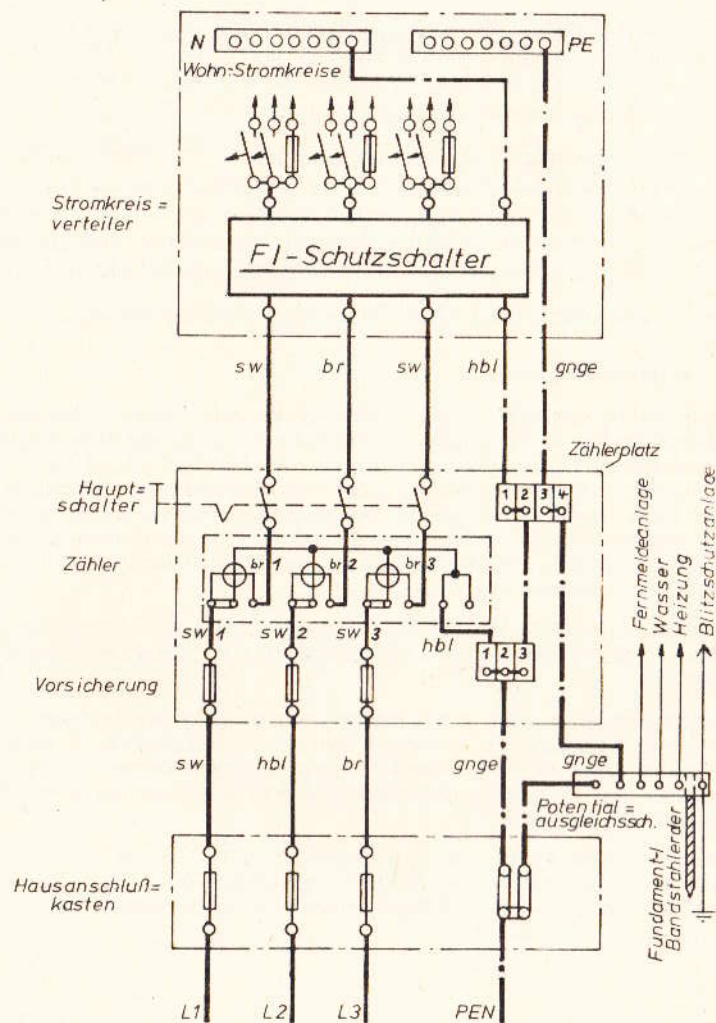
Die **Bestandteile** des FI-Schutzschalters sind aus der Darstellung „Fehlerstrom-Schutzschaltung“ ersichtlich. Die Wicklungen des Summenstromwandlers sind symmetrisch auf einem gemeinsamen Kern aufgebracht.



<i>St</i>	Stellschalter	R_p	Prüfwiderstand
<i>S</i>	Summenstromwandler	<i>P</i>	Prüftaste
<i>FS</i>	FI-Schutzschalter	<i>PE</i>	Schutzleiter
<i>F</i>	FI-Spule	<i>Sch</i>	Schloßschalter

Fehlerstrom-Schutzschaltung

5.11.3 Schaltungsunterlage (Beispiel für ein Einfamilienhaus)



Starkstromanlage mit der Schutzmaßnahme Nullung auf FI-Schutzschaltung umstellen

5.11.4 Wirkungsweise

Die **Prüftaste** dient nur zum Prüfen der Funktion des FI-Schutzschalters. Der FI-Schutzschalter ist so gebaut, daß man ihn erst nach dem Beseitigen eines eventuellen Fehlers wieder einschalten kann (sogen. Freiauslösung).

Im **fehlerfreien Zustand** fließen die Betriebsströme durch die Eingangswicklung des Stromwandlers zum Verbraucher und von dort in gleicher Höhe durch die N-Leiter-Wicklung des Wandlers zurück. Dabei heben sich die magnetischen Flüsse auf.

Im **fehlerhaften Zustand** (Körperschluß) fließt nur ein Teil durch den Stromwandler zurück, während der andere Teil als Fehlerstrom durch das Erdreich zum Transformator zurückgelangt. Dadurch entsteht im Stromwandler eine magnetische Unsymmetrie. Es wird in der Ausgangswicklung eine Spannung induziert, die ein elektromagnetisches Auslösen des Schloßschalters bewirkt.

Siehe hierzu auch Abschnitt 3.2.2.3 „Fehlerstrom-Schutzschaltung“.

5.11.5 Installationspraxis

Die Anlage muß freigeschaltet und die allpolige Spannungsfreiheit festgestellt werden. Der FI-Schutzschalter wird in den Stromkreisverteiler an geeigneter Stelle eingebaut (Schnappverschluß). Im Stromkreisverteiler werden die Leitungen L1, L2, L3 von den Überstromschutzorganen und der Mittelleiter N von der Sammelschiene abgeklemmt und in gleicher Reihenfolge an den Eingängen des FI-Schutzschalters wieder angeklemt. Von den Ausgängen des FI-Schutzschalters sind 4 Leitungsverbindungen mit den gleichen Querschnitten zu den entsprechenden Eingängen der Überstromschutzorgane bzw. zu der Sammelschiene N herzustellen.

Sowohl vom Hausanschlußkasten als auch von der Nulleiterklemme des Zählerplatzes ist jeweils zur Potentialausgleichsschiene ein Schutzleiter (z. B. 16 mm²) zu verlegen und anzuschließen.

Wenn in vorhandenen Anlagen im Stromkreisverteiler zwischen den Sammelschienen N und PE eine Leitungsbrücke vorhanden sein sollte, so ist diese zu entfernen. In diesem Fall ist außer der Schutzleiterverbindung Hausanschlußkasten-Potentialausgleichsschiene eine Verbindung Potentialausgleichsschiene-Sammelschiene PE im Stromkreisverteiler herzustellen.

Die **Überprüfung** der FI-Schutzschaltung kann mit dem Prüfgerät Revitester 100 vorgenommen werden (durch Fachkraft). Die Funktionsfähigkeit des FI-Schutzschalters selbst wird bei Inbetriebnahme durch Betätigen der Prüftaste festgestellt.

Zur Lernerfolgssicherung

- Nennen Sie die Vorteile einer Fehlerstrom-Schutzschaltung.
- Wie arbeitet der Fehlerstrom-Schutzschalter bei einem Körperschluß eines Verbrauchers?

5.12 Drehstromsteckdosen installieren

5.12.1 Allgemeine Hinweise

Für Drehstromanschlüsse gibt es die Perilex-Steckvorrichtungen und die CEE*)-Kragensteckvorrichtungen. Bei der Perilex-Steckvorrichtung handelt es sich im Vergleich zur CEE-Steckvorrichtung um eine leichte Ausführung.

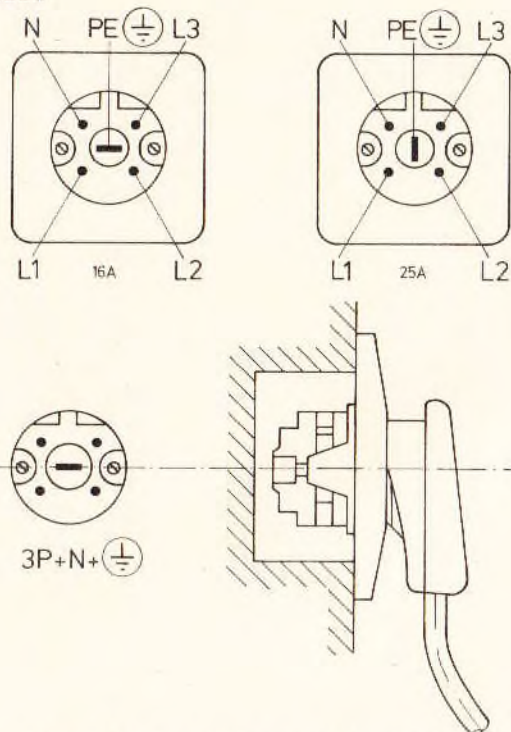
*) CEE = International Commission for Conformity Certification of Electrical Equipment = Int. Kommission für Regeln zur Begutachtung elektrotechnischer Erzeugnisse

5.12.2 Perilex-Steckvorrichtung

5.12.2.1 Anwendungsbereich

Perilex-Steckvorrichtungen werden in Hausinstallationen wie Wohnungen, Büros, Geschäftshäuser, Kantinen, Hotels, Labors usw. verwendet. Sie werden mit einfacher Abdeckung für trockene Räume und spritzwassergeschützt für feuchte und nasse Räume angeboten.

5.12.2.2 Aufbau



Perilex-Steckvorrichtung nach DIN 49445/48

Perilex-Steckvorrichtungen werden als 5polige Ausführung (L1, L2, L3, N, PE) für 220/380 V und für 16 A bzw. 25 A hergestellt. Das Perilex-System zeichnet sich durch die Unverwechselbarkeit der Pole mit voreilemendem Schutzleiterkontakt (für 16 A waagerechte und 25 A senkrechte Anordnung) und durch flache Bauweise aus (s. auch Angaben bei Abschnitt 4.2.3.2).

5.12.3 CEE-Kragensteckvorrichtung

5.12.3.1 Anwendungsbereich

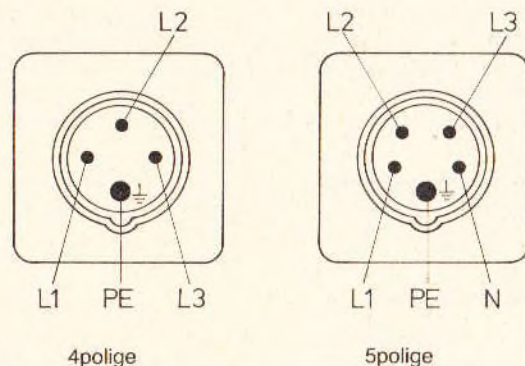
CEE-Kragensteckvorrichtungen werden in Industrie und Gewerbe verwendet. Sie sind sehr robust (s. auch Angaben bei Abschnitt 4.2.3.3)

Die CEE-Steckvorrichtungen werden in spritzwassergeschützter und wasserdichter Ausführung hergestellt und farblich gekennzeichnet:

- bei Geräten in spritzwassergeschützter Ausführung: Deckel an den Steckdosen, Kupplungsdozen und Steckergehäusen und Oberteil des Gerätesteckers in Farbe,
- bei Geräten in wasserdichter Ausführung: Deckel an den Steckdosen, Kupplungsdozen und Steckergehäusen und Bajonetting am Stecker und Gerätestecker in Farbe; andere Gehäuseteile grau (RAL 7035).

Mit Einführung der international genormten runden CEE-Kragensteckvorrichtung nach VDE 0623 (DIN 49462, DIN 49463 und DIN 49465) 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 VDE 0623 zugelassen.** Bei einer Auswechslung braucht bis zu 32 A die 4adrige Leitung nicht gegen eine 5adrige ersetzt zu werden. In bestehenden Anlagen durften die alten Steckvorrichtungen nach VDE 0620 (DIN 49450/51) noch bis 31. 12. 1980 weiterverwendet werden. Für die Übergangszeit war die Verwendung von Kragensteckvorrichtungsadaptern nach VDE 0621 erlaubt.

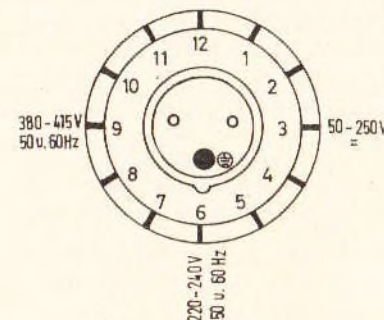
5.12.3.2 Aufbau



CEE-Kragensteckvorrichtung

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. 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.).

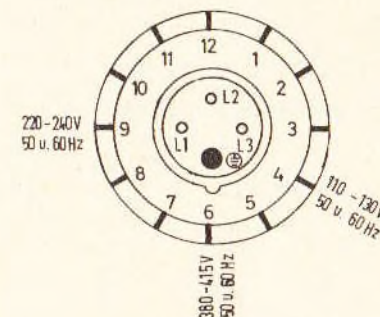
Die 3poligen Steckvorrichtungen werden für die genormten Nennströme von 16, 32 und 63 A, die 4poligen und 5poligen für 16, 32, 63 und 125 A hergestellt. Die Gehäuse bestehen aus Isolierstoff und sind nach den Tabellen farblich gekennzeichnet. Die Steckvorrichtungen für 63 A und 125 A haben einen in der Mitte angeordneten Pilotkontakt, der eine elektrische Verriegelung ermöglicht. Beim Einstecken schließt dieser Kontakt als letzter und öffnet beim Ziehen als erster.



Frequenz Hz	Spannung V	Kennfarbe	Lage der Schutz- kontaktbuchse
----------------	---------------	-----------	-----------------------------------

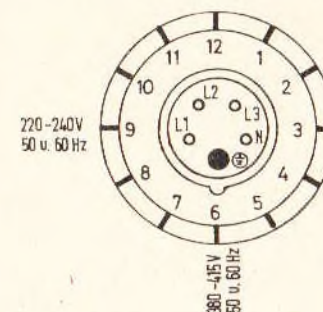
3polig (2 P + $\frac{1}{2}$)

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		12 h
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 + $\frac{1}{2}$)

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		12 h
100 bis einschl. 300	über 50	grün	10 h
über 300 bis 500	über 50	grün	2 h

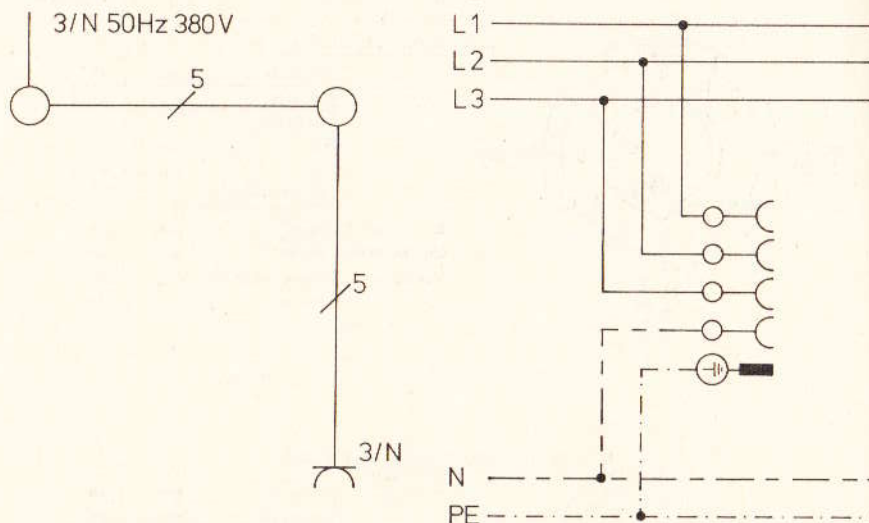


5polig (3 P + N + $\frac{1}{2}$)

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

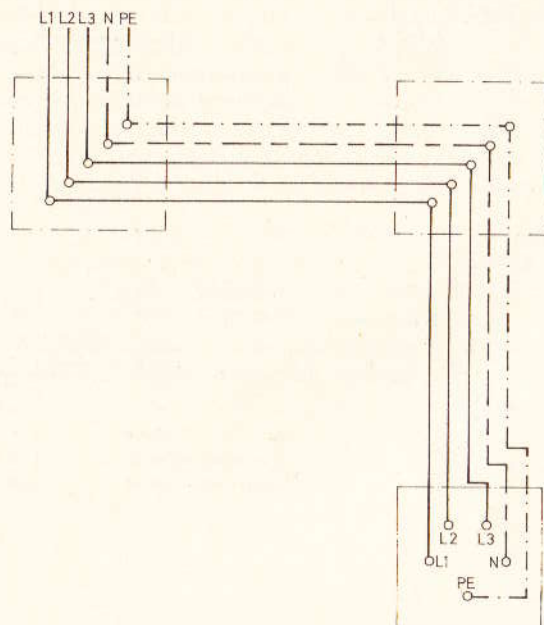
Kontaktanordnung und Uhrzeigerstellungen von CEE-Kragensteckvorrichtungen

5.12.4 Drehstromsteckdosenanschaltung



Übersichtsschaltplan

Stromlaufplan (aufgelöste Darst.)



Stromlaufplan (zusammenh. Darst.)

5.12.5 Installationspraxis

Drehstromsteckdosen gibt es für Unterputz- und Aufputzmontage. Wegen der verhältnismäßig hohen mechanischen Beanspruchung beim Ziehen der Stecker ist eine einwandfreie Befestigung in der Dose oder auf der Wand unabdingbar.

Die Leitungszuführung ist **5adrig** (z. B. als Einzelleiter in Rohren oder 5adrig Mantelleitung). Die abzusetzenden bzw. abzuisolierenden Leitungsenden sind an den entsprechenden Klemmen ordnungsgemäß und in richtiger Reihenfolge anzulegen. Die Klemmen sind bezeichnet. Drehstromsteckdosen müssen so angeschlossen werden, daß sich beim Blick von vorn auf ihre Buchsen ein **Rechtsdrehfeld** ergibt (Uhrzeigersinn). Drehfeldänderungen lassen sich durch Tausch der Außenleiter erreichen.

An der fertiggestellten Drehstromsteckdosenanlage sind folgende **Prüfungen** möglich

- **Sichtprüfung**
- **Wirksamkeit der Schutzmaßnahme Nullung**
(z. B. Prüfgerät EHG 0701-P)
- **Betriebsfähigkeit**
(Drehfeld mit einem Drehfeldrichtungsanzeiger; Testofon 1605 oder Rapatest M).

Zur Lernerfolgssicherung

- Paßt beim Perilex-Stecksystem ein Stecker für 16 A in eine Steckdose für 25 A? Begründung!
- Wodurch wird bei der CEE-Kragensteckvorrichtung die Unverwechselbarkeit der Pole gewährleistet?
- Wie erreicht man in der Praxis bei der Drehstromsteckdose ein Rechtsdrehfeld?

5.13 Elektrische Anlagen in feuchten Räumen installieren

5.13.1 Allgemeine Hinweise

An eine Installation in feuchten oder nassen Räumen werden besondere Anforderungen gestellt (s. auch Abschnitte 3.2.3.1, 3.2.6.3 und VDE 0100 Teil 520 (alt § 42), Teil 700 (alt § 45)).

Feuchte und nasse Räume erfordern Betriebsmittel, die mindestens tropfwassergeschützt sind und in denen sich kein Kondenswasser ansammeln kann (mindestens Schutzart IP X1, Symbol 1 Tropfen).

Dazu zählen: Pumpenräume, unbeheizte oder unbelüftete Keller, Großküchen, Spülküchen, Backstuben, Kühlräume, Garagen, Kfz-Werkstätten, Batterieräume, Waschküchen, Luftschutzräume, Orte im Freien.

Feuchte und nasse Räume erfordern darüber hinaus z. B. strahlwassergeschützte Betriebsmittel, wenn Fußböden und Wände mit einem Wasserstrahl gereinigt werden (Schutzart IP X5, Symbol 2 Dreiecke mit je einem Tropfen).

Dazu zählen: Bier- und Weinkeller, Naßwerkstätten, Wagenwaschräume, Duschecken, Badeanstalten, Gewächshäuser, Molkereien, Brauereien, Schlachthäuser.

5.13.2 Feuchtraumleitungen

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 **Betriebsisolation** 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).

Feuchtraumleitungen sind

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

*) Nicht für explosionsgefährdete Betriebsstätten und bergbauliche Betriebe unter Tage

**) Nicht für landwirtschaftliche Betriebsstätten

Der Schirm der geschirmten Mantelleitung NYHM 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.

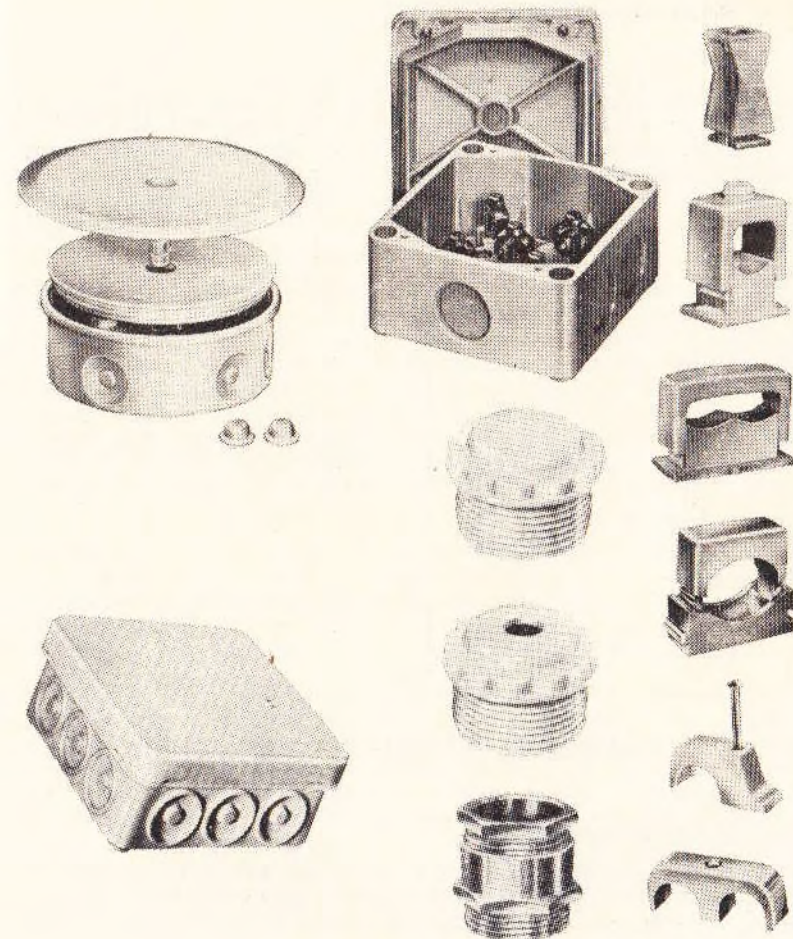
Feuchtraumleitungen sind für feste **Verlegung** über oder auf, in oder unter Putz, in Kabelkanälen, in Schutzrohren, auf Kabelroste und im Freien zugelassen. Feuchtraumleitungen dürfen **nicht** im Erdreich oder in unzugänglichen unterirdischen Rohren verlegt werden. Bei unmittelbarer Sonneneinstrahlung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

Für feuchte und nasse Räume sind auch geeignet:

- Kabel für feste Verlegung (z. B. NYY)
- Gummischlauchleitungen des Typs H07RN-F als bewegliche Leitungen.

5.13.3 Zubehör

- Thermo- und duroplastische Verbindungsdosen mit Verschlußnippeln oder Stopfbuchsenverschraubung
- Reihenschellen, Abstandschellen, Nagelschellen
- Schalter und Steckdosen, Sicherungen
- Leuchten, Wärmegeräte usw.



Links von oben nach unten: thermoplastische Verbindungsdosen UP, AP

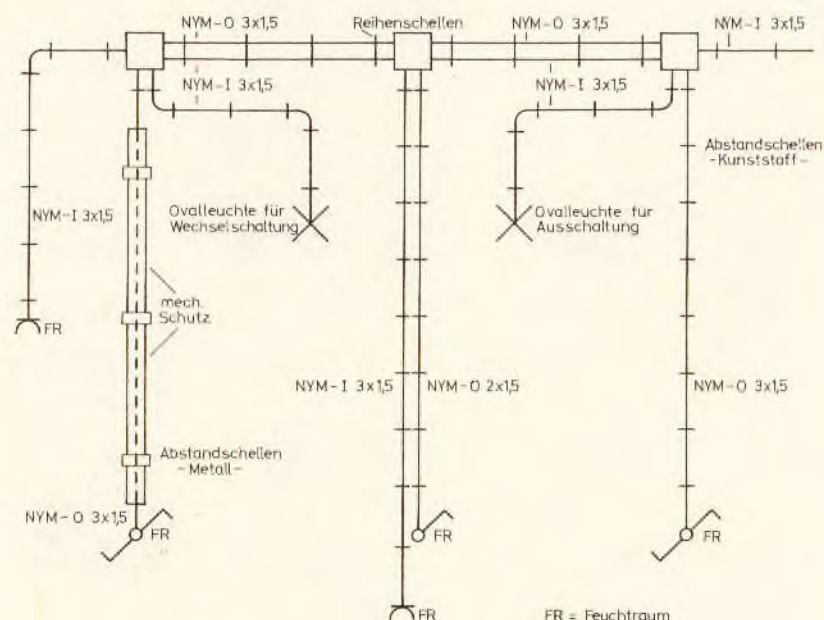
Mitte von oben nach unten: duroplastische Verbindungsdosen, Verschlußnippel, Stopfbuchsenverschraubung

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

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

Zubehör für Feuchtraumleitungen

5.13.4 Schaltungsunterlage



Verlegungsplan für eine Feuchtrauminstallation

5.13.5 Installationspraxis

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.

Feuchtraumleitungen sollen an ihren **Biegestellen** schlanke Bögen erhalten. Hierfür und auch für Biegungen ist zu beachten, daß der kleinste Biegeradius mindestens das 6fache des Leitungsdurchmessers 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. Einzelne Leitungen werden a.P. mit isolierten Nagelschellen oder mit Abstandschellen befestigt. Verlaufen mehrere Leitungen nebeneinander, dann kann die Befestigung auch mit Reihenschellen auf Schlitzbandeisen.

Stahlschienen oder Kunststoffleisten oder auch mit aufreihbaren Abstandschellen erfolgen (vgl. Abb.).

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.

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. 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 Abstandschellen 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 Abstandschellen erfolgen. Waagerechte Leitungsführungen im Handbereich sind dabei zu vermeiden, da bei Abstandschellenverlegung die Leitung sonst als Aufhängevorrichtung mißbraucht wird. In feuergefährdeten Betriebsstätten mit glatten Wänden kann die Befestigung ohne Abstandschellen auch unmittelbar an der Wand erfolgen.

Bei der Verlegung von **Leitungen an Spanndrähten** z. B. auf der Straße oder im Hof, muß die Befestigung der Leitung am Spanndraht 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 eingelegetem Spanndraht (NYMT) oder mit Zugentlastung (NYMZ).

Die **Entfernung des Mantels** muß mit der entsprechenden Sorgfalt vorgenommen werden. 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.). Diese Würgenippel müssen fest in das Gerät eingeschraubt werden. Daneben werden auch verformbare Teile angewendet, die in entsprechende Gehäuseaussparungen 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 Kühllhäusern, 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.

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.

Die **Überprüfung** der fertiggestellten Feuchtrauminstallation soll durchgeführt werden als

- **Sichtprüfung**
- **Funktionsprüfung**
(Betriebsfähigkeit mit Hilfe von Schutzkleinspannung).

Zur Lernerfolgssicherung

- 
- Welche Anforderungen werden an elektrische Betriebsmittel in feuchten Räumen gestellt?
 - Nennen Sie Leistungstypen, die für eine Verlegung in feuchten Räumen geeignet sind.
 - Geben Sie die Schellenabstände an, die bei Verlegung von verschiedenen Feuchtraumleitungsarten waagrecht und senkrecht eingehalten werden sollen.

5.14 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.

Überstromschutzorgane sollen Leitungen, Kabel und Geräte schützen und unzulässig hohe Ströme, die Brandgefahr bedeuten, abschalten.

5.14.1 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.

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. 5.14.1.2).

Zulässige Dauerbelastung und Sicherungs-Nennströme isolierter Leitungen

Zulässige Dauerbelastung isolierter Leitungen und Zuordnungen von Überstrom-Schutzorganen bei Umgebungstemperatur bis 25 °C						
Nenn- querschnitt mm ²	Gruppe 1 Eine oder mehrere in Rohr verlegte eindrige Leitungen, z. B. H07V		Gruppe 2 Mehrerdrileitungen, z. B. Mantel- leitungen, Stiegleitungen, bewegliche Leitungen, Rohrdrähte		Gruppe 3 Eindrige, frei in Luft verlegte Leitun- gen, wobei die Leitungen mit Zwischen- raum von mindestens Leitungsdurch- messer verlegt sind, sowie eindrige Verdrähtungen in Schalt- und Vertei- lungsanlagen und Schienenverteiler	
	Kupferleiter		Kupferleiter		Kupferleiter	
	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

5.14.1.1 Überlastschutz

Entsprechend dem Leitungsaufbau und der Verlegungsart werden bei der Festlegung der höchstens zulässigen **Dauerbelastung von Leitungen drei Gruppen** unterschieden (s. Tabelle bei Abschn. 5.14.1):

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 der Tabelle genannten Stromwerte gelten für **Umgebungstemperaturen** bis 25 °C. Bei höheren Umgebungstemperaturen ist der Stromwert entsprechend der Ergänzungstabelle für Umgebungstemperaturen über 25 °C bis 55 °C zu reduzieren. Bei Umgebungstemperaturen über 55 °C müssen wärmebeständige Leitungen verlegt werden (s. VDE 0100 Teil 520, alt 0100m Tabelle 41-5).

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

Umgebungstemperatur °C	Zulässige Dauerbelastung in % der Werte nach Tabelle bei 5.14.1	
	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

Beispiele:

- Umgebungstemperatur ≤ 25 °C, NYIF-J 3 x 1,5 ergibt nach Tabelle zul. Dauerbelastung 20 A, Sicherungsnennstrom 20 A
- Umgebungstemperatur 40 °C, H07V-U 4 in Rohren ergibt nach Tabelle zul. Dauerbelastung $82\% \cdot 27 \text{ A} = 22,14 \text{ A}$, Sicherungsnennstrom 20 A
- Umgebungstemperatur 80 °C, H05SJ-K 2,5 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.

Leitungsschutzsicherungen und Leitungsschutzschalter (LS-Schalter bzw. vollstümlich Sicherungsautomaten) sind den Leitungsquerschnitten wie in Tabelle „Zulässige Dauerbelastung und Sicherungs-Nennströme isolierter Leitungen“ bei Berücksichtigung der Umgebungstemperatur zuzuordnen.

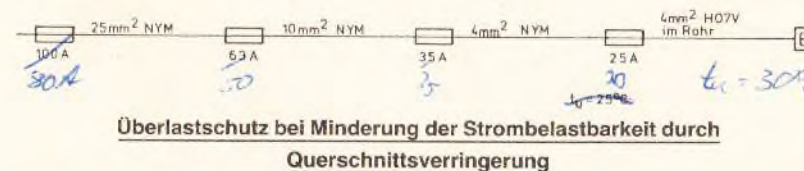
Ist eine **lang andauernde Belastung** der Leitung über den maximalen Stromwert hinaus zu erwarten, ist eine geringere Sicherungsstufe zu wählen, als nach Tabelle möglich wäre. Dies ist wegen der Streuwerte der Überstromschutzorgane und des über dem Sicherungsnennwert liegenden kleinen Prüfstroms erforderlich.

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.

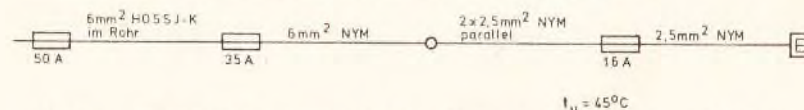
Für den Überstromschutz **parallel geschalteter Leitungen** ist die Summe der Strombelastbarkeitswerte aller Leitungen maßgebend. Solche Anordnungen sind jedoch nur bei gleichen elektrischen Eigenschaften (Art, Verlegungsweise, Länge und Querschnitt) der Leitungen und ohne Abzweige zulässig.

Anordnung der Überlastschutzorgane

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

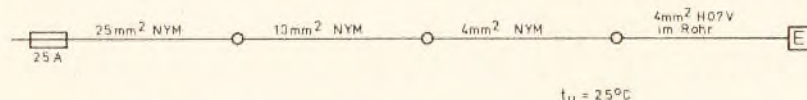


Dies gilt nicht für bewegliche Leitungen unter 1 mm², die über Stecker angeschlossen werden. Ursachen für diese Minderung können Querschnittsverringeringen, andere Verlegungsarten, andere Leitungsisolierung, z. B. bei hohen Umgebungstemperaturen oder andere Adernzahl sein. Über die Selektivität der Schutzorgane wird im Abschnitt 5.14.2 eingegangen.



Ausnahmen von dieser Grundregel sind in folgenden Fällen zulässig:

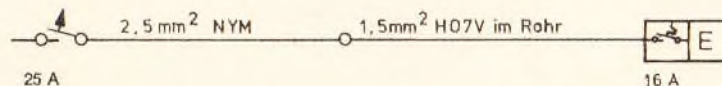
- In Netzen mit geerdetem Sternpunkt darf das Überlastschutzorgan im Zug der Leitung beliebig versetzt werden, wenn der Kurzschlußschutz getrennt vom Überlastschutz entsprechend den Bestimmungen errichtet wird und die Leitung weder Abzweige noch Steckvorrichtungen erhält (für Hausinstallationen daher 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.
- In bestimmten Fällen (jedoch nie in feuer- oder explosionsgefährdeten Räumen) darf auf den Überlastschutz in der Leitung verzichtet werden:



Schutz der Leitung durch das Überlastschutzorgan vorgeschalteter Leitungsabschnitte

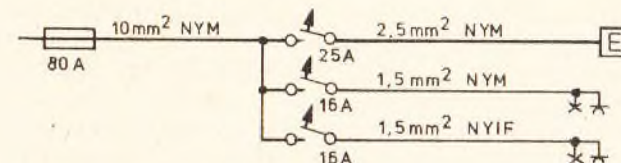
- wenn die Leitung durch **Überlastschutzorgane** vorgeschalteter Leitungsabschnitte bereits geschützt ist (Überlastschutz ist auf den schwächsten Querschnitt abgestimmt, s. vorstehenden Abb.).
- wenn mit dem Auftreten von **Überlastströmen** nicht gerechnet werden muß und ein ordnungsgemäßer Kurzschlußschutz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



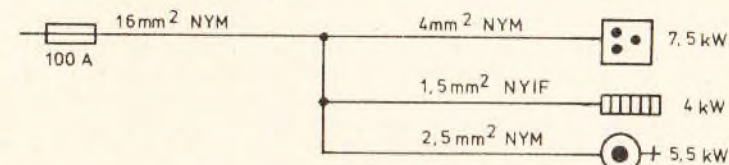
Schutz der Leitung durch das Überlastschutzorgan des festangeschlossenen Verbrauchsmittels

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.).



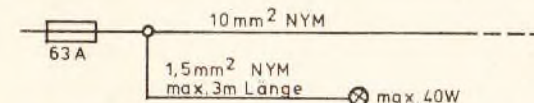
Schutz der Leitung durch die Überlastschutzorgane der Leitungsabzweige

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.) 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.



Wegfall des Überlastschutzes bei Verbrauchern, bei denen nicht mit Überlast gerechnet werden braucht

- 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.).



Wegfall des Überlastschutzes bei Meldern und Meßgeräten

5.14.1.2 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 **Kurzschlußorgane** 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** (= 3,5 kA einphasig).

Kurzschlußschutzorgane werden nach derselben Tabelle wie die Überlastschutzorgane bemessen (s. Tabelle bei Abschn. 5.14.1).

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 z. B. das Kurzschlußschutzorgan eine Stufe höher gewählt, muß als Kurzschlußstrom bei Kurzschluß am Leitungsende mindestens der 3fache Wert des Nennstroms der Kurzschlußsicherung zum Fließen kommen, bei zwei höheren Stufen der 6fache Wert usw.

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 Seiten 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 Abschnitt 5.14.1.3),
- 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.

5.14.1.3 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 (vgl. 5.14.2.2).

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.

Wenn die **Stromkreisunterbrechung eine Gefahr** darstellen kann, muß auf den **Überlastschutz und Kurzschlußschutz verzichtet** werden (z. B. bei Signalstromkreisen, Steuer- und Regelstromkreisen, Speisestromkreisen von Hub- und Fördermagneten usw.).

5.14.1.4 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 Nulleiter.

5.14.1.5 Beleuchtungs- 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 zugelassenen LS-Schalter Typ H kommt daher heute nicht mehr dieselbe Bedeutung wie früher zu (vgl. auch Abschnitt 5.14.2.2). Durch die Verwendung von LS-Schaltern Typ L dürften 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.

5.14.2 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.

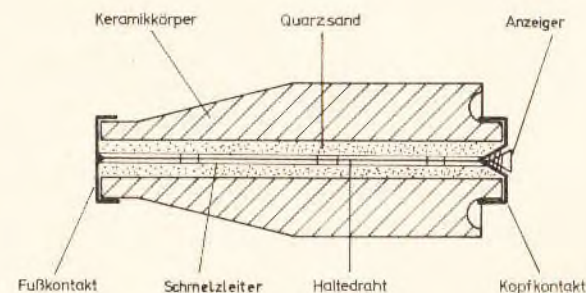
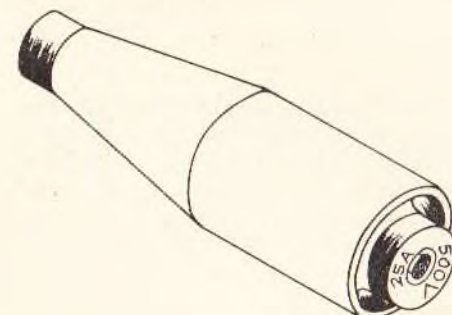
Die Nachteile der Sicherungen sind gleichzeitig die Vorzüge der Schutzschalter. Weitere **Vorzüge der Schutzschalter** sind: Bei mäßigen Überströmen schalten sie erheblich schneller als Sicherungen; Zusatzausrüstungen zum Verriegeln, Signalisieren, Fernaus- und -einschalten sind möglich. Der **Nachteil der Schutzschalter** ist vor allem das nicht in allen Fällen aus-

reichende 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.

5.14.2.1 Sicherungen

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

- das **Sicherungsunterteil** (Sicherungssockel) mit den Anschlüssen,
- der **Sicherungseinsatz** mit dem Schmelzleiter und dem Anzeiger für den Schaltzustand (vgl. Abb.),
- der **Paßeinsatz** bei Schraub Sicherungen, 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 kleinem Loch für Prüfzwecke.



Aufbau eines Sicherungseinsatzes

Die neuen VDE-Bestimmungen, 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-Bergbauanlagenschutz

Bisher sind erst die Vorschriften der gL-Typen in Kraft.

Die **Zeit-/Strom-Kennlinien** der verschiedenen Typen sind in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt.

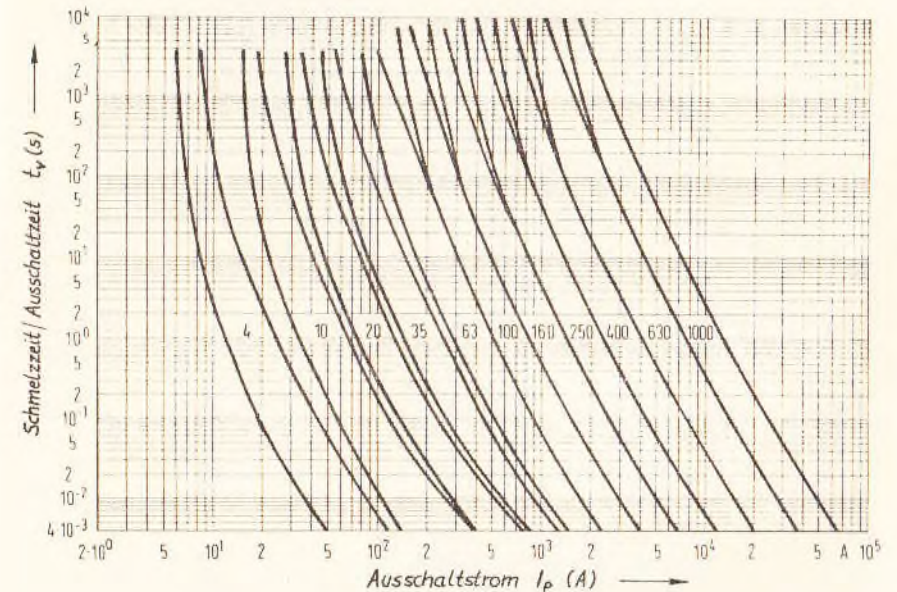
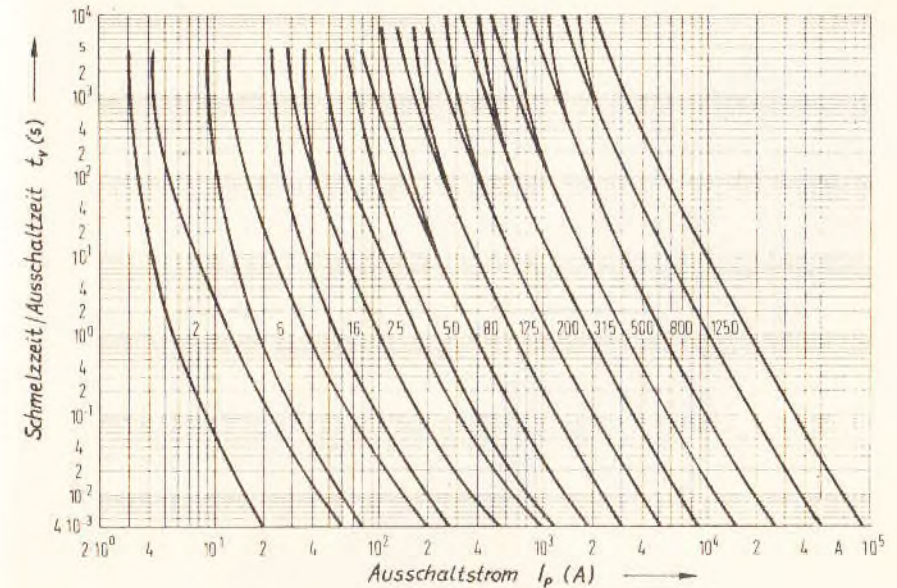
Es gibt „flinke“ und „träge“ Sicherungen und für Sonderfälle auch Mischformen. Flinke Sicherungen haben einen **k-Faktor** von 3,5. Träge Sicherungen haben bis 50 A Nennstrom einen k-Faktor von 3,5 und über 50 A einen k-Faktor von 5,0.

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-Anzeigers 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.

Farben der Anzeiger und Paßeinsätze der D- und DO-Sicherungen

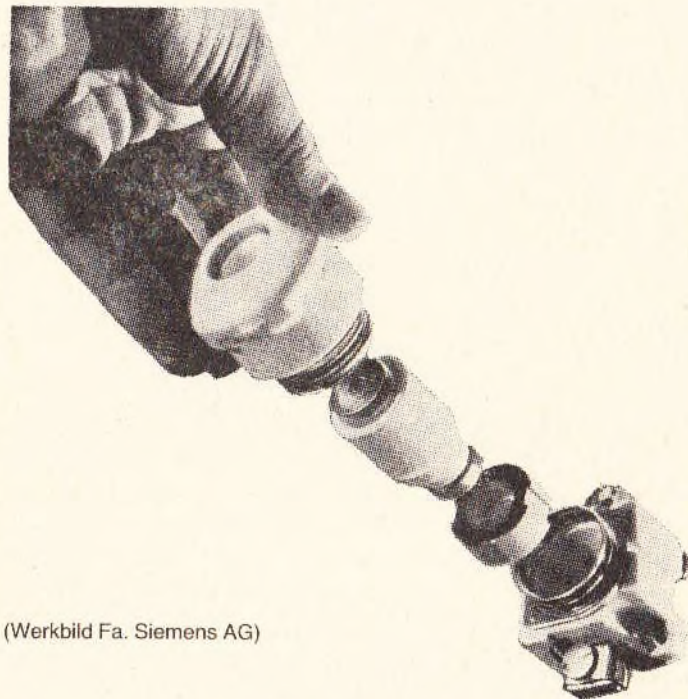
Stromstärke A	Kennfarbe	Stromstärke A	Kennfarbe
2	rosa	50	weiß
4	braun	63	kupfer
6	grün	80	silber
10	rot	100	rot
16	grau	125 *	gelb
20	blau	160 *	kupfer *
25	gelb		
35	schwarz	200 *	blau *

* Nur für auslaufende Typen



Zeit-/Strom-Bereiche für Leitungsschutz-Sicherungen

● D-System



(Werkbild Fa. Siemens AG)

Sicherung des D-Systems

Nennspannung beim D-System: 500 V

Nennausschaltströme: $I_{\text{eff}} = 50 \text{ kA}$ Wechselstrom
 $I = 8 \text{ kA}$ 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 „Farben der Anzeiger und Paßeinsätze der D- und DO-Sicherungen“.

Bauformen beim D-System:

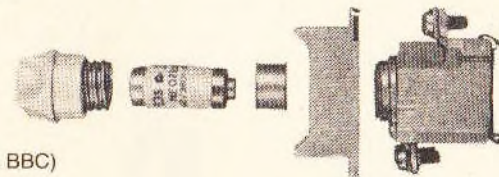
Größe D II: Schraubsicherung mit E-27-Gewinde
 Baubreite des Sicherungssockels: 38 mm
 Nennströme: Sicherungssockel und Schraubkappe 25 A
 Sicherungseinsätze und Paßschrauben: 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25 A.

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.

● DO-System



(Werkbilder Fa. BBC)

Sicherung des DO-Systems

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

Nennausschaltströme: $I_{\text{eff}} = 50 \text{ kA}$ Wechselstrom
 $I = 8 \text{ kA}$ 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 „Farben der Anzeiger und Paßeinsätze der D- und DO-Sicherungen“.

D0-Sicherungen werden in Normalbautiefe 69 mm bei D01/D02 und 76 mm bei D03 und Niedrigbautiefe 53 mm bei D01/D02 hergestellt.

Bauformen beim DO-System:

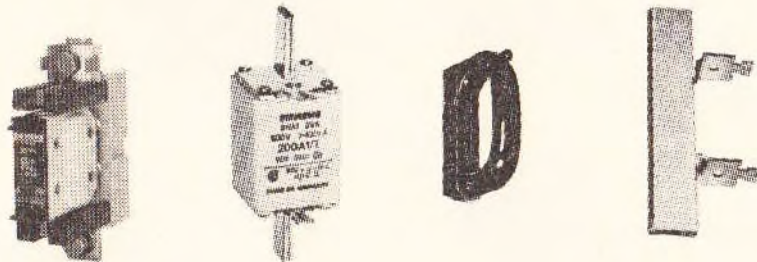
Größe D01: Schraubsicherung mit E-14-Gewinde
 Baubreite des Sicherungssockels 27 mm (1,5 Teilungseinheiten zu 18 mm)
 Nennströme: Sicherungssockel und Schraubkappe 16 A
 Sicherungseinsätze: 2, 4, 6, 10, 16 A
 Hülsen-Paßeinsätze: 2, 4, 6, 10 A.

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 x 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.

● NH-System



(Werkbilder Fa. Siemens AG)

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, Sicherungshalter) ist jedoch auch unterwiesenen Personen ein gefahrloses Bedienen möglich (vgl. Abb.).

Nennspannung: 500 V $\sim$ oder 500 V $\sim$ /440 V– oder 660 V $\sim$

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

ggf. $I = 25 \text{ kA}$ Gleichstrom

Meist werden von den Herstellern NH-Sicherungen mit Ausschaltströmen von $> 100 \text{ kA}$ 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 Griffflaschen und fehlende metallische Gehäuseteile beträchtlich erhöht wurde. Schmelzzeiten von NH-Sicherungseinsätzen liegen bei großen Kurzschlußströmen unter 5 ms.

5.14.2.2 Schutzschalter

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

- Leitungsschutzschalter (LS-Schalter),
- Motorschutzschalter,
- Leistungsselbstschalter (Leistungsschalter),

● Leitungsschutzschalter

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

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

LS-Schalter mit Nullpunktlöschung haben eine niedrige Lichtbogenspannung 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 Lichtbogenspannung, 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 Nullpunktlöcher durchläßt.

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. 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 ist die Beurteilung schwieriger, wodurch es notwendig wurde, die LS-Schalter in Strombegrenzungsklassen einzuteilen.

Bei der **Beurteilung der Selektivität** von LS-Schaltern sind verschiedene Stellen der Zeit-/Strom-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 $1,35 \dots 1,5 \times I_{Nenn}$) 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 Strombegrenzungsklassen eingeteilt werden. Es gibt drei Strombegrenzungsklassen, wobei **Strombegrenzungsklasse 3** die größte Selektivität (= kleinste Durchlaßenergie) bedeutet.

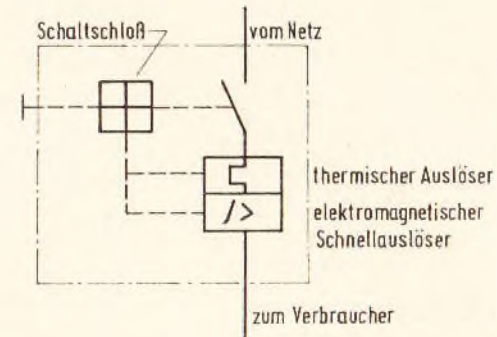
So darf z. B. ein LS-Schalter der Strombegrenzungsklasse 3 bei 16 A Nennstrom $35000 \text{ A}^2\text{s}$ und bei 25 A Nennstrom $45000 \text{ A}^2\text{s}$ durchlassen. Die Werte für Strombegrenzungsklasse 2 liegen 3 mal so hoch. Der entsprechend höchstens zugelassene Wert für kunststoffisolierte Leitungen mit $1,5 \text{ mm}^2$ Querschnitt beträgt $29000 \text{ A}^2\text{s}$. Das zeigt, daß selbst mit diesen Bestimmungen noch kein vollständiger Schutz der Leitung erreicht wird.

Wie auch in Abschnitt 5.14.1.2 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 Kurzschluß-

strom. 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.

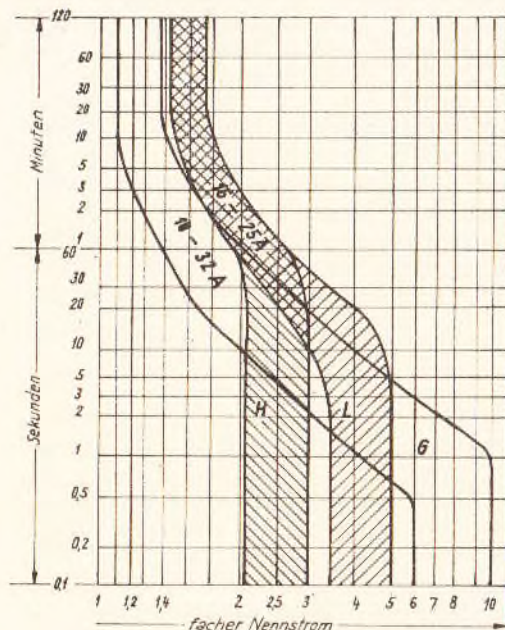
LS-Schalter gibt es mit einem **Schaltvermögen** von 3, 6 und 10 kA. Empfohlen wird, Schutzschalter mit mindestens 6 kA Schaltvermögen der Strombegrenzungsklasse 3 einzubauen. Die LS-Schalter, die diese Forderung erfüllen, tragen auf der Vorderseite folgende Beschriftung:

6000
3



Schaltplan eines LS-Schalters

● LS-Schalter-Typen



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

Auslöseebänder von LS-Schaltern

begrenzungs-kategorie 3 und mit Schaltvermögen von 3, 6 und 10 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 $1,05 \times I_{\text{Nenn}}$ betragen und sind daher für den Schutz von Geräten geeignet und mit Nennstromwerten von 0,5 A bis zu 63 A erhältlich.

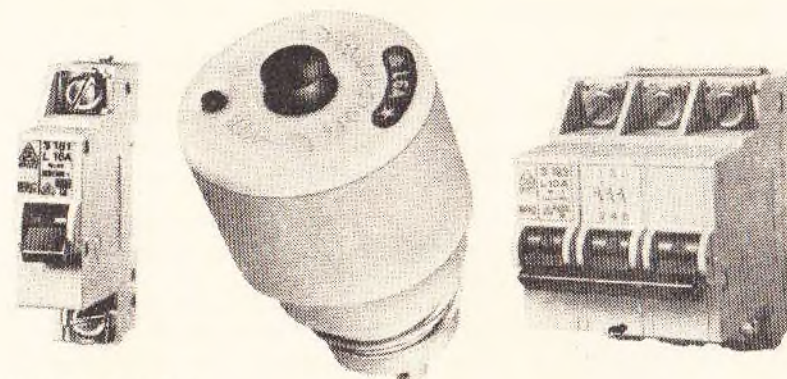
Der **LS-Schalter Typ K** hat eine Kennlinie entsprechend dem Motorschutzschalter.

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 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 Schutzterdung 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.

LS-Schalter Typ L: Überlast- und Kurzschlußstromschutz von Kabeln und Leitungen, inzwischen auch für Hausinstallationsstromkreise. Nennstromwerte liegen zwischen 6 A und 63 A. Der k-Faktor beträgt 3,5. LS-Schalter Typ L sind in der Strom-



(Werkbilder Fa. BBC)

LS-Schalter ein- und dreipolig

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.

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.

● Personenschutzschalter



(Werkbild
Fa. BBC)

Personenschutzschalter

Der **Personenschutzschalter** 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.

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.

Zur Lernerfolgssicherung



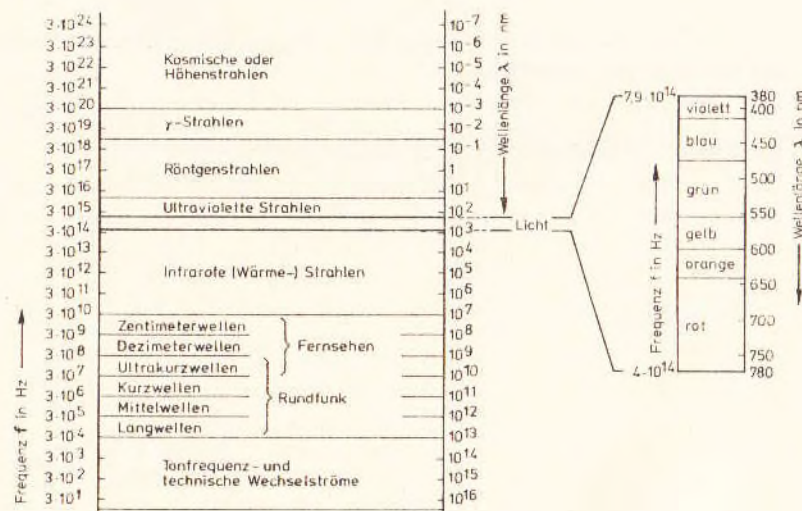
- Was sollen Überstromschutzorgane schützen?
- Wogegen sollen Überstromschutzorgane schützen?
- Geben Sie die Bestandteile eines D-Systems an.
- Zählen Sie 5 genormte Stufungen der Leitungsschutzsicherung mit den zugehörigen Kennfarben auf.
- Nennen Sie Vorteile und Nachteile eines Leitungsschutzschalters.

5.15 Kenntnisse über Lichtquellen

5.15.1 Einführung in die Lichttechnik

5.15.1.1 Wellenlänge und Lichtfarbe

Lichtstrahlen sind elektromagnetische Wellen, die sich geradlinig mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km/s ausbreiten (sog. Lichtgeschwindigkeit). Elektromagnetische Wellen mit einer Wellenlänge $\lambda = 380 \dots 780$ nm empfindet das menschliche Auge als Licht. In diesem Bereich entspricht jeder Wellenlänge eine bestimmte Lichtfarbe.



Wellenlänge, Frequenz und Lichtfarbe

5.15.1.2 Lichttechnische Begriffe

● Lichtstärke

Die Lichtstärke ist eine Grundgröße im internationalen Maßeinheitensystem (Formelzeichen I , Einheit cd = Candela).

● Lichtstrom

Der Lichtstrom ist die von einer Lichtquelle nach allen Richtungen abgestrahlte Lichtleistung (Formelzeichen Φ , Einheit lm = Lumen).

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

Lichtströme

● Leuchtdichte

Die Leuchtdichte ist das Verhältnis aus Lichtstärke und senkrecht angestrahelter Fläche (Formelzeichen L , Einheit $\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$).

Die **Leuchtdichte** 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.

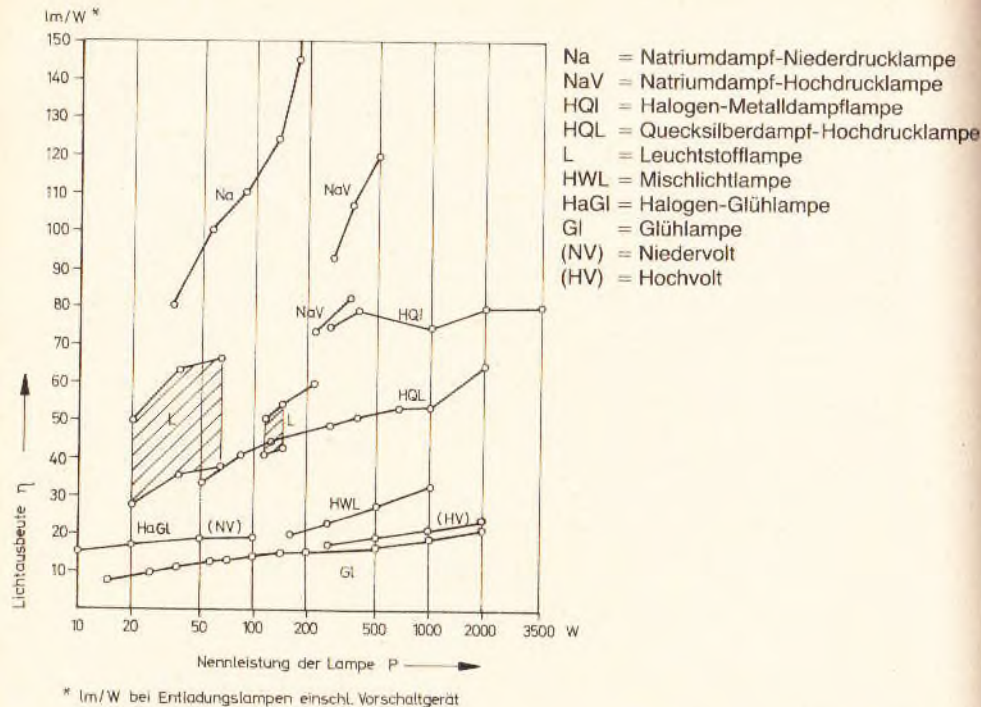
● Lichtausbeute

Die Lichtausbeute ist das Verhältnis des von einer Lampe abgestrahlten Lichtstromes zur aufgewendeten elektrischen Leistung (Formelzeichen η ,

Einheit $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$).

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$$

Die Lichtausbeute hängt von der Art und der Leistungsaufnahme einer Lampe stark ab.



Vergleich der Lichtausbeute verschiedener Lampen

● Beleuchtungsstärke

Die Beleuchtungsstärke ist der auf eine Fläche auftreffende Lichtstrom

(Formelzeichen E , Einheit $\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{lx}$ [Lux]).

1 Lux ist dann erreicht, wenn der Lichtstrom 1 Lumen auf eine Fläche von 1 m^2 fällt. Die Beleuchtungsstärke, die mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, wird mit dem Beleuchtungsmesser (Luxmeter) gemessen.

Die Beleuchtungsstärke ist ein wichtiges Kriterium für die Bewertung des Beleuchtungsniveaus auf einem Arbeitsplatz oder in einem ganzen Raum. Dabei müßte dann noch der Leuchtenwirkungsgrad ($\eta_L = \frac{\Phi_{\text{Leuchte}}}{\Phi_{\text{Lampe}}}$, in der Praxis 0,6 bis 0,75) bzw. der Beleuchtungswirkungsgrad ($\eta_B = \eta_L \cdot \eta_{\text{Raumwirkungsgrad}}$; in der Praxis von den Raumverhältnissen abhängig) berücksichtigt werden.

$$E = \frac{\Phi}{A} \cdot \eta_B \quad \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right]$$

Beispiele für vorkommende Beleuchtungsstärken:

Sonniger Sommertag im Freien:	100 000 lx
Bedeckter Himmel im Sommer:	20 000 lx
Arbeitsräume mit sehr hohen Ansprüchen (Zeichenräume, Labors, Werkstätten mit hochwertiger Feinarbeit):	1 000 lx
Arbeitsräume mit mittelhohen Ansprüchen (Büros, Unterrichtsräume, Werkstätten mit Feinarbeit, Schalterhallen):	500 lx
Arbeitsräume mit mäßigen Ansprüchen (Sanitärräume, Kantinen, Werkstätten für Grobarbeit):	250 lx
Gute Straßenbeleuchtung:	20...40 lx
Vollmondnacht:	0,25 lx
Klare Neumondnacht (Sternenlicht):	0,01 lx

Weitere Begriffe der Lichttechnik:

Reflexion ist das Rückstrahlungsvermögen einer Fläche. Der Reflexionsgrad gibt das reflektierte Licht einer angestrahlten Fläche in % an (Beispiele: Spiegel 90-94 %, Farbanstrich weiß 80 %, schwarzer Samt 3 %).

Blendung tritt bei zu großer Leuchtdichte (Helligkeit) einer Fläche auf. Sie entsteht durch Leuchten (direkte Blendung) oder durch Reflexe auf glänzenden Flächen (Reflexblendung).

Lichtverteilung von Lampen und Leuchten wird durch ihre Ausführung bestimmt (Lichtverteilungskurven).

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. 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 %.

5.15.2 Lichterzeugung

Licht läßt sich mit Hilfe des elektrischen Stroms auf folgende Arten erzeugen:

- Durch Erhitzen eines dünnen Metall- oder Kohlefadens; dazu zählen die Glühlampen (sogen. Temperaturstrahler).
- Durch Entladungsvorgänge in Gasen und Metaldämpfen und Strahlungsumwandlung in Leuchtstoffen; dazu zählen z. B. Leuchtstofflampen,

Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, Natriumdampf-Niederdruck- und -Hochdrucklampen, Leuchtröhren, Metalldampflampen, Xenonlampen usw. (sogen. Luminizenstrahler).

5.15.3 Glühlampen

5.15.3.1 Allgebrauchs-Glühlampen

● Aufbau

Glühlampen bestehen aus einem Glaskolben (innenmattiert oder klar), einem Sockel und aus einem dünnen Glühfaden aus Metall (früher auch Kohle), der an zwei Elektroden befestigt ist. Das Innere des Glaskolbens ist leergepumpt bzw. mit Stickstoff und Edelgasen, wie Argon oder Krypton gefüllt (Glühfaden würde in Luft verbrennen). Der Glühfaden hat nur einen Durchmesser von

etwa $\frac{1}{100}$ mm.

Die **Fassungen** sind **genormt** als

- Schraubfassungen (z. B. E 14, E 27)
- Bajonettfassungen (z. B. B 15 s, B 15 d für Kfz).

Gängige Glühlampengrößen sind: 25 W, 40 W, 60 W, 100 W, 150 W, 200 W.

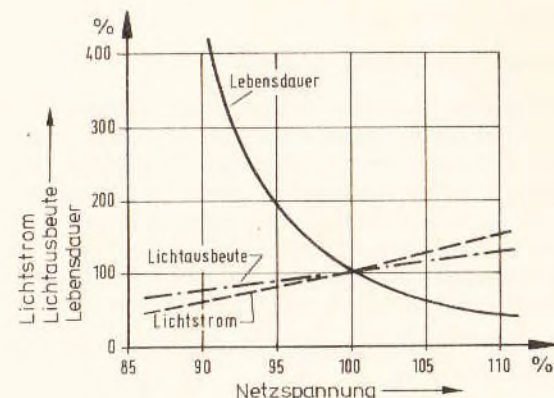
● Wirkungsweise und Betriebsverhalten

Die Lichtausbeute eines stromdurchflossenen Glühfadens ist umso größer, je höher seine Temperatur ist. Hohe Temperaturen sind mit Drähten aus schwerschmelzenden Metallen, wie Osmium, Tantal und vor allem Wolfram möglich. Der Schmelzpunkt von Wolfram liegt bei knapp 3700 K, die Glühtemperatur kann bis ca. 3000 K steigen. Um eine hohe Temperatur und damit hohe Lichtausbeute zu erzielen, wird der Wolframdraht gewendelt (Einfachwendel, Doppelwendel).

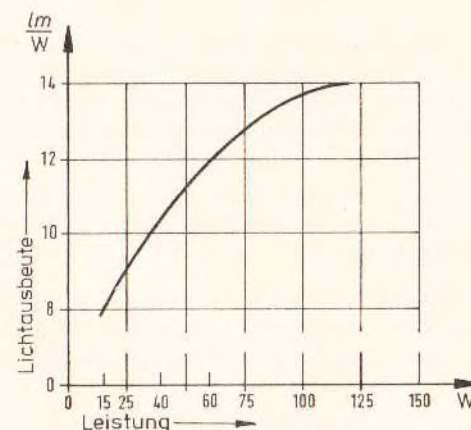
Die **Betriebsspannung** hat einen unmittelbaren Einfluß auf **Lichtstrom**, **Lichtausbeute** und **Lebensdauer**. Die durchschnittliche Lebensdauer einer Allgebrauchslampe beträgt **1000 Brennstunden**. Die Glühlampe ist gegen Überspannungen sehr empfindlich. 5 % Überspannung bringen knapp 20 % höhere Lichtausbeute, setzen die Lebensdauer aber auf die Hälfte herab. Genau umgekehrt ist der Betrieb mit 5 % Unterspannung, d. h. ca 20 % geringere Lichtausbeute und doppelte Lebensdauer (s. Abb. Einfluß der Betriebsspannung).

Die Lichtausbeute wächst aber auch

- mit größer werdender Leistungsaufnahme (s. Abb. Lichtausbeute von Glühlampen) und
- mit geringer werdender Nennspannung bei gleicher Nennleistung ($\eta_{12\text{-V-Lampe}} > \eta_{220\text{-V-Lampe}}$).



Einfluß der Betriebsspannung



Lichtausbeute von Glühlampen

● Verwendungsbereich, Vorteile und Nachteile

Die Glühlampe wird universell in Wohnhäusern, Hotels, Fahrzeugen, Taschenlampen usw. verwendet.

Vorteile: Handlich, billig, warme Lichtfarbe, schaltunempfindlich, einfache Betriebsweise und Helligkeitssteuerung.

Nachteile: Nur bis etwa 10 % der aufgenommenen Energie werden in Licht umgewandelt (d. h. 90 % Wärmestrahlung), niedrige Lebensdauer.

5.15.3.2 Halogen-Glühlampen

● Wirkungsweise und Betriebsverhalten

Der Halogen-Glühlampe wird im Füllgas eine bestimmte Menge eines Halogens (Jod oder Brom) beigegeben. Diese Zusätze bewirken einen Kreisprozeß. Sie verbinden sich bei Temperaturen zwischen 500 und 1700 K mit dem von der Wendel verdampften Wolfram zu **Wolframjodid** bzw. **Wolframbromid**. Da dieses Wolframjodid durch Konvektion wieder in den Bereich der glühenden Wendel gelangt, wird es dort in Wolfram und Jod zerlegt. Das Wolfram schlägt sich auf den Glühfaden nieder, und das Halogen steht für den **Kreisprozeß** erneut zur Verfügung.

Der Kolben besteht aus Quarz- oder Hartglas. Die mittlere **Lebensdauer** beträgt **2000 Brennstunden**.

● Verwendungsbereich, Vorteile und Nachteile

Verkaufsräume, Schaufenster, Baustellen, Flutlichtanlagen, Folien-, Dia- und Filmprojektion, Autoscheinwerfer.

Vorteile: Geringe Abmessungen (Miniaturisierung), gesteigerte Lichtausbeute gegenüber Normalglühlampen (1000-W-Lampen: 22 lm/W gegen 18,8 lm/W) durch höheren inneren Gasdruck und damit höhere Belastung, höhere Leuchtdichte, keine Schwärzung des Glaskolbens und damit konstanter Lichtstrom während der Lebensdauer.

Nachteile: Höherer Preis, Helligkeitssteuerung nur begrenzt möglich.

5.15.4 Gasentladungslampen

Gasentladung tritt beim Stromdurchgang durch Gase auf. Dabei wird Strahlung abgegeben. Die Lichtfarbe hängt vom Füllgas oder Metaldampf ab. Zum Beispiel liefert Neon **rotes** Licht, Quecksilberdampf **bläuliches** Licht, Natriumdampf **gelbes** Licht.

Zum Aufleuchten einer Entladungslampe ist eine Zündspannung erforderlich.

5.15.4.1 Leuchtstofflampen

● Aufbau

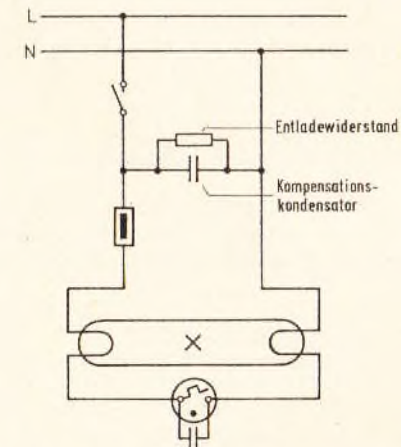
Das langgestreckte oder gekrümmte Glasrohr hat an den Enden je einen aufgekitteten Sockel, aus dem 2 Stifte herausgeführt sind. Mit diesen Stiften sind im Innern des Entladungsrohrfußes je eine Elektrode aus Wolframdraht (Doppelwendel) leitend verbunden. Die Wendel ist mit einem Metalloxid, z. B. Bariumoxid beschichtet, um den Elektronenaustritt zu begünstigen. Das Glasrohr enthält eine Füllung aus Quecksilberdampf und Argon unter geringem Druck (Argon erleichtert die Zündung). Es ist außerdem an der Innenwand eine Leuchtstoffschicht aufgetragen. Als Leuchtstoffe werden Silikate, Wolframate und Phosphate verwendet. Diese haben die Aufgabe, die zu rund 90 % produzierte unsichtbare Ultraviolett-Strahlung in sichtbares Licht umzuwandeln. Man nennt diesen Vorgang auch Fluoreszenz.

Leuchtstofflampen gibt es als gängige Größen für 20 W, 32 W, 40 W, 65 W.

● Grundsicherung der Leuchtstofflampe

Zur Grundsicherung einer Leuchtstofflampe gehören ein induktives **Vorschaltgerät** (Drosselspule) und ein **Starter** (Glimmzünder, Glühstarter, elektromagn. Schnellstarter). Der meistens verwendete Glimmzünder enthält zwei Elektroden (eine davon aus Thermobimetall) und ein Edelgas (Neon) unter geringem Druck. Die Elektroden sind durch einen Funkentstörkondensator überbrückt.

Der hinzugeschaltete Kompensations-Kondensator bewirkt eine Verbesserung des Leistungsfaktors $\cos \varphi$ (s. Abschn. Schaltung von Leuchtstofflampen).



Grundsicherung einer Leuchtstofflampe

● Wirkungsweise

Die zum Zünden notwendige **Zündspannung** wird durch die vorgeschaltete Drosselspule in Verbindung mit dem Starter erzeugt.

Beim Einschalten fließt zunächst ein geringer Strom über die Drosselspule, die beiden Elektroden und den Glühzylinder. Ab etwa 160 V findet im Starter eine Glühentladung statt, die den Bimetallstreifen erwärmt. Der Bimetallstreifen biegt sich durch und schließt den Stromkreis. Durch die Drosselspule fließt jetzt ein stärkerer Strom, der ein starkes Magnetfeld aufbaut und die Lampenelektroden kräftig vorheizt. Da die Bimetallelektrode im Starter nicht mehr erwärmt wird, öffnet sie den Heizstromkreis. Die Unterbrechung des Stromkreises hat durch die Selbstinduktion der Drosselspule einen Spannungsstoß bis zu 1000 V zur Folge, der die Lampe zündet. Das Vorschaltgerät arbeitet im Betrieb als Begrenzungswiderstand, so daß die Brennspannung der Lampe nur noch rund 100 V beträgt. Bei dieser Spannung kann der Starter nicht wieder zünden.

● Betriebsverhalten

Die **Lichtausbeute** ist je nach Lichtfarbe und Lampengröße etwa **3 bis 6 mal** so groß wie bei Glühlampen. Der Lichtstrom ist bei Raumtemperatur am größten. Er kann bei höheren und besonders bei niedrigeren Temperaturen merklich absinken (in diesem Fall geschlossene Leuchten verwenden).

Die mittlere **Lebensdauer** liegt bei **7500 Stunden**. Häufiges Schalten setzt diese jedoch herab. Gegen Spannungsschwankungen im Netz ist die Leuchtstofflampe jedoch recht unempfindlich. Die Betriebstemperatur ist niedrig.

Es gibt eine breite Palette von **Lichtfarben**, die Einfluß auf die Lichtausbeute haben. Hellweiß und Warmton haben eine hohe Lichtausbeute, Warmton de Luxe und Weiß de Luxe eine geringere Lichtausbeute, aber bessere **Farbwiedergabe**. Eine günstige Kombination ist universalweiß.

● Verwendungsbereich, Vorteile und Nachteile

Leuchtstofflampen werden als Lichtquellen neben Glühlampen am meisten verwendet. Sie werden in Haushalten, Geschäften, Büros, Lehrsälen, Werkstätten, Labors, Fabriken, Sporthallen, Fernsprechkästen usw. universell eingesetzt.

Vorteile: Lange Lebensdauer, große Lichtausbeute, unterschiedliche Lichtfarben, keine Blendung, unempfindlich bei Spannungsschwankungen.

Nachteile: Höherer Preis, Absinken der Lichtausbeute bei niedrigen und hohen Temperaturen, empfindlich gegen häufiges Schalten, Beschränkungen hinsichtlich der Lampenformen (neuerdings gibt es allerdings glühlampenähnliche Formen für E 27-Fassungen).

5.15.4.2 Schaltung von Leuchtstofflampen

● Stroboskopischer Effekt

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 Stillstandes erwecken. Unfälle an Schleifmaschinen, Drehbänken und anderen Maschinen sind die Folgen dieses stroboskopischen Effekts. Die Duo-Schaltung und die Drehstromschaltung vermindern diesen Effekt.

● Kompensation

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** ($\cos \varphi$) 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 Kunden, 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 μF
32-W-Lampe	4,5 μF
40-W-Lampe	4,5 μF
65-W-Lampe	7 μF

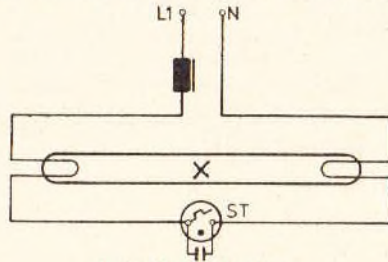
Eine andere Möglichkeit der Kompensation ergibt sich durch Verwendung von je 50 % Leuchtstofflampen mit induktiven und 50 % mit kapazitiven Vorschaltgeräten. Bei der **kapazitiven Schaltung** liegt die Drosselspule in Reihe mit einem Kondensator, womit der kapazitive Blindstrom erreicht wird. Die Blindströme 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.

● Schaltungen mit Starter

Diese Schaltungen sind die gebräuchlichsten Schaltungen, die sich durch ihren einfachen Aufbau und ihre hohe Betriebssicherheit auszeichnen. Dabei sind folgende Schaltungsarten zu unterscheiden:

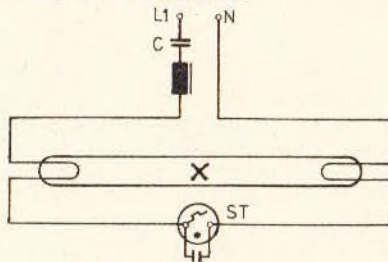
– Induktive Schaltung

Es handelt sich hierbei um die Grundschiung (Drosselschaltung).



Induktive Schaltung

– Kapazitive Schaltung

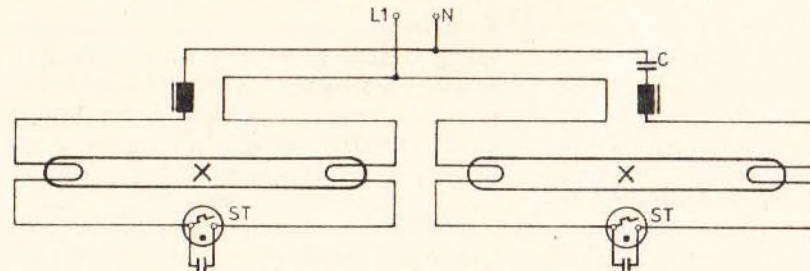


Kapazitive Schaltung

Bei der **kapazitiven Schaltung** ist in Reihe zur Drosselspule ein Kondensator C geschaltet. Er ist so bemessen, daß sich ein $\cos \varphi$ von 0,5 kapazitiv ergibt. Durch Kombination mit induktiv geschalteten Lampen ergibt sich ein $\cos \varphi$ von annähernd gleich 1.

– Duoschaltung

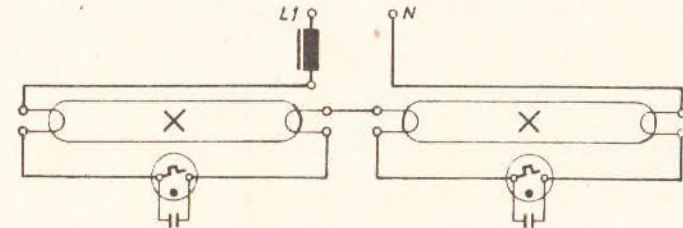
Die **Duo-Schaltung** kombiniert die induktive und die kapazitive Schaltung in einer Leuchte. Induktiver und kapazitiver Blindstrom heben sich dabei ungefähr auf, so daß ein $\cos \varphi$ von ungefähr 1 erzielt wird. Wegen der Phasenverschiebung hat die eine Lampe dann ihre größte Helligkeit, wenn die andere Lampe ihren Nulldurchgang hat.



Duo-Schaltung

– Tandemschaltung

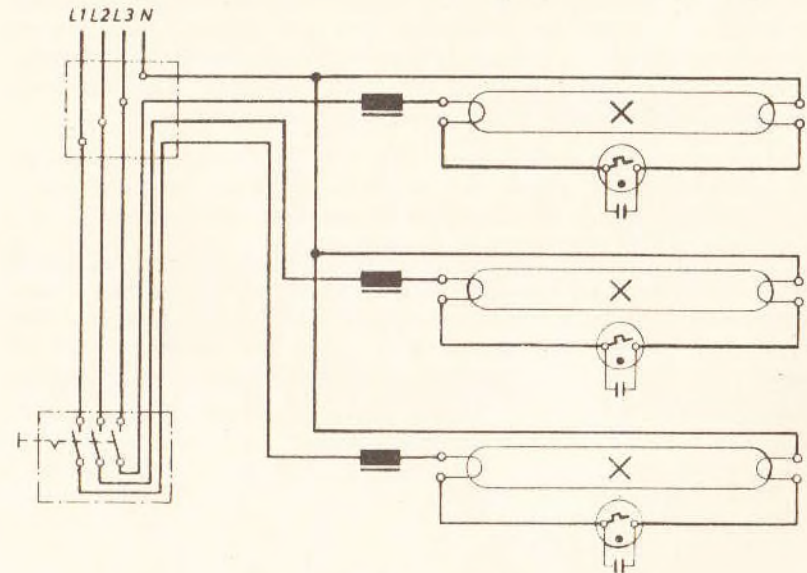
Bei der Tandemschaltung sind 2 Leuchtstofflampen mit einem gemeinsamen Vorschaltgerät in Reihe geschaltet. Jede Lampe braucht jedoch ihren eigenen Starter. Tandemschaltungen gibt es nur für bestimmte Lampenleistungen (z. B. 4 W, 6 W, 8 W, 15 W, 20 W). Der stroboskopische Effekt bleibt bei dieser Schaltung bestehen.



Tandemschaltung

– Drehstromschaltung

Die Anzahl der Leuchtstofflampen wird in 3 Gruppen aufgeteilt und so an die 3 Außenleiter gelegt. Störende Flimmererscheinungen können praktisch nicht auftreten, da die 3 Ströme des Drehstroms phasenverschoben sind. Man kann auch Lampen in Duoschaltung jeweils an die einzelnen Außenleiter legen (hoher Leistungsfaktor).



Drehstromschaltung

● 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 **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 $\cos \varphi$ von ca. 0,5 kapazitiv erreicht wird.

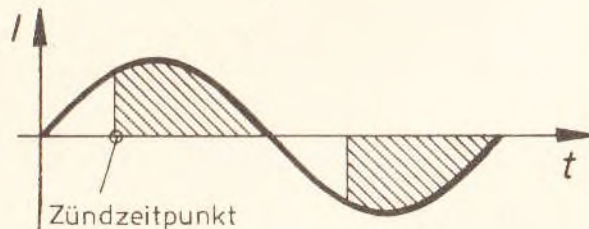
Die **Duo-Rapid-Start-Schaltung** hat eine induktive und kapazitive Schaltung, die über einen gemeinsamen Heiztransformator zur Duo-Schaltung kombiniert ist. Für $\cos \varphi$ ergibt sich ein Wert von ca. 1.

● Schaltungen für Lichtsteuerung

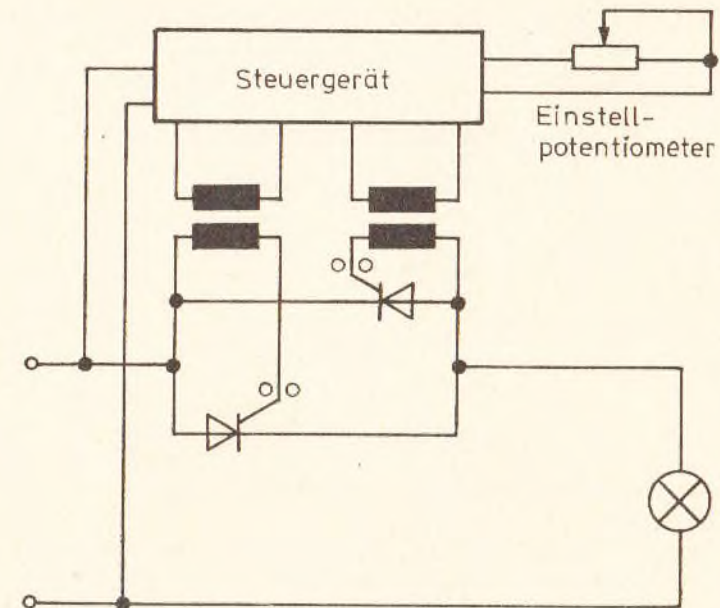
Mit der **Spannungssteuerung** wird über einen Stelltransformator die Betriebsspannung der Lampe verändert. Damit verändern sich auch der Strom und der Lichtstrom der Lampe. Bei Glühlampen wird der Lichtstrom bei 12 % der Nennspannung Null. Für Leuchtstofflampen, die bereits bei einer Betriebsspannung 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.

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. Die Abb. „Anschnittsteuerung“ zeigt den Verlauf der Sinuslinie bei der Anschnittsteuerung mit dem Zündzeitpunkt.



Anschnittsteuerung



Schaltung für Anschnittsteuerung von Glühlampen

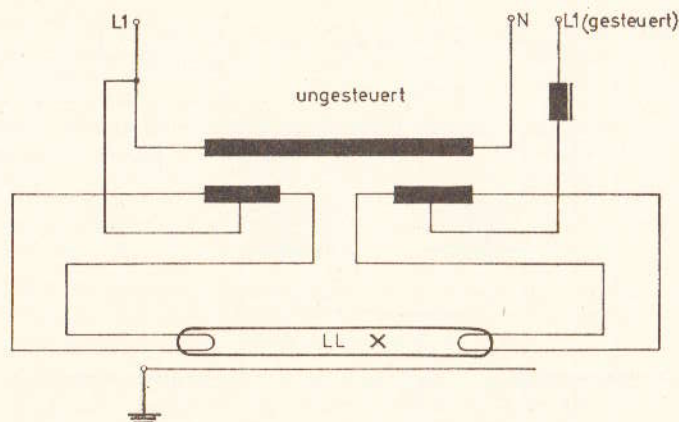
Über ein mit Transistoren geschaltetes Steuergerät kann über zwei Übertrager der Zündzeitpunkt der Thyristoren verändert werden. Durch die gegeneinander geschalteten Thyristoren kann sowohl die positive wie die negative Halbwelle an jeder beliebigen Stelle angeschnitten werden. Der Lichtstrom der Lampe ist also abhängig vom verbleibenden Strom des Phasenanschnitts. Die Transistoren werden über veränderliche Gleichspannung gesteuert.

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. Da die Lampentypen untereinander verschiedene Steuereigenschaften ergeben, sollen nur jeweils Leuchten gleicher Leistung und desselben Typs verwendet werden.

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 Schalterdose unterbringen.

Der Dimmer für Glühlampen hat eine andere Schaltung als der für Niederspannungs-Leuchtstofflampen.



Schaltung für Anschnittsteuerung von NL-Lampen

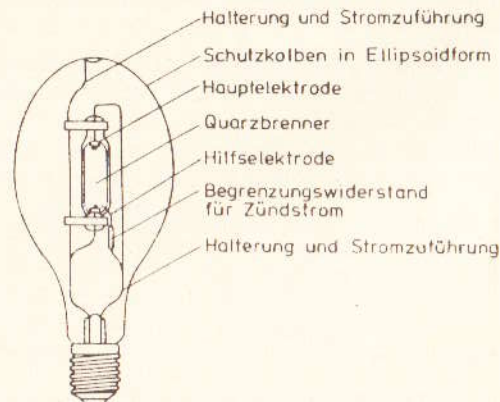
5.15.4.3 Quecksilberdampf-Hochdrucklampen

● Aufbau

Der ellipsenförmige Kolben enthält ein Entladungsrohr aus Quarz- oder Hartglas. Im Entladungsrohr sind zwei Hauptelektroden, die mit dem Schraubsockel verbunden sind und ein bis zwei in unmittelbarer Nähe liegende Hilfselektroden. Hauptelektrode und jeweils gegenüberliegende Hilfselektrode sind durch hochohmige Schutzwiderstände verbunden.

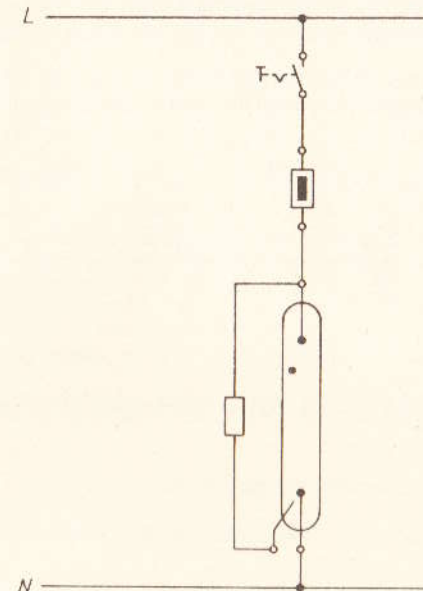
Das Entladungsrohr enthält Quecksilber und Argon (zum Einleiten der Zündung). Zwischen Entladungsrohr und Außenkolben befindet sich Stickstoff, das zur Kühlung notwendig ist. Die Innenseite des Außenkolbens ist mit einem Leuchtstoff beschichtet.

Quecksilberdampf-Hochdrucklampen gibt es für 35 W, 50 W, 80 W, 125 W, 250 W, 400 W, 700 W, 1000 W, 2000 W. Als **Vorschaltgerät** dient eine Drosselspule.



Aufbau der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

● Schaltung der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe



● Wirkungsweise und Betriebsverhalten

Die **Zündung** wird beim Anschließen durch eine Glimmentladung eingeleitet, wobei durch den in Reihe zur Hilfselektrode geschalteten Schutzwiderstand der Strom begrenzt wird. Die Hilfselektrode senkt die Spannung auf 180 V, so daß die Lampe bei 220 V sicher zündet. Nach kurzer Zeit greift der Entladungsvorgang auf das ganze Entladungsrohr über, wobei das Quecksilber verdampft. Die dabei entstehende starke UV-Strahlung wird durch die Leuchtstoffschicht im Innern des Außenkolbens in sichtbares Licht umgewandelt. Nach einer Einbrennzeit von 3 bis 5 min ist der volle Lichtstrom erreicht. Ein erneutes Zünden ist erst nach Abkühlung der Lampe möglich.

Die **Lichtausbeute** der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe ist etwa **3 bis 5 mal** so groß wie bei einer Glühlampe (30...65 lm/W).

Die mittlere **Lebensdauer** beträgt **6000 Brennstunden**. Die **Lichtfarbe** ist **bläulich-weiß** (keine echte Farbwiedergabe).

● Verwendungsbereich

Verkehrs- und Industrieanlagen, Bau- und Sportplätze, Gebäudeanstrahlung.

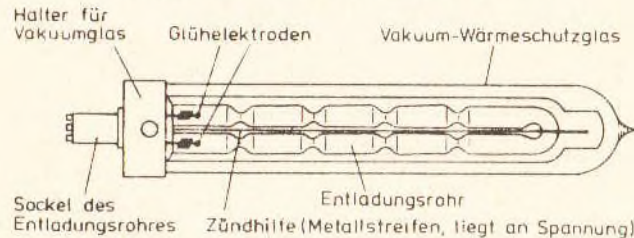
5.15.4.4 Natriumdampf-Niederdrucklampen

● Aufbau

Ein U-förmig gebogenes Entladungsgefäß, das Natrium und Neon enthält,

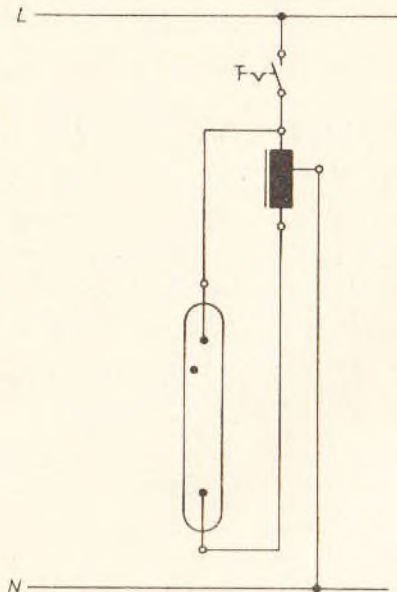
befindet sich in einem doppelwandigen, luftleeren Wärmeschutzgefäß. Die beiden in das Entladungsgefäß hineinragenden Elektroden sind mit einem Bajonettsockel verbunden.

Natriumdampf-Niederdrucklampen gibt es für 18 W, 35 W, 55 W, 90 W, 135 W, 180 W. Als **Vorschaltgerät** dient ein Streufeldtransformator.



Aufbau einer Natriumdampf-Hochdrucklampe

● Schaltung der Natriumdampf-Niederdrucklampe



● Wirkungsweise und Betriebsverhalten

Die Zündung wird durch das Neon erleichtert. Die hohe Zündspannung von etwa 470 V liefert der Streufeldtransformator, der die Betriebsspannung auf 400 V begrenzt. Nach der Zündung erzeugt die Edelgasentladung Wärme,

wodurch das zunächst feste Natrium teilweise verdampft. Der volle Lichtstrom wird dadurch erst nach einer Einbrennzeit von 5 bis 10 min erreicht. Für einen ungestörten Betrieb benötigt die Lampe eine Betriebstemperatur von mindestens 500 K.

Die **Lichtausbeute** ist mehr als **6mal** so groß wie bei einer Glühlampe (80...180 lm/W; damit höchste Lichtausbeute aller Lampen).

Die mittlere **Lebensdauer** beträgt **7500 Brennstunden**. Die **Lichtfarbe** ist **intensiv gelb** (sogen. monochromatisches Licht). Die Strahlung liegt in dem Teil des Spektrums, in dem das Auge seine größte Empfindlichkeit hat; d. h. gute Kontrastwirkung.

● Verwendungsbereich

Verkehrsstraßen, Kreuzungen, Häfen, Schleusen, Baugelände, Gebäudeanstrahlung.

5.15.4.5 Natriumdampf-Hochdrucklampen

Natriumdampf-Hochdrucklampen sind kompakte Lichtquellen hoher Leuchtdichte mit Leistungen von 50 bis 1000 W. Bei einem Betriebsdruck von 5...50 bar entwickelt die Lampe eine Lichtausbeute bis zu 130 lm/W. Die Lebensdauer liegt bei etwa 8000 Stunden. Die Lichtfarbe ist gelblich, die Farbwiedergabe ist aber besser als bei der Natriumdampf-Niederdrucklampe. Verwendet wird die Hochdrucklampe für Außenanlagen des Verkehrs, der Industrie und für Innenanlagen der Großindustrie.

5.15.4.6 Hochspannungs-Leuchtröhren

Leuchtröhren und Leuchtstoffröhren sind mit Edelgas oder Quecksilberdampf gefüllt und werden mit Hochspannung (Mittelspg.) betrieben. Die Leuchtröhren werden individuell mit Bögen nach Angaben des Bestellers angefertigt.

Die benötigte Hochspannung von 7,5 kV liefert ein Streufeldtransformator, der während des Betriebes als Strombegrenzer dient. Der Betriebsspannungsbedarf ist abhängig von der Gasfüllung und dem Rohrdurchmesser und liegt je Rohrmeter bei 300 bis 1000 V. Die Lampe zündet beim Einschalten sofort.

Die Lebensdauer beträgt mehr als 10000 Brennstunden. Die Lichtfarbe kann sehr verschieden sein; sie richtet sich nach der Gasfüllung, Leuchtschicht und Glasfarbe.

Leuchtröhren und Leuchtstoffröhren werden für Lichtwerbung, Effektbeleuchtung und auch für Innenbeleuchtung verwendet.

5.15.5 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.

Schutzklasse II (zwei Quadrate ineinander):

Leuchten mit Schutzisolierung.

Schutzklasse III (auf der Spitze stehendes Quadrat mit III):

Leuchten für Betrieb mit Schutzkleinspannung (max. 42 V).

Nach VDE 0710 werden die Leuchten auch nach **Schutzarten** unterteilt (s. Abschnitt 3.6 „Schutzarten elektrischer Betriebsmittel“).

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.

Die **Planung beleuchtungstechnischer Anlagen** 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. In Arbeitsräumen mit festgelegten Arbeitsplätzen (z. B. Schreib-, Zeichentischen) kann auch noch eine zusätzliche **Einzelplatzbeleuchtung** erforderlich werden.

Zur Lernerfolgssicherung

- Was versteht man unter dem Begriff Lichtausbeute?
- Auf welche Arten läßt sich Licht erzeugen?
- In welchem Zusammenhang stehen bei einer Glühlampe Betriebsspannung, Lebensdauer und Lichtausbeute?
- Welche Vorteile hat die Halogen-Glühlampe gegenüber der Normal-Glühlampe?
- Welche Lampe hat die größte Lichtausbeute?
- Erläutern Sie die Wirkungsweise einer Leuchtstofflampe!
- Durch welche Schaltungsart läßt sich der Flimmereffekt bei Leuchtstofflampen vermindern?

6 Planungsbeispiel für eine Wohnung

6.1 Planungsgrundsätze

6.1.1 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 5.8 ausführlich erläutert. Die erforderlichen Maßnahmen zur Herstellung des Potentialausgleichs nach VDE 0190 und des Fundamentterders sind unter Ziffer 3.4.3 und der Potentialausgleich in Baderäumen im Abschnitt 5.2.1 erläutert. Die Hinweise für die Verlegung der Leitungen und die Hinweise entsprechend der Raumart sind im Abschnitt 5.2.1 zu finden. Die Lage der Schalter, Steckdosen, Geräteanschlußdosen usw. sind ebenfalls aus Abschnitt 5.2.1 Abb. „Leitungsführung in einem Wohnraum“ 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 zukunftsicheren 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) **Merkblätter** 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, Anlagen-teile 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, für den

Planer sind Alternativen besser deutlich zu machen, und die Planung ist daher erleichtert. Eine Zusammenstellung der Anforderungen ist der Tabelle „Planungsblatt für Elektro-Installation“ 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 6.2 eingegangen.

Eine weitere Planungshilfe sind die in der Tabelle 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.

6.1.2 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.

IB**Bewertung****Elektroinstallation im Wohnungsbau****Zusammenstellung der Anforderungen an die Elektro-Installation****HEA**

SCHWACHSTROMANLAGEN												
Klingel- u. Haus- sprechanlage		Fernsprech- anlage		Antennen- anlage		Wohnungsstrom- kreisverteiler		Licht-/Steckdosen- stromkreis		Gerätestrom- kreis		
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	
3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	
Gegensprechanlage												

STARKSTROMANLAGEN																							
Grundwert		Wohnzimmer ohne Eßplatz mit Eßplatz		Separater Eßplatz		Küche ohne Imbißplatz mit Imbißplatz		Kochnische		2-Bett-Zimmer (Eltern, Kinder)		1-Bett-Zimmer		B a d		W C		Hausarbeitsraum ohne Wasseranschluß mit Wasseranschluß		Flur/Diele		Freisitz	
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	3									
1	2	3	1	2	3	2	1	1	2	1	2	2	1	-									
2	4	5	2	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	1									
3	6	7	3	4	5	-	5	3	4	3	4	4	4	4									
Anmerkung: 1) Die Anzahl der Steckdosen für den gewöhnlichen Standard brennbarer auch Leuchtdecken 2) Steckdosen je Freisitz 3) Davon 1 Ausfall für infra-Strahler 4) Bei Elektro-Heißwasserbereitung erhöht sich die Anzahl der Gerätestromkreise entsprechend 5) Sofern ein sep. Eßplatz und/oder Hausarbeitsraum vorhanden ist, erhöht sich die Anzahl der Licht-/Steckdosenstromkreise entsprechend 6) Die Nebenräume haben in der Regel keinen eigenen Licht-/Steckdosenstromkreis, sondern werden mit dem angrenzenden Licht-/Steckdosenstromkreis eines Aufenthaltsraumes zusammengeordnet. 7) Eine Teilungseinheit ist die Breite eines Sicherungsstromkreises = 17,6 mm 8) Im Erdgeschoss auch innerhalb der Zählerabgänge 9) Die Anordnung von Auslässen in allen Individualräumen berücksichtigt die Möglichkeit eines Nutzungsausfalls. Voraussetzung ist allerdings eine funktionstüchtige Benennung der Räume. 10) Bei separaten Eßplatz und/oder Hausarbeitsraum zusätzlich der An- schluß entsprechend der An- schlüsse entsprechend.																							
Haushaltsgröße/Anzahl der Personen																							
1 2 3 4 5 6																							
Anzahl der Stromkreise																							
1 2 3 4 5 6																							
Bei 2-6-Personen-Wohnungen bei die dargestellte Bewertung mit den Grundwerten 0, 1, 2, 3 Für 7-Personen-Wohnungen ist der Grundwert 2 auf 3 zu erhöhen. Bei 8-Personen-Wohnungen ist der Grundwert 3 auf 4 zu erhöhen. Der Anrechnung des Wohnungs-Stromkreis-Verhältnisses wird voraus, daß die Wohnungs- zählung eine Leistung von 30 kVA über- tragen kann.																							
Anzahl der Anschlüsse																							
1 2 3 4 5 6 7																							

ROMANLAGEN

Elektro- installation		Grundwert		Wohnzimmer		Separater Eßplatz		Küche		Kochnische		2-Bett-Zimmer (Eltern, Kinder)		1-Bett-Zimmer		B a d		W C		Hausarbeitsraum		Flur/Diele		Freisitz	
		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾		Steckdose ¹⁾	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2														

Anschlußwerte elektrischer Geräte

Gerätebezeichnung	Anschlußwerte in Watt	
	Mittelwert	Höchstwert
Alleßschneider	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
Entsafter	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, NYY 10 mm² oder verzinktem Stahl mit 8 mm $\varnothing$ 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 Funkstörungenmeßstelle kostenlos erfragen.

6.1.3 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-, Haussprech-, 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.

6.1.4 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 Schütz 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. Planungs-einzelheiten 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 Einzelempfangsgeräte 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.

6.1.5 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 Blitzschutzterder mitverwendet werden. Bei der Errichtung einer Blitzschutzanlage sind besondere Anschlußfahnen vom Fundamenterder an den Hausecken hochgeführt empfehlenswert.

6.1.6 Vorgehensweise bei der Elektroplanung

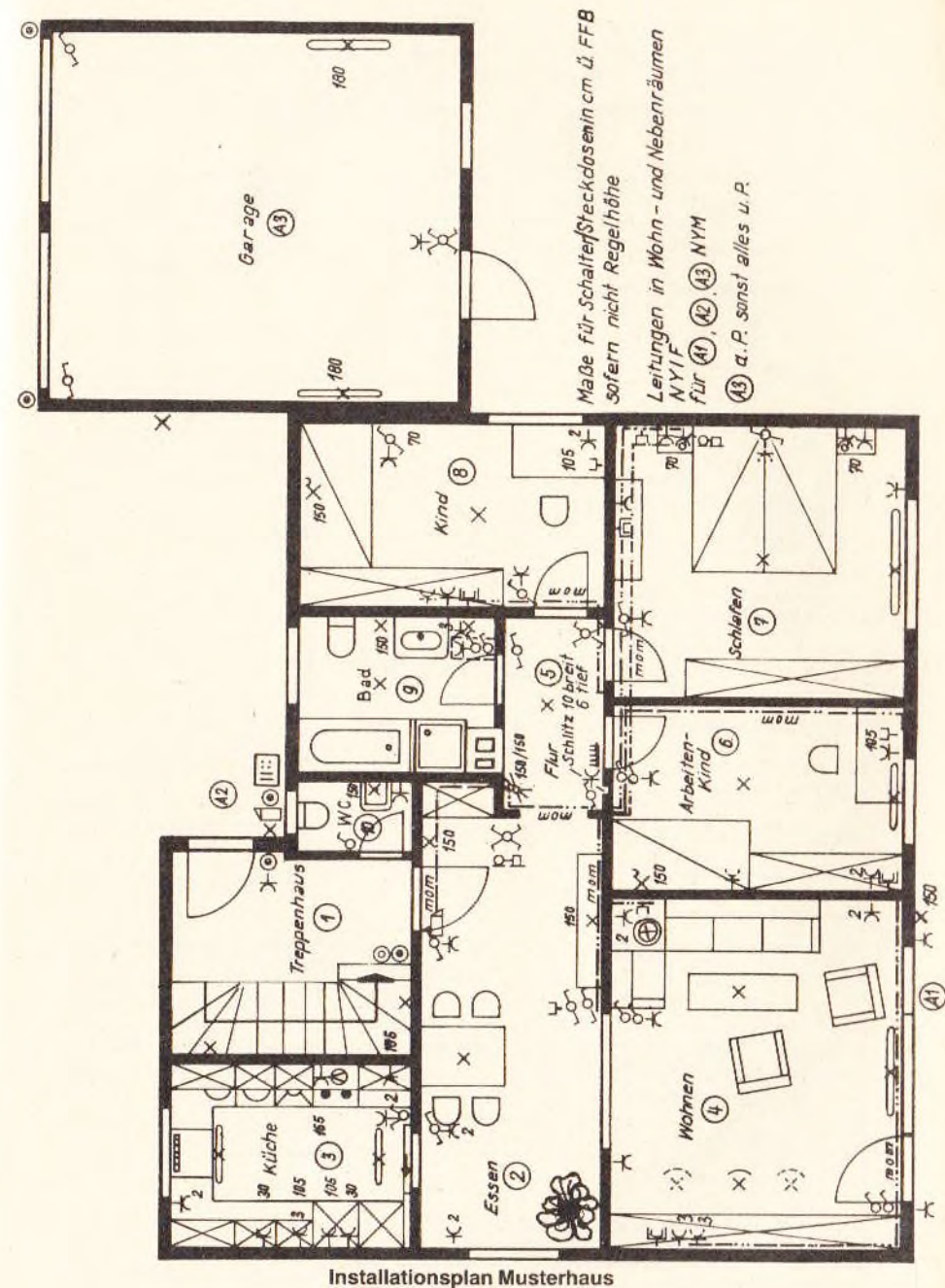
Die Elektroinstallation wird in Form des **Installationsplans** in die sogenannten Werkpläne für das Gebäude eingezeichnet. Werkpläne sind Grundrißpläne im Maßstab 1 : 50. Für die Planung der Elektroinstallation ist das Einzeichnen der

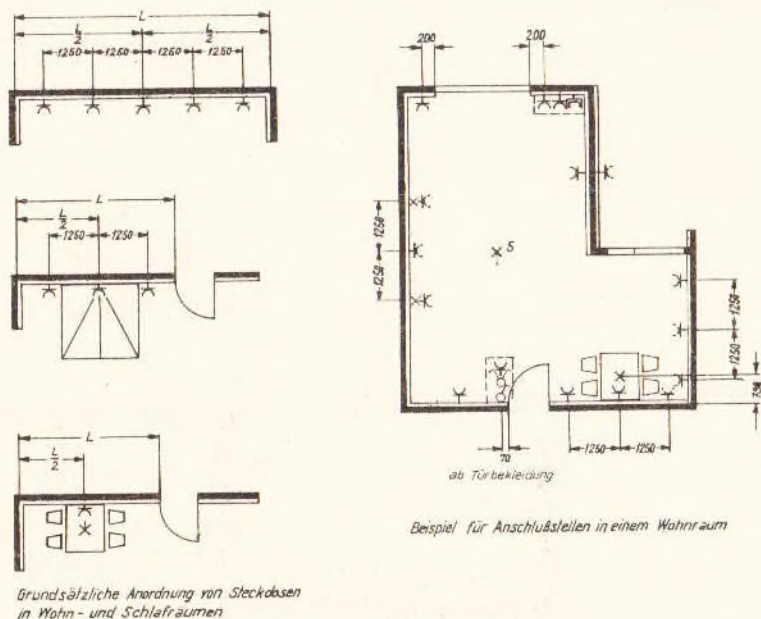
Möbel und sonstigen Einrichtungsgegenstände zweckmäßig. Darüber hinaus sollten bei solchen Überlegungen auch andere Anordnungen der **Möbel**, die bei einer späteren Umstellung oder Änderung der Raumnutzung möglich sind, für Elektroinstallation mit berücksichtigt werden. Bei der Planung wird in der Regel vom Verbrauchsmittel ausgehend geplant. Liegen die Verbraucher und Steckdosen fest, können anhand Tabelle „Planungsblatt für Elektro-Installation“ 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.

6.2 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. „Anordnungen von Steckdosen und Schaltern“. Die Höhen sind aus Abschnitt 5.2.1 ersichtlich.





Anordnung von Steckdosen und Schaltern

6.2.1 Erdgeschoß

Bei den folgenden Übersichten ist der „Installationsplan Musterhaus“ 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

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 Arbeitsfläche 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
Beleuchtungsanschlüsse	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, Strahlerschiene 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 Wohnraumbeleuchtung (insbesondere, wenn als Fenster eine Hebe-/Schiebe-Anlage eingebaut ist) und ein weiterer Schalter neben der Sitzgarnitur. Dimmer anstelle von Lichtschaltern für die Wohnraumbeleuchtung, weitere Steckdosen am Durchgang zum EB-zimmer.

Raum A 1, Terrasse:**Übersicht**

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	beim Wohnzimmer		
Gerätestromkreise	–	–	–
Steckdosen	2	2	2
Beleuchtungsanschlüsse	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: Raumbelichtung (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
Beleuchtungsanschlüsse	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.

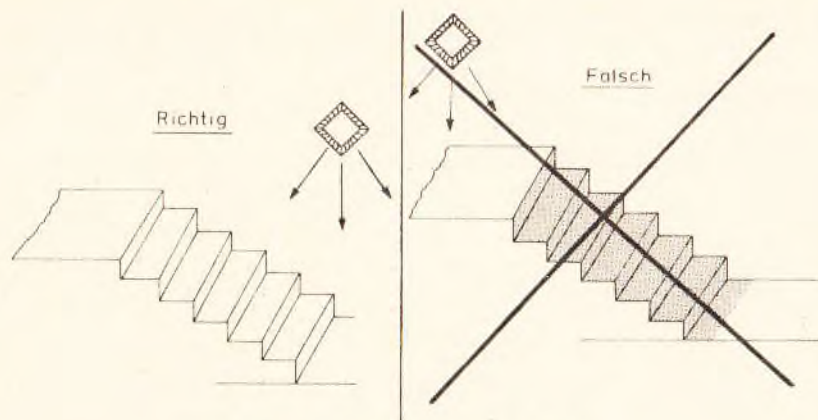
Raum 10, WC:**Übersicht**

	Wohnraumkennziffer Elektroinstallation		Im Beispiel vorhanden
	2	3	
Licht-/Steckdosenstromkreise	bei angrenzendem Raum		
Gerätestromkreise	–	–	–
Steckdosen	2	3	1
Beleuchtungsanschlüsse	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 Beleuchtungsanschlüsse und Steckdosen erforderlich. Wird der Lichtschalter außerhalb des Raumes angebracht, ist er mit einer Kontrolleuchte zu versehen.

Raum 1 und A2, Treppenhaus und Haustürvorplatz

Hier sind keine Planungs-Einzelwerte vorgegeben. Folgende Planungsempfehlungen sollten aber beachtet werden: Es ist ein getrennter Stromkreis vom Zähler für Allgemein-



Beleuchtung von Treppenstufen

verbrauch erforderlich. Das Licht sollte mit einem Zeitschalter (umstellbar auf Dauerlicht) geschaltet werden. Die Leuchten sollen so angeordnet sein, daß die Stufen keine Schatten werfen (vgl. Abb.). Die Leuchte vor der Haustür sollte mit dem Treppenlicht mitgeschaltet werden. Beleuchtete Tastschalter sind vor jeder Wohnungstür, vor 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.

6.2.2 Obergeschoß (Einliegerwohnung)

Die Installation ist sinngemäß wie im EG zu planen.

6.2.3 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 daher in jedem Fall zweckmäßiger und ist bei zentraler Zählerplatzanordnung auch ohne Schwierigkeiten zu installieren.

Keller Einliegerwohnung

Stromkreis vom Zähler der Einliegerwohnung, 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.

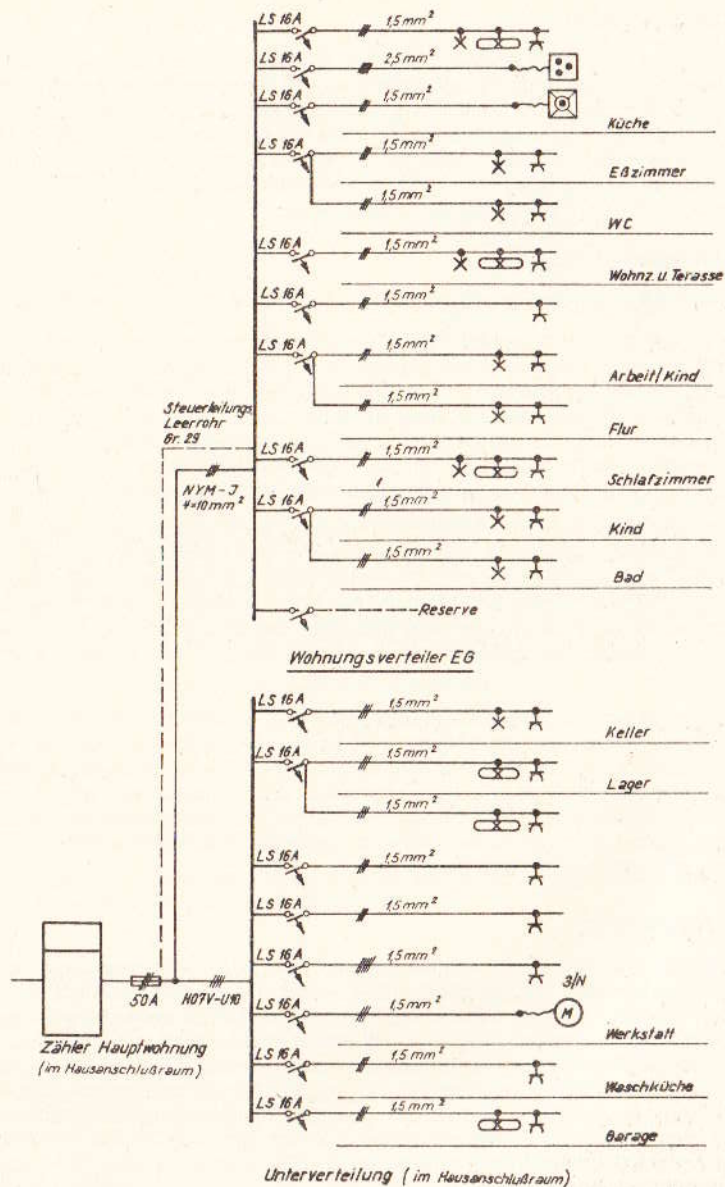
Der Licht- und Steckdosenstromkreis für die **Heizung** ist mit anderen Räumen gemeinsam. Der Verbrauch der Heizungsaggregate ist gering. Ein eigener Stromkreis mit einem LS-Schalter Typ G wäre auch bei kurzschlußgesicherten Pumpentypen zweckmäßig. Die Versorgung der elektrischen Betriebsmittel der Heizungsanlage, die im Gefahrenfall abgeschaltet werden müssen, geschieht über einen Gefahrenschalter, der sich außerhalb des Heizungsraumes befindet, mit Kontrolllicht versehen und entsprechend beschriftet ist.

Licht und Steckdose des **Hausanschlußraumes** sind gemeinsam mit Stromkreis für andere Räume vorgesehen. Hier befinden sich die Verteilung des Allgemeinverbrauchs-zählers und die Kellerverteilungen der Wohnungszähler (für Kellerverbrauch). In diesem Hausanschlußraum ist neben dem Hausanschluß für das Fernsprechnet 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.

6.2.4 Versorgung

Für die **Wohnungs-Stromkreisverteiler** wurden 2-reihige U.-P.-Kleinverteiler mit 2 x 12 Einbauplätzen gewählt. Die **Hauptleitungsabzweige** und die Steuerleitungsleerrohre mit 29 mm Ø verlaufen in einem Schlitz von 10 cm x 6 cm in den Wohnungsfuren, da das Treppenhaus hierfür ungünstig liegt. Die Installations-Kleinverteiler sind im Belastungsschwerpunkt angeordnet. Die **Fernsprechleitung** läuft ebenfalls mit ihrer Hauptleitung in den Furen in einem Rohr mit 29 mm Ø. Von den Wohnungsverteilerkästen 150 mm x 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 Ø. Von den 150 mm x 150 mm großen Verteilerkästen 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 Ø führt vom Antennenverstärker direkt in den Hausanschlußraum.

Weitere Angaben zur Versorgung enthält der **Übersichtsschaltplan Hauptwohnung (EG) Musterhaus**.



Übersichtsschaltplan Hauptwohnung (EG) Musterhaus

Anhang

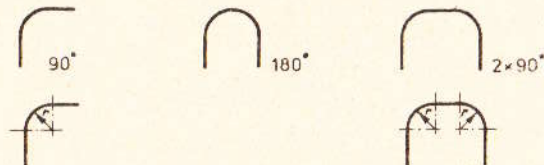
Auf den folgenden Seiten werden fachpraktische Übungen angegeben, die der Verordnung und Verwaltungsanweisung über die Berufsausbildung zum Fernmeldehandwerker (VO FHandw, VANw VO FHandw) und den Lernzielen des 1. Ausbildungsjahrs und 2. Ausbildungsjahrs entsprechen.

1 Ausführen von Starkstrominstallationen

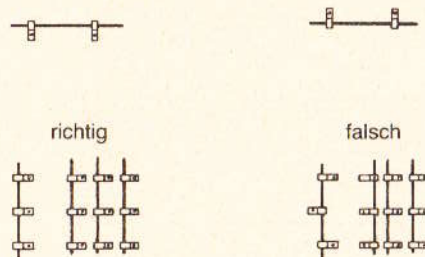
1.1 Verlegen von Leitungen 3 x 1,5 mm²

1.1.1 NYM-Leitungen mit Nagelschellen, Abstandsschellen und Reihenschellen verlegen.

Beispiele für Bogenführungen



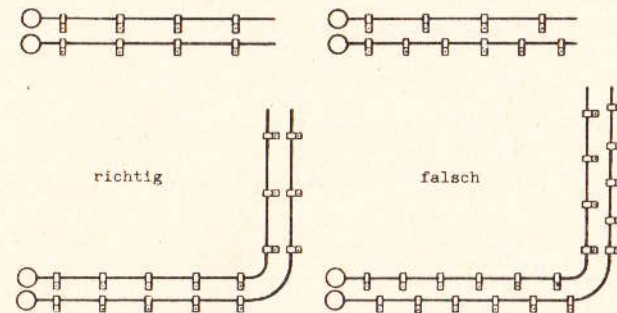
Beispiele für waagerechte und senkrechte Verlegung



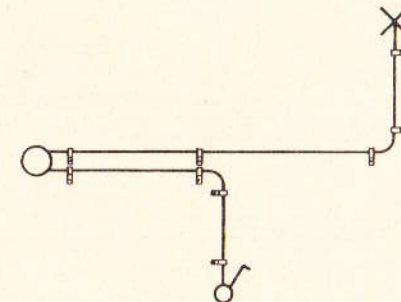
Befestigung bei Bogenführung



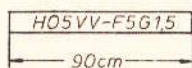
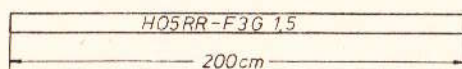
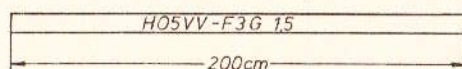
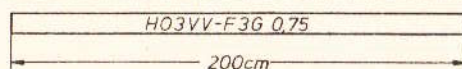
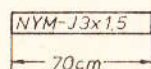
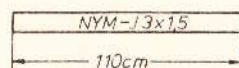
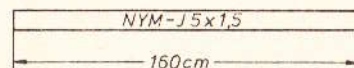
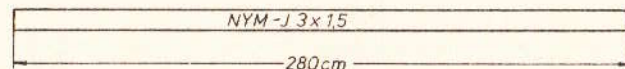
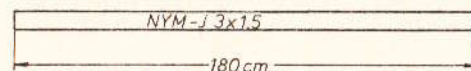
Befestigung bei Parallelführung



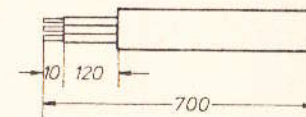
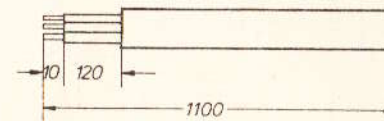
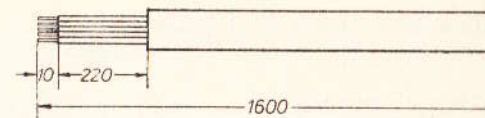
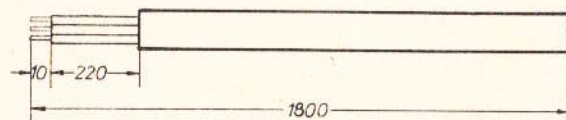
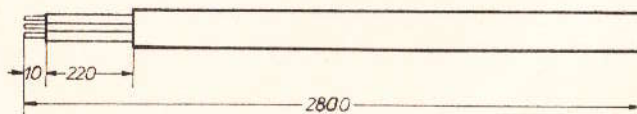
Befestigung bei unterschiedlichen Leitungslängen



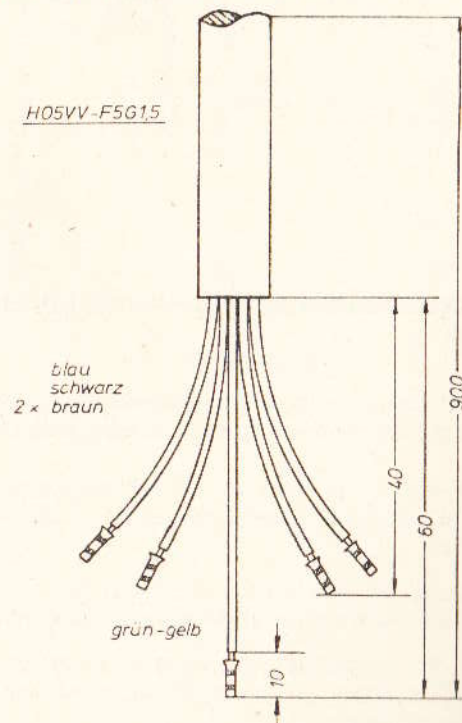
1.1.2 Mantel von NYM-, H05VV-F- und H05RR-F-Leitungen absetzen und Aderenden abisolieren.



Leitung: NYM 3x1,5, NYM 5x1,5



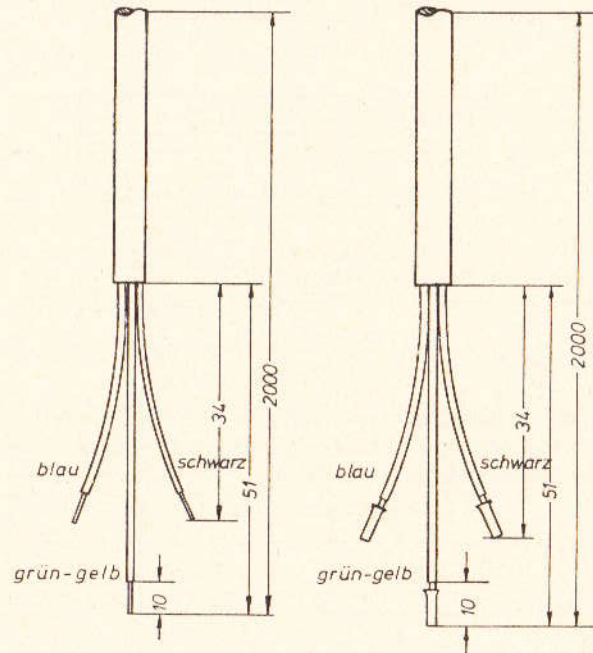
1.1.3 Aderenden von flexiblen Leitungen z. B. H05VV-F, H03VV-F, H05RR-F für die Befestigung in Schraubklemmen durch Verlöten bzw. Aufbringen von Aderendhülsen vorbereiten.



H03VV-F 3G 0,75

H05VV-F 3G 1,5

H05RR-F 3G 1,5

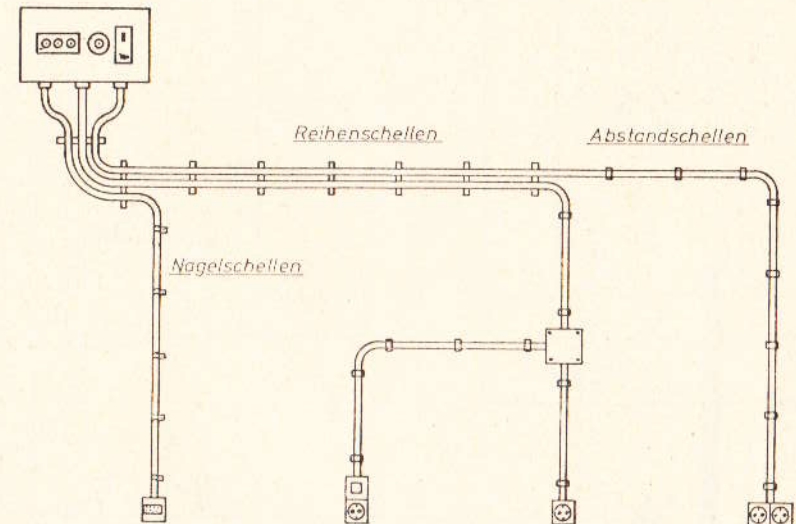


1.2 Starkstrominstallationsarbeiten mit Leitungen 3 x 1,5 mm²

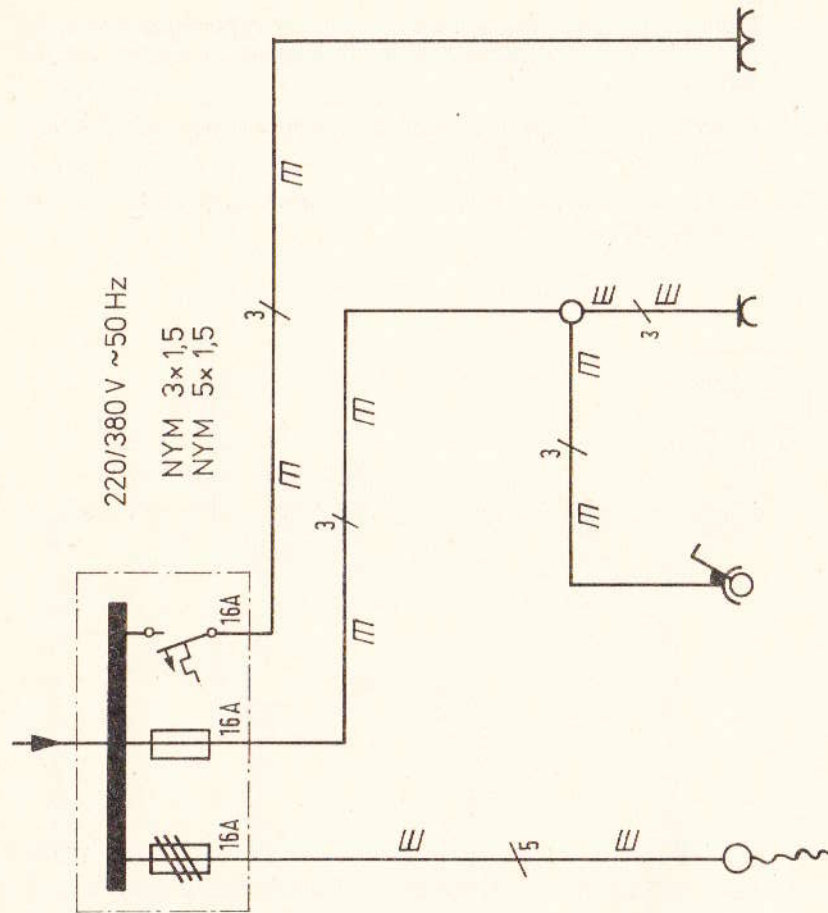
Hierzu dienen die Abb. Verlegungsplan, Übersichtsschaltplan, Stromlaufplan (aufgelöste Darstellung), Stromlaufplan (zusammenhängende Darstellung).

- 1.2.1 „Universalkabelkasten 70 mm x 70 mm mit Maulklemmen“ setzen, darin eine NYM-Leitung durchverbinden und eine abzweigende Leitung anschließen.
- 1.2.2 Herdanschlußdose auf Putz setzen und darin einen Übergang von NYM- auf H05VV-F-Leitung mit Zugentlastung verkleben.
- 1.2.3 Eine einfache, eine zweifache und eine abschaltbare Schutzkontakt-Steckdose auf Putz setzen und mit NYM-Leitung an eine Unterverteilung auf Putz anschließen.

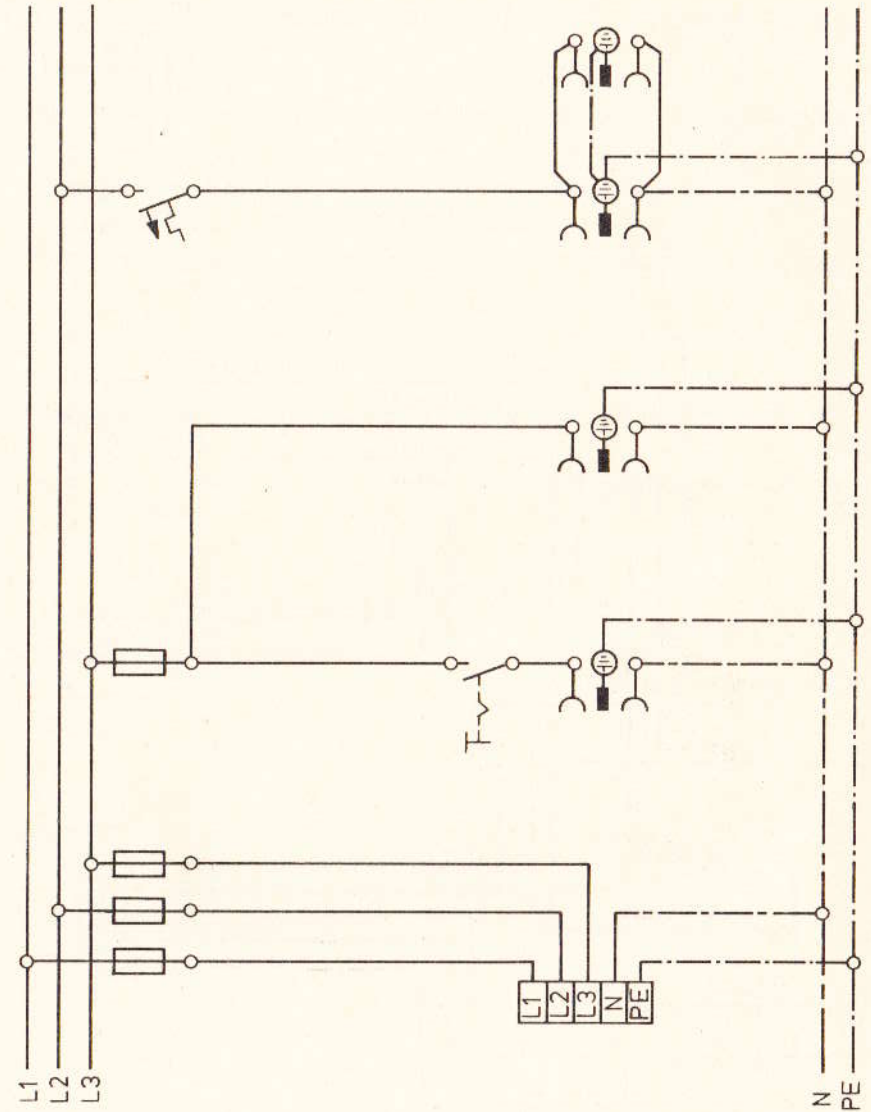
- 1.2.4 In einer Unterverteilung auf Putz einen Leitungsschutzschalter, ein NEOZED- und ein DIAZED-Sicherungselement einbauen und anschließen.
- 1.2.5 Eine Paßschraube mit einem Paßschraubenschlüssel in ein DIAZED-Sicherungselement einschrauben.
- 1.2.6 Ein Anschaltrelais zur Anruferkennzeichnung setzen und Starkstromseitig anschließen.



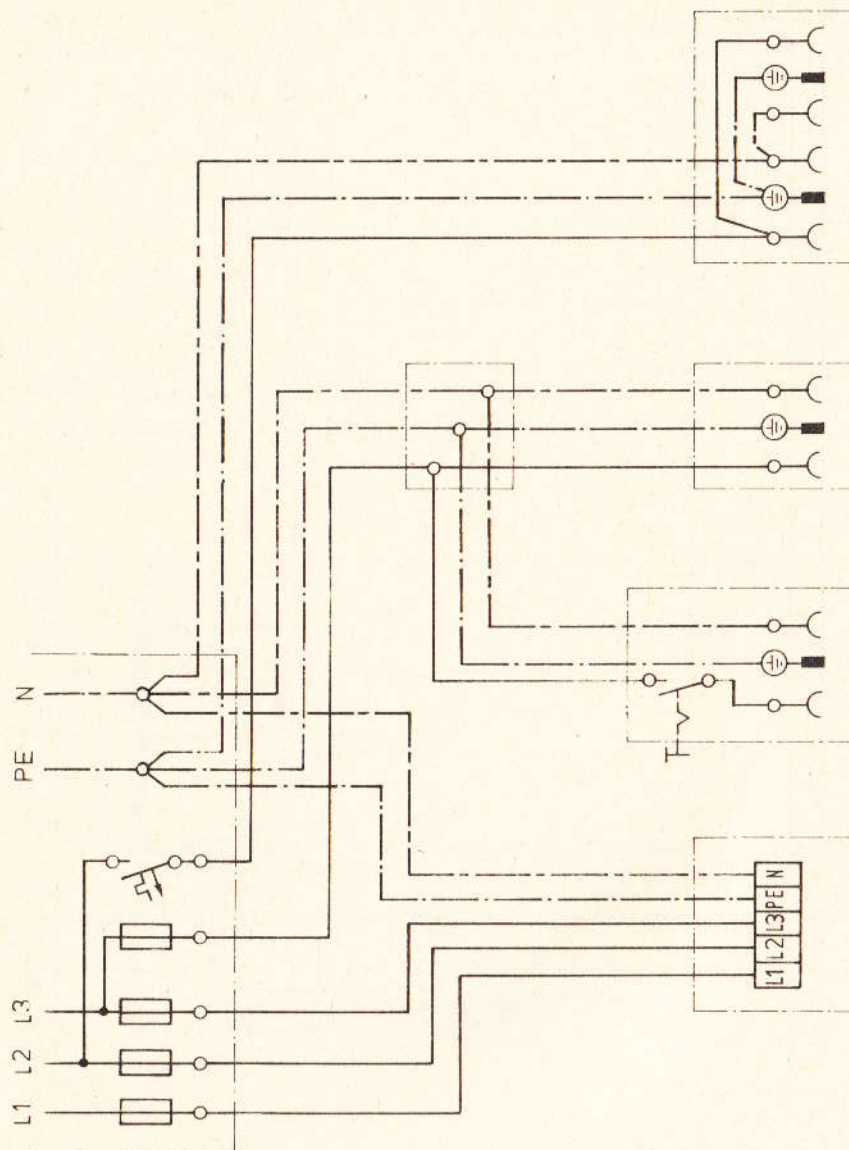
Verlegungsplan



Übersichtsschaltplan



Stromlaufplan (aufgelöste Darstellung)

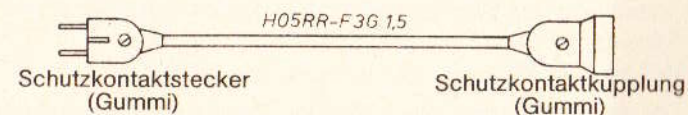
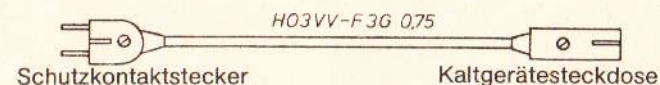
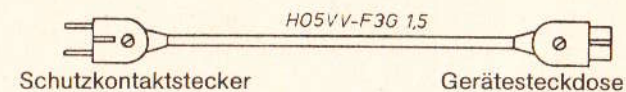


Stromlaufplan (zusammenhängende Darstellung)

1.3 Anschließen von Elektrogeräten mit Leitungen 3 x 1,5 mm²

Hierzu dient die Arbeitsunterlage „Geräteleitungen und Verlängerungsleitung“.

- 1.3.1 Geräteleitung aus H03VV-F mit Schutzkontaktstecker und Gerätesteckdose mit Schutzkontakt anfertigen.
- 1.3.2 Geräteleitung aus H05VV-F mit Schutzkontaktstecker und Kaltgerätesteckdose mit Schutzkontakt anfertigen.
- 1.3.3 Verlängerungsleitung aus H05RR-F mit Schutzkontaktstecker und Schutzkontaktkupplung anfertigen.
- 1.3.4 Eine Zuleitung an ein elektrisches Gerät der Schutzklasse I fest anschließen.
- 1.3.5 Eine Zuleitung an ein elektrisches Gerät der Schutzklasse II fest anschließen.



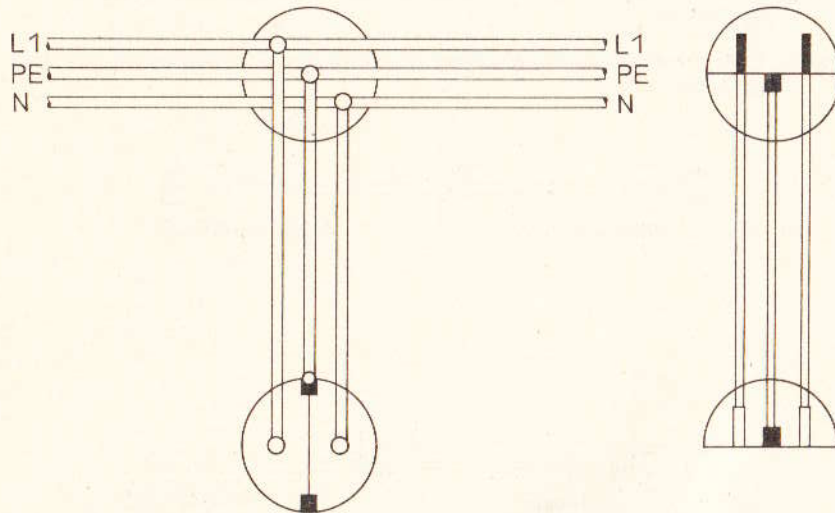
Geräteleitungen und Verlängerungsleitung

2 Übungen an Starkstromanlagen

Bei den folgenden unter Anleitung vorzunehmenden Übungen soll im wesentlichen die Wirksamkeit der Schaltgeräte und der möglichen Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Berührungsspannungen bzw. Körperströme aufgezeigt werden. Die entsprechenden Werte können sowohl rechnerisch nachgewiesen, als auch an den verfügbaren Demonstrationsmodellen gemessen und danach beurteilt werden.

2.1 Farbkennzeichnung

2.1.1 Farbkennzeichnung isolierter Leitungen in vorgegebene Skizze eintragen.



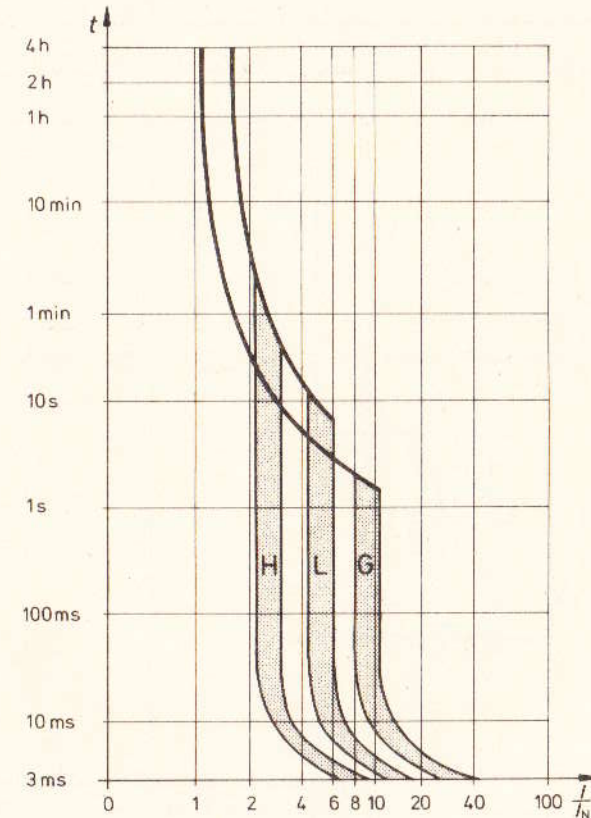
2.2 Tabellen und Kennlinien

2.2.1 Zuordnung von Überstromschutzorganen zu den Nennquerschnitten isolierter Leitungen der Gruppe 2 anhand der Tabelle 41-6 VDE 0100/5.73 vornehmen.

2.2.2 Zu den Nennquerschnitten isolierter Leitungen der Gruppe 2 anhand der Tabelle 41-2 VDE 0100/5.73 die zulässige Dauerbelastung auswählen.

2.2.3 Auslösefaktor k von Überstromschutzorganen anhand der Tabelle 9-1 VDE 0100/5.73 unter lfd. Nr. 1, 3 und 4 auswählen.

2.2.4 Auslösezeit von Überstromschutzorganen für vorgegebene Ströme anhand einer Zeit-/Strom-Kennlinie ermitteln (s. Diagramm).



Kennlinien von Leitungsschutzschaltern

2.3 Prüfgeräte

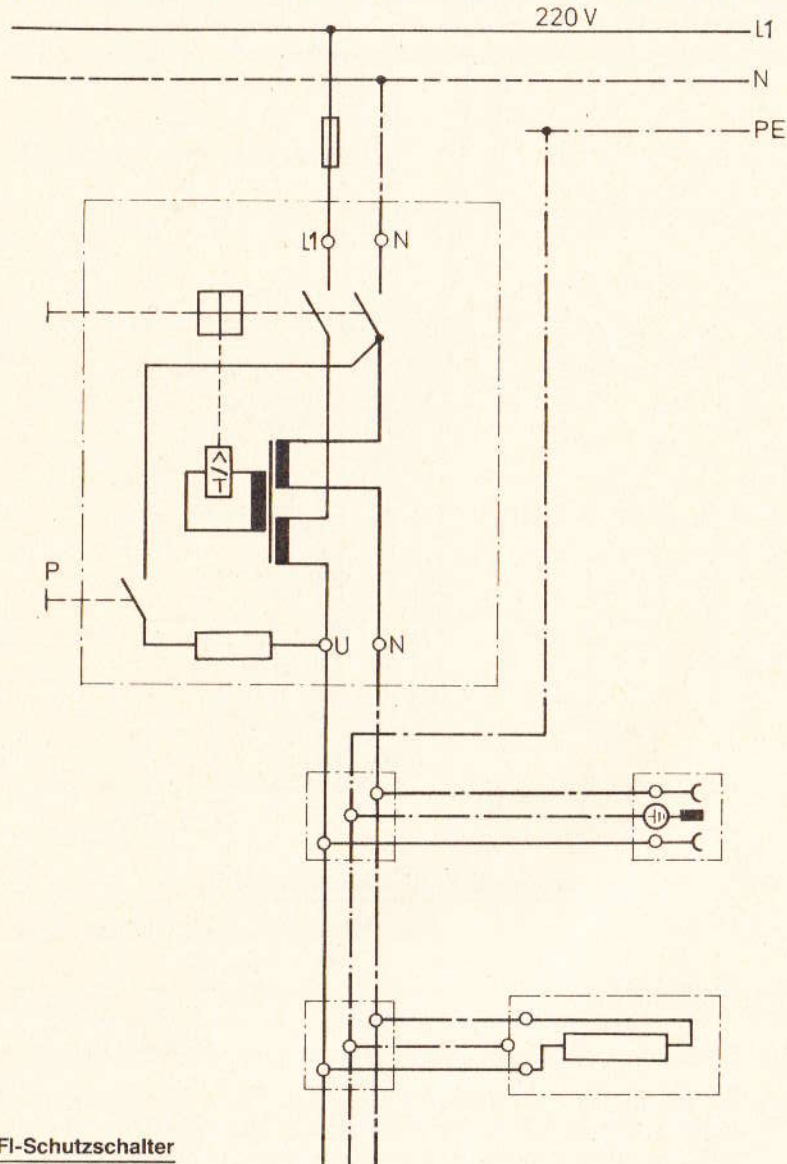
2.3.1 Wirksamkeit der Schutzmaßnahme Nullung mit einem Zeropan prüfen.

2.3.2 An elektrischen Geräten der Schutzklasse I und der Schutzklasse II mit einem EHG-Prüfer 0701-P die Isolationswiderstände und den Ableitstrom messen sowie die Wirksamkeit des Schutzleiters prüfen.

2.4 Schutzschalter

2.4.1 An einem geöffneten Leitungsschutzschalter dessen Funktion erklären (vgl. auch Abschnitt 5.14.2.2).

2.4.2 Funktion eines FI-Schutzschalters anhand einer Skizze erklären.



FI-Schutzschalter

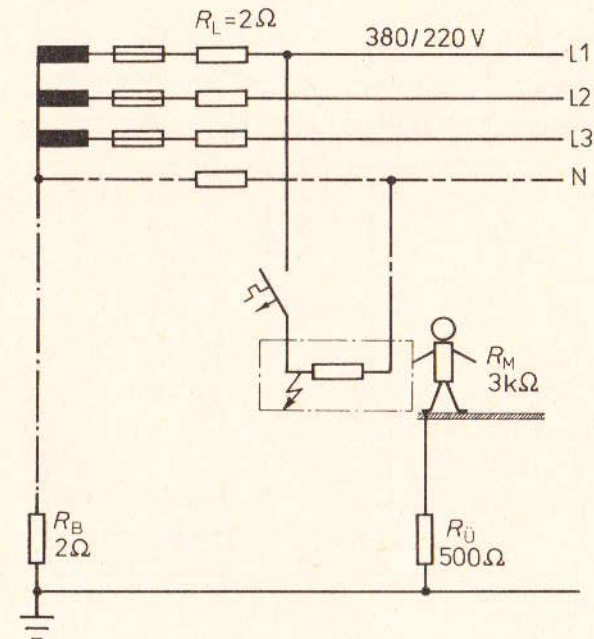
2.5 Starkstromanlagen mit Schutzmaßnahmen nach §§ 7 bis 14 VDE 0100/5.73 (neu 0100 Teil 410)

2.5.1 Verbraucher ohne Schutzmaßnahme,

Verbraucher mit Gehäuseschluß,

Mensch berührt Gehäuse des Verbrauchers:

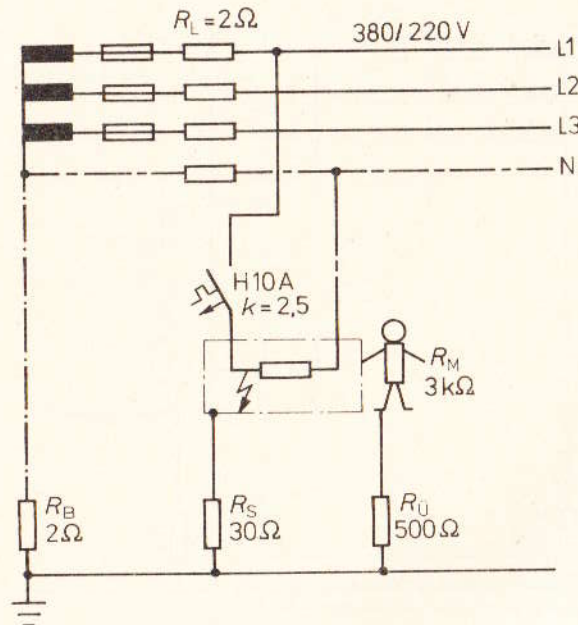
- den Strom über den Menschen und die Berührungsspannung berechnen,
- die Werte an einem Modell messen und nachweisen, daß Lebensgefahr besteht.



2.6 Schutzerdung

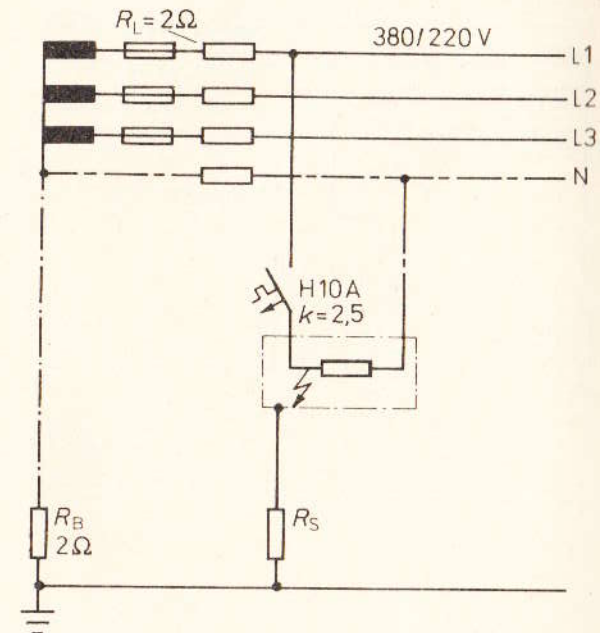
2.6.1 Schutzmaßnahme Schutzerdung,
Erdungswiderstand des Verbrauchers zu hoch,
Verbraucher mit Gehäuseschluß,
Mensch berührt Gehäuse des Verbrauchers:

- den Fehlerstrom, die Fehlerspannung, den Strom über den Menschen und die Berührungsspannung berechnen,
- die Werte an einem Modell messen und
- nachweisen, daß der LS-Schalter nicht abschaltet und Lebensgefahr besteht.



2.6.2 Schutzmaßnahme Schutzerdung,
Verbraucher mit Gehäuseschluß,

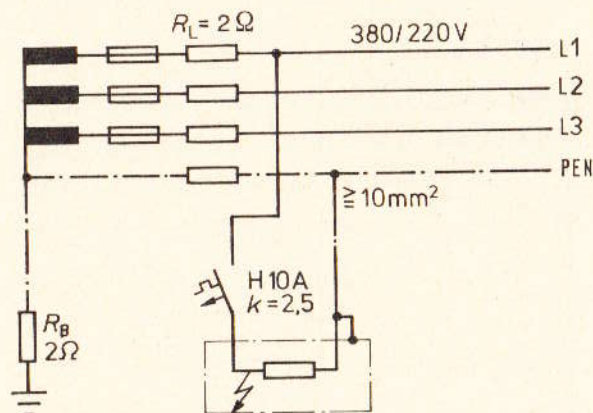
- den erforderlichen Schutzerdungswiderstand nach § 9 b VDE 0100, den Fehlerstrom und die Fehlerspannung berechnen,
- aus der Strom-Zeit-Kennlinie eines LS-Schalters Typ H die Abschaltzeit ermitteln und
- an einem Modell nachweisen, daß der LS-Schalter sofort abschaltet.



2.7 Nullung

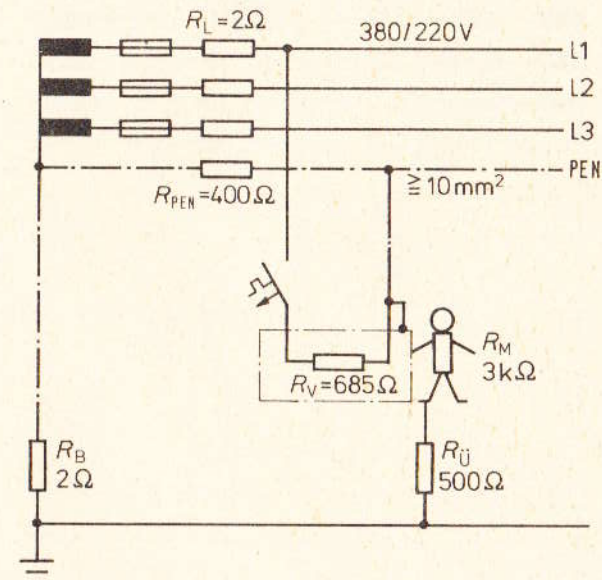
2.7.1 Schutzmaßnahme Nullung, Verbraucher mit Gehäuseschluß:

- den Kurzschlußstrom berechnen,
- aus der Strom-Zeit-Kennlinie eines LS-Schalters Typ H die Abschaltzeit ermitteln und
- an einem Modell nachweisen, daß der LS-Schalter sofort abschaltet.



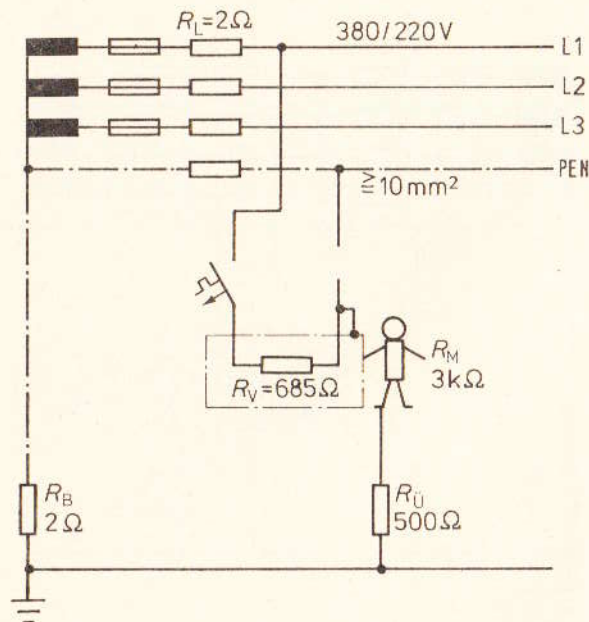
2.7.2 Schutzmaßnahme Nullung, hoher Widerstand des Nulleiters, Mensch berührt Gehäuse des Verbrauchers:

- den Verbraucherstrom, die Verbraucherspannung, den Strom über den Menschen und die Berührungsspannung berechnen,
- die Werte an einem Modell messen und
- nachweisen, daß ein einwandfreies Gerät mit der Schutzmaßnahme Nullung eine gefährliche Berührungsspannung annehmen kann, wenn der Nulleiter einen hohen Widerstand hat.



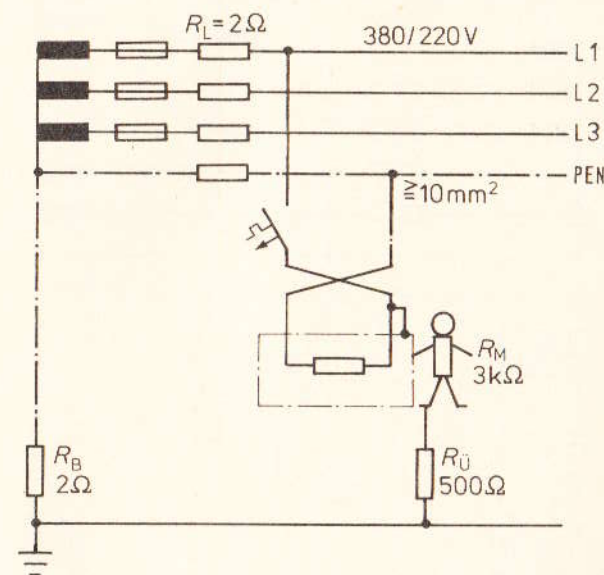
2.7.3 Schutzmaßnahme Nullung,
Unterbrechung des Nulleiters,
Mensch berührt Gehäuse des Verbrauchers:

- den Strom über den Menschen, die Berührungsspannung und die Fehlerspannung berechnen,
- die Werte an einem Modell messen und
- nachweisen, daß eine gefährliche Berührungsspannung auftritt und Lebensgefahr besteht.



2.7.4 Schutzmaßnahme Nullung,
Nulleiter und Außenleiter vertauscht,
Mensch berührt Gehäuse des Verbrauchers:

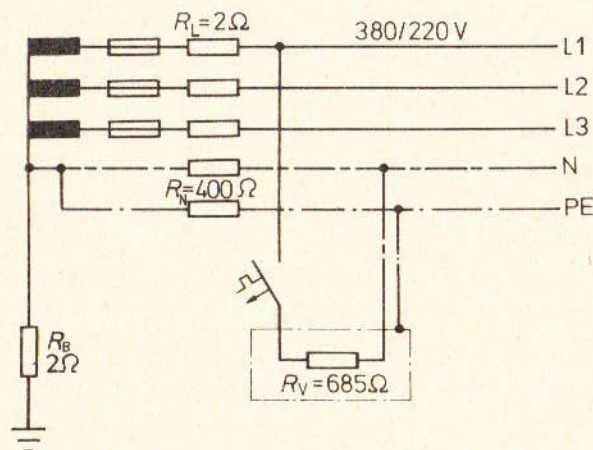
- den Strom über den Menschen, die Berührungsspannung und die Fehlerspannung berechnen,
- die Werte an einem Modell messen und
- nachweisen, daß eine gefährliche Berührungsspannung auftritt und Lebensgefahr besteht.



2.8 Nullung mit besonderem Schutzleiter

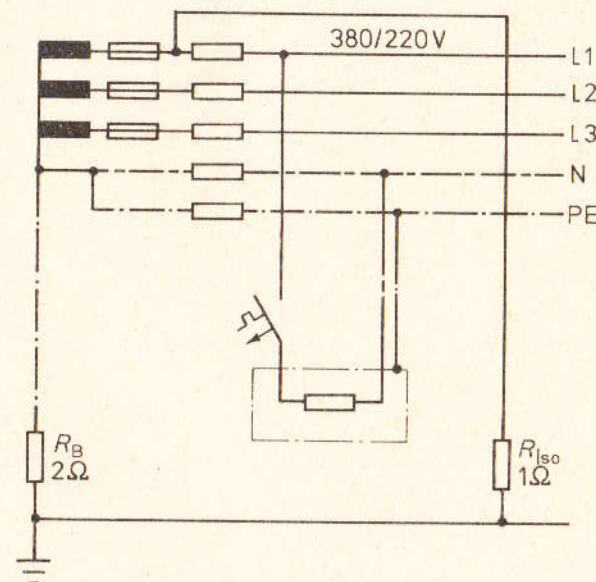
2.8.1 Schutzmaßnahme Nullung mit besonderem Schutzleiter, hoher Widerstand des Mittelleiters:

- den Verbraucherstrom, die Spannung des Mittelleiters gegen Erde und die Fehlerspannung berechnen,
- die Werte an einem Modell messen und
- nachweisen, daß keine gefährliche Berührungsspannung auftritt.

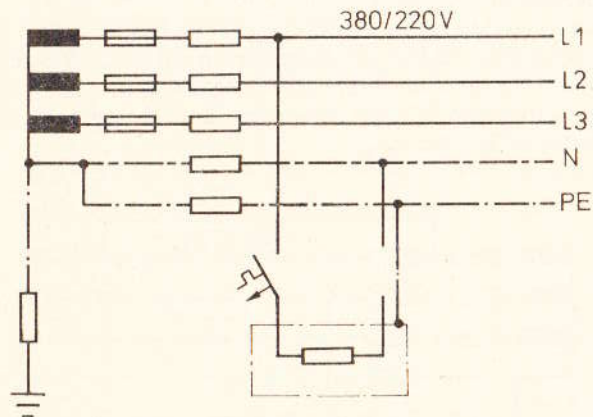


2.8.2 Schutzmaßnahme Nullung mit getrennt verlegtem Schutzleiter, Erdschluß eines Außenleiters über niederohmigen Isolationswiderstand:

- den Fehlerstrom und die Spannung zwischen Erde und Nulleiter berechnen,
- an einem Modell die Fehlerspannung messen und
- nachweisen, daß in genullten Netzen bei Erdschluß eines Außenleiters das Nulleiterpotential angehoben wird und dadurch bei einwandfreien Geräten gefährliche Berührungsspannungen auftreten können.

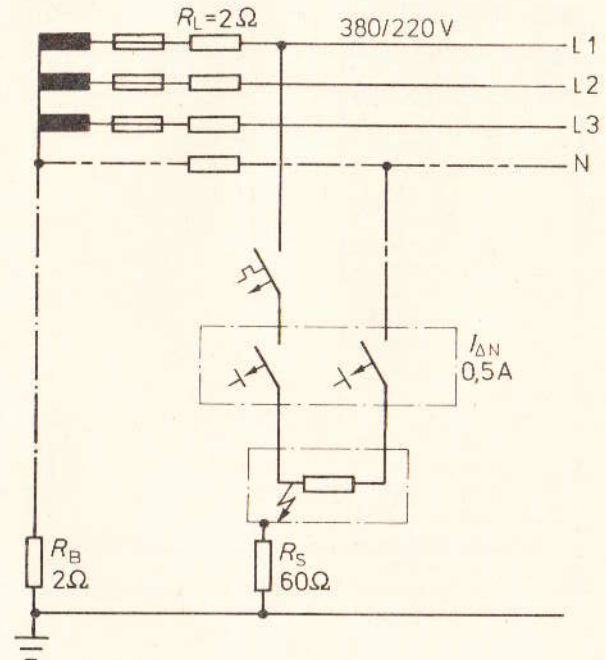


- 2.8.3** Schutzmaßnahme Nullung mit getrennt verlegtem Schutzleiter, Unterbrechung des Mittelleiters:
- an einem Modell messen, daß keine Berührungsspannung auftritt.



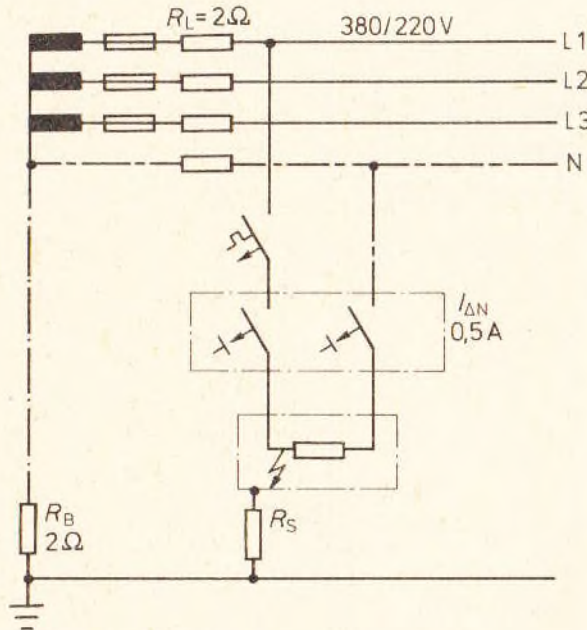
2.9 Fehlerstrom-Schutzschaltung

- 2.9.1** Fehlerstrom-Schutzschaltung, Verbraucher mit Gehäuseschluß:
- den Fehlerstrom berechnen und
 - an einem Modell nachweisen, daß der FI-Schutzschalter sofort abschaltet.



2.9.2 Fehlerstrom-Schutzschaltung, Verbraucher mit Gehäuseschluß:

- den erforderlichen Erdungswiderstand nach § 13 b VDE 0100 berechnen und
- an einem Modell nachweisen, daß der FI-Schutzschalter sofort abschaltet.



Sachregister

A	Seite	B	Seite
Abdeckung	169	Back-up-Schutz	273
Abdeckungen, isolierende	84	Badereinrichtung, bewegliche	169
Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten	34, 76	Baderäume und Duschecken	77, 166f.
Ableitstrom	38	Basisisolierung	39
Abmanteln	253	Bedienen von Starkstromanlagen	79
Abquetschschutz	63	Beeinflussungen	95
Abschaltstrom	45	Befestigungsmaterial	131
Abstand	97, 163, 166, 169, 174, 302	Belastbarkeit	257ff, 275
Abzweigdosen	120ff., 171, 173, 176f.	Belastungsgebiete	11
Aderleitungen	111, 115f.	Belastungsschwerpunkt	214
–, Ein- –	164	Beleuchtungsstärke	280f.
–, Kunststoff- –	115f., 171f.	Beleuchtungsstromkreise	264
–, Mehr- –	107, 111, 115ff., 164	Berührungsschutz	266
–, Silikon- –	115ff.	Berührungs- spannung	25, 36f., 41, 54f., 171
–, Sonder-Gummi- –	115f.	Beton-Kuppeltrichter	120
Aktive Teile	33	– -Schalterdose	120
Alarmanlagen	303	Betriebsisolierung	39, 249
Anerkannte Regeln der Technik	29	Betriebsklassen	266
Anhang	315ff.	Betriebsmittel	31
Anlagen im Freien	77	–, elektrische –	31, 96, 146
Anlage und Netz	31	–, Kennzeichnung der Art des –	154ff.
Anschlußmittel	127	–, ortsfeste –	62
Anschlußschiene und -stücke	227	Betriebsstätten	76
Anschlußwerte	299, 301	–, abgeschlossene elektrische –	34, 76
Anschnittsteuerung	290f.	–, elektrische –	34, 76
Antennenanlagen	219, 299	–, explosionsgefährdete –	35, 116, 118, 249
Anzeiger	265f.	–, feuergefährdete –	35, 116, 118, 249
Arbeiten an freigeschalteten Starkstromanlagen	83f.	–, landwirtschaftliche –	35, 249
Arbeiten an Starkstromanlagen	79f.	Bewertungsblätter	298
Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen	80, 85, 96	Bezugsleiter	100
Arbeitsstättenverordnung	30	Biegestellen	174ff, 252
Aufbodenkanal	176f.	Blendung	281
Aufreihklemmen	131	Blitzschutzanlage	95, 219, 303
Aufsteckgriff	227, 270	Blitzschutzterdung	99
Ausbreitungswiderstand	34	Brandgefahr	256
Ausschaltung	184f.	Brandschutz	98
Außenkabel	96	Bündelung	174
Außenleiter	13, 16, 21, 31ff., 113, 180		
Außenleiter-Mittelleiter- spannung	14, 16		
Außenleiterspannung	13ff.		
Außenleiterströme	14f.		
Aussparungen	162f.		
Auswechseln			
– des Sicherungseinsatzes	266		
– von NH-Sicherungen	86		

C

CEE-Kragensteck- vorrichtung	136, 243ff.
CEE-Steckvorrichtungen	137

D

Dachständer-Hausanschlüsse	216, 219
Dachständerrohr	219
Darstellung	
–, einpolig	154ff.
–, aufgelöste –	154ff.
–, zusammenhängende –	156ff.
Dauerbelastung	257ff.
Deckenauslässe	175
Deutsches Verbundnetz	16ff.
Dichtungsstelle	253f.
Dimmer	134, 291
Dimmerschaltung	184ff., 190ff.
Dosen	120ff., 161ff., 171, 173, 250f.
–, Deckel der –	126, 163
–, verdrahtete –	125f., 165
Drehfeld	247
Drehstromanschlüsse	173, 242
Drehstromerzeugung	12f.
Drehstromschutz	140f.
Drehstromsteckdosenschaltung	246
Drehstromversorgungsnetze	16ff.
Dreieckschaltung	14f.
D-System	268f.
DO-System	269f.
Duschecken	166f.

E

Einaderleitungen	164
Einbauschalter	138f.
Einwirkungsdauer	26
Ersatz von Lampen	79
Einzelerdung	99
Einzelplatzbeleuchtung	296
Elektrische	
Betriebsmittel	31, 60, 96, 146
Elektrische Betriebsstätten	34, 76
Elektrische Größen	33
Elektrische Verbrauchsmittel	31
Elektrizitätsverbrauch	11
Energieübertragung	16f.
Energieversorgung	11
Energiewirtschaftsgesetz	29
Erden	34, 84
Erder	34
Erdschluß	36
Erdschluß-Brandschutz	35
Erdungen	34, 52, 88, 99
Erdungsanlage	34, 90f., 100f.
Erdungsleiter	99
Erdungsleitung	92, 302

Erdungswiderstand	34, 100f.
Erdungswiderstands-	
messung	71f., 101
Erwärmung	256
Explosionsgefährdete	
Betriebsstätten	35, 116, 118, 249

F

Fachkraft	58, 64, 80f., 85, 98
Faktor k	45, 266
Farben	
– Anzeiger und Paßeinsätze	266
– Außenhülle (Mantel)	120
Farbkennzeichnung	33, 113
–, grünelbe –	113
–, hellblaue –	113
–, der Leitungsadern	33, 113f., 231ff.
Fehlerarten	35f.
Fehlerspannung	36f.
Fehlerspannung,	
Messung der –	75
Fehlerspannungs-Schutz-	
schaltung	54f., 59f.
Fehlerstrom	36ff., 55, 75
Fehlerstrom-	
Schutzschalter	55f., 237ff.
Fehlerstrom-Schutz-	
schaltung	55ff., 59f., 237ff.
Fehlerstrom-Sicherheitsstecker	237
Fensterbankkanal	176ff.
Fernmeldeanlagen	94f., 101f., 169
Fernmeldebauordnung	30, 97, 99
Fernmeldeanlagen	302
Fernmeldeerde	99
Fernmelde-Erdungsanlage	100f.
Fernmeldeleitungen	96
Fernschalter, Stromstoß –	139, 197f.
Fernsprechanlage	302f.
Feuchte und nasse	
Räume	34, 76f., 116, 118, 134f., 249
Feuchtrauminstallation	135, 249ff.
Feuchtraumleitung	76, 249f., 252ff.
Feuergefährdete	
Betriebsstätten	35, 116, 118, 249
Flächenerdung	99
Fliegende Bauten	35
Flimmereffekt	287
Freigabe zur Arbeit	83f.
Freileitungs-	
Hausanschlüsse	215f., 218f.
Freischalten	39, 83

Fundamenterde	88ff.
Funktion, Prüfung der –	56, 75, 240
Funktionserder	99
Funktionserdung	99
Funktions- und Schutzerdung	99, 101f.
Funktionserdungsleiter	99
Funktionserdungs- und	
Schutzleiter	100
Funktionskleinspannung	43, 58
Funktionspotentialausgleich	100

G

Garagenverordnung	30
Gasentladung	281, 284
Gasentladungslampen	284ff.
Gefahren durch	
elektrischen Strom	23ff.
Gefährdung des Menschen	23ff.
Gefahrenschalter	35, 313
Gegensprech-Türöffneranlagen	208f.
Gehörschutz	97f.
Gemeinschaftsanlagen	299
Geräteabzweigdosen	120, 171
Geräte, Anschlußleitungen	
ortveränderlicher –	62
Geräteanschlußdosen	122, 171
Gerätedosen	122, 171
Geräteverbindungs-dosen	122, 171
Gesetz über technische Arbeits-	
mittel (Maschinenschutzgesetz)	29f.
Gewerbeordnung	30
Gipskartonplatten	163, 172
Gips-Wandbauplatten	163
Glühlampen	282ff.
Grenztemperatur	256
Grundregeln beim Umgang	
mit Starkstrom	29ff.
Gruppenschaltung	184
Gummischlauchleitung	111f., 117f.

H

Halogen-Glühlampen	284
Handbereich	39, 161
Harmonisierte Leitungen	111
Harmonisierung	108
Hauptleitung	212, 220f., 227f.
Hauptleitungsabzweig	220f., 227
Hauptleitungsabzweigdosen	227
Hauptleitungsabzweig-	
klemmen	220, 227, 130f.
Hauptverteilung	213

Hausanschluß	21, 215ff.
Hausanschlusses, Größe des –	215
Hausanschluß-	
kasten	21, 31, 215ff., 219f.
Hausanschlußleitung	215
Hausanschlußmuffe	21
Hausanschlußraum	217f., 221, 313
Hausanschlußsicherungen	215
Hausinstallationen	31
Haussprechanlage	203, 207f., 303
Heißwasserrohr	163
Heizrohrleitungen	88
Heizungsfernschalter	139
Heizungsrohre	163
Heizungsschutz	141
Herzkammerflimmern	24ff.
Hilfsschutz	141
Hilfsstromkreise	165
Hochspannung	17f.
Hochspannungs-Leuchtröhren	295
Hochspannungsnetze	17f.
Höchstspannung	17f.
Hohlblockstein	162
Hohlwanddose	120ff.

I

Installations- und Schaltgeräte	133
–, Auf-Putz- –	135
–, Unter-Putz- –	133ff.
Installationskanäle	176ff.
Installations-Kleinverteiler	144, 212
Installationsmaterial	107ff.
Installationsplan	158f., 303, 305
Installationsrohre	170ff.
Installationsschalter	133ff., 149, 184ff.
Installationsschutz	141
Isolationsfehler	35, 171
Isolationsmessung	67ff.
Isolationswiderstand	67ff.
Isolierstoffrohre	170ff.
Isolierstoffverteilungen	143

K

Kabel	60, 107, 119, 169
Kabelführung	169
Kabel-Hausanschlüsse	215ff.
Kabelverteilerschrank	19f.
Kästen	165
Kennbuchstaben	104
Kenngrößen	15f.
Kennziffern	104

Seite	Seite
Kennzeichnung	– Leuchtstofflampen 286
– der Betriebsmittel 154ff.	Leerdosen 298, 303
– der Leiter 33	Leerrohr 170, 212f., 221
–, farbliche – 113f.	Leerrohrsystem 206, 302f.
–, grüngelbe – 113f., 220	Leiter 31ff., 113, 164f.
–, hellblaue – 113f.	–, Anzahl der zu verbindenden – 121f., 127
–, mehrfarbige – 114	–, einzelne – 165
– von isolierten Starkstromleitungen 109	–, grüngelbe – 113
Klasseneinteilung nach der Übertragungssicherheit 94f.	Leiterlänge 126
Kleinverteilung 144, 212	Leiterquerschnitte 47f., 257
Klemmen 121ff., 126 ff.	Leitungen .. 60, 107, 109ff., 115ff., 120
–, Leuchten- – 129, 165	–, bewegliche 62f., 117f.,
–, Lüster- – 129, 165	–, Einziehen von – 171
–, Geräte- – 129, 165	–, für Fernmeldeanlagen – ... 96, 204
Klemmbereich 127	–, für feste Verlegung – 115f.
Klemmraumeinheit 122	–, harmonisierte – 108, 110ff.
Klingelanlage 203, 206, 303	–, Verlegung von – .. 60, 161ff., 249ff.
Klingeltransformatoren 204	Leitungsadern 165
Knicken der Leitungen 63	Leitungsanhäufungen 259
Kompensation 287	Leitungsführung 161f., 299, 302
Kompensationskondensator .. 285, 287	Leitungslänge 213
Kontrolllicht 184f., 187	Leitungsschutzschalter 137f., 259, 271ff.
Körper 33	Leitungsschutzsicherungen 137f., 259, 265ff.
Körperschluß 35ff.	Leitungstemperatur 256
Körperströme 25f., 39f.	Leuchtdichte 279
Körperwiderstand 26	Leuchten 64, 150, 296
Korrosionsschäden 100	–, Anschluß schutzisolierter – ... 191
Kragensteckvorrichtungen 136	– Klemmen 129, 165
–, CEE- – 137, 243ff.	Leuchtenwirkungsgrad 280
Kreisprozeß 284	Leuchtstofflampen 285f.
Kreuzschaltung 187ff.	Lichtausbeute 279f.
Kreuzungen 166	–, Glühlampen 282f.
Kunststoff-Adersleitungen ... 111, 115f, 164, 167, 171f.	–, Leuchtstofflampen 286
Kunststoffrohr 170ff.	Lichterzeugung 281
Kunststoff-Kleinverteilungen 143	Lichtfarbe 278, 281
Kurzschluß 35f., 256, 276	Lichtquellen 278ff.
Kurzschlußschutz 256, 261ff.	–, Kenntnisse über 278ff.
Kurzschlußstrom 73f., 261f.	Lichtstärke 278
	Lichtsteuerung 290ff.
L	Lichtströme 278f.
Lampen 281ff.	Lichtverteilung 281, 296
–, Ersatz von – 79	Lochsteine 162
Lampenfassungen 281	LS-Schalter 259, 271ff.
Landwirtschaftliche Betriebsstätten 35, 249	Luftschächte 163
Lautsprecherleitungen 303	Lüster-Klemme 129, 165
Lebensdauer	
– Glühlampen 282f.	M
	Mantels, Entfernung des – 253

Seite	Seite
Mantelleitungen 115f., 175, 249f.	
Maschennetz 19	P
Maßnahmen zum Schutz	Paßensatz 265ff.
– bei indirektem Berühren ... 39, 41f.	PEN-Leiter 32f.
– gegen direktes Berühren .. 39, 40ff.	Perilex-Steckvorrichtungen 136f., 242f.
– gegen gefährliche Körperströme 39, 40	Personenschutzschalter 276
Mehradernleitungen 164f.	Persönliche Schutzausrüstung ... 85f.
Meßeinrichtung 213f., 221, 230	Planungsbeispiel für eine Wohnung 298ff.
Mindestabstand 166, 302	Planungsgrundsätze 298ff.
Mindestbiegeradius 169, 176, 252	Plombierung 214
Mindestquerschnitte 47, 61	Potentialausgleich(s) ... 34, 89ff., 97, 99ff., 169
Mithörgesperrte Anlagen 208f.	–, Prüfung des – 93
Mittelleiter	Potentialausgleichsleitung 92, 169
21, 31ff., 113, 164, 180, 220, 227, 263	Potentialausgleichs-schiene 89ff., 216, 218, 239f.
Mittelspannung 17	Potentialsteuerung 39, 100
Mittelspannungsnetze 18	Prüfstrom 259, 272
Montagewände 163	Prüffristen 65
Motorschutzschalter 139f.	Prüfung
	– der Schutzmaßnahmen 64ff.
N	Q
Näherungen 166	Quecksilberdampf-Hochdrucklampen 292f.
Natriumdampf	
– Niederdrucklampen 293ff.	R
– Hochdrucklampen 295	Rapid-Start-Schaltung 290
Nennfrequenz 33	Raumarten 34f., 249
Nennleistung 33	Räume
Nennquerschnittsbereich 127	–, feuchte – 34, 76f., 116ff., 134f., 249
Nennspannung 16f., 33	–, nasse – 34, 76f., 116ff., 134f., 249
Nennstrom 33	–, trockene – 34, 134
Netzformen 39f.	Reflexion 281
– IT-Netz 40	Reihenklemmen 131
– TN-Netz 39f.	Ringnetz 19
– TT-Netz 40	Rohrarten 170
Netzgleichrichter 204f.	Rohre 164, 170, 172, 250
Netzstation 19	Rohrdrähte 115f., 249
Neutralleiter 13	Rohrinstallation 170f.
NH-System 270f.	Rohrleitung 170
Niederspannung 17	
Niederspannungsnetze 18ff.	S
Normung 146	Schalter 133ff., 149, 184ff.
Notabschaltung von Informationsverarbeitungsanlagen 99	Schalterdosen 122, 163, 171
Nulleiter 32f., 113, 164, 180, 226f.	Schalterhöhe 162
Nullung 47, 59f.	Schaltgeräte 63f., 133ff., 148f.
– mit besonderem Schutz-leiter 48ff., 59f.	Schaltpläne 152, 154ff., 184ff., 305, 314
– ohne besonderen Schutzleiter .. 48ff.	Schaltuhren 138, 200
	Schaltungen
O	– mit Installationsschalter 184ff.
Orientierungswerte, Stromwirkungen 24f.	

Seite	
– mit Starter	288f.
– ohne Starter	289ff.
– von Leuchtstofflampen	285, 287ff.
Schaltungsunterlagen	146, 152f.
Schaltvermögen	263, 273
Schaltzeichen	146ff.
Schelle	131, 171, 250ff.
Schellenabstand	169, 176, 253
Schleifenwiderstand(s)	33, 74
–, Messung des –	73f.
Schmelzsicherung	45, 256, 263, 264ff.
Schornsteinmauerwerk	163
Schraubenlose Klemmen	127ff.
Schraubklemmen	125, 129ff.
Schrittspannung	38
Schutz	
– bei indirektem Berühren	39, 41ff.
– des Mittelleiters	263
– gegen direktes Berühren	39, 40f.
– gegen gefährliche Körperströme	39, 40
Schutzarten	76, 104f., 143, 161, 249
Schutzausrüstung, persönliche	85f.
Schutzbereich	34, 166ff.
Schütze	140f.
Schutzerdung	45ff., 59
Schutzisolierung	41f., 58f.
Schutzklasse	42, 43, 101f., 296
Schutzkleinspannung	42f., 58f.
Schutzkontakt-	
steckdosenschaltung	181
Schutzkontakt-	
Steckvorrichtungen	136, 180, 182
Schutzleiter	
.....	32f., 47f., 112f., 180, 226f., 239f.
–, grünelber –	113
Schutzleitungssystem	57f., 59f.
Schutzmaßnahmen	39, 40
– mit Schutzleiter	45ff.
– ohne Schutzleiter	41ff.
Schutzrohr	170
Schutzschalter	45, 264, 271ff.
Schutztrennung	43f., 59
– mit Potentialausgleich	44
Selektivität	271f.
Serienschaltung	185
Sicherheitsregeln	83f.
Sicherungen	264ff.
Sicherungseinsatz	265
Sicherungsnennströme	257, 266
Sicherungssysteme	268ff.

Seite	
Signalgeräte	207
Sockelleistenkanäle	176ff.
Spannungsfall	213f.
–, zulässiger –	213f.
Spannungsfreiheit	83f.
Spannungsmessung	67
Spannungssteuerung	290
Spannungstrichter	38f.
Sprühbereich	166ff.
Stahlblechverteilung	142
Stahlpanzerrohr	170
Stammleitung	299
Standortisolierung	42
Starkstromanlagen	31
– Betrieb von	79
– Übungen an	170ff., 326
Starkstrominstallationen	
– Ausführen von	180ff., 316
Starkstromkabel	119
Städtisches Verteilnetz	18
Steckdosenhöhe	162
Steckdosenstromkreise	180, 264
Steckvorrichtungen	136f., 180ff., 242ff.
Stegleitung	172ff.
–, Befestigungsmöglichkeiten	174f.
–, Bündelung von –	174
Stemmarbeiten	162
Stern-Dreieck-Schaltung	15
Sternförmige Erdung	99
Sternschaltung	13f.
Steuergeräte	214, 221, 232
Steuerleitungen	212, 223f.
Stichleitung	302
Stopfbuchsenverschraubungen	253
Strahlennetz	19
Strangströme	14
Stroboskopischer Effekt	287
Strombegrenzungs-kategorie	272
Stromkreis	31, 49, 164f., 214
Stromkreisverteiler	212, 214, 227
Stromlaufplan	
–, aipolig	154ff.
– (aufgelöste Darstellung)	154ff.
– (zusammenhängende Darstellung)	156f., 181, 184ff., 246
Stromstärkebereiche	25
Stromsteuerung	290
Stromstoßförmiger Schalter	139
Stromstoßschalter	197
Stromstoßschaltung	197f.
Stromversorgung	97

Seite	
Stromwirkungen	23ff.
Summen-Stromwandlung	56, 238ff.
T	
Tagesbelastungskurve	11
Technische Anschluß-	
bedingungen	30, 213
Trenntransformator	43f.
Treppenhausbeleuchtungsanlage	220f.
Treppenlichtautomat	139, 200
Treppenlichtschaltung	201
Treppenlichtzeitschalter	139
Türöffneranlage	203, 206, 303
Türsprech-	
anlage	203, 207ff., 303, 310, 313
Türsprechstelle	205, 207
Typkurzzeichen	108, 110f.
O	
Überlastschutz	256, 258ff.
Überprüfungen	66ff., 182, 190ff.,
Übersichtsschaltplan	154, 184ff., 314
Überspannungsableiter	97
Überstromrelais	138
Überstrom-	
schutzorgane	31, 63, 137f., 256ff.
Umgebungstemperaturen	258
Unfallverhütung	27
Unfallverhütungsvorschrift (UVV)	30
Unterspannungsetzen	85
Unter Spannung stehende Teile	84, 85
Unterverteilung	212
Unterwiesene Personen	81f., 98
Unverwechselbarkeit	266
V	
VDE	29
VDE-Bestimmungen	29
– 0100	31ff.
– 0105	79ff.
– 0190	88ff.
– 0800	94ff.
– Bedeutung	29
VDE-Kennfaden	107
VDE-Kennzeichen	107
Verbindung	165
Verbindungs-dose	120f., 122ff., 163, 251
–, Höhe der –	162
Verbindungsklemme	126f.
Verbindungsmaterial	120
Verbindungsmittel	127

Seite	
Verbindungsplan	158
Verbraucheranlagen	21, 31, 89f.
Verbrauchsmittel	31
Verkehrs-Signalanlagen	95
Verlegung von Leitungen	60, 161ff.
Versammlungsstättenverordnung	30
Verstärker	209, 299
Verteilungen	142ff., 212ff.
Verteilungsnetz	18, 31
Vierleitersystem	21
Vierleiterzähler	230ff.
Vierleiterzählerplatz	221ff., 230ff.
–, Verdrahtung	231ff.
Vorrangschalter	139
Vorschaltgerät	285, 292, 294
W	
Wand	161, 162f.
Wand-Hausanschluß	218
Wandauslaßdose	120, 122, 165
Warenhausverordnung	30
Wasserschutz	104f.
Wasserverbrauchsleitungen	88
Wechselschaltung	185ff.
Wechselsprech-	
Türöffneranlage	209f.
Wechselstromzähler	232, 235
Wechselstromzählerplatz	221ff., 235
–, Verdrahtung	232, 235
Wellenlänge	278
Wertung der Schutzmaßnahmen	58ff.
Widerstandsmeßverfahren	70f.
Wiedereinschalten	
– Sichern gegen	83f.
Wirkungen des Stroms	
– auf den Menschen	23ff.
– auf Sachen	27
Wohnrauminstallation	190ff.
Wohnraumkennziffer	
– -Elektroinstallation	298f., 300
Wohnungssprechstelle	209f.
Würgenippel	251, 253f.
Z	
Zähler	221, 230ff, 235
Zählerkonstante	230
Zählernische	221f.
Zählerplatz	222ff., 298
Zählerschränke	225
Zählertafel	225
Zählerverdrahtung	231ff.

	Seite
Zeitrelais	138
Zeit-/Strom-Bereiche für Leitungsschutzsicherungen ...	267
Zugentlastung	62f.
Zukunftssicherheit	298
Zündspannung	286, 294
Zusammenfassung der Leiter von Stromkreisen	164
Zusammentreffen von Starkstrom- u. Fernmeldeleitungen	97, 166
Zustand	
–, ordnungsgemäßer	82
–, spannungsfreier	83

$$55,4 : 3 = 18,4$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \hline 25 \\ 24 \\ \hline 1 \end{array}$$

