

10.1.5.5 Hauptstromversorgungssysteme

Hauptstromversorgungssysteme bestehen aus den Hauptleitungen und allen Betriebsmitteln nach der Übergabestelle (Hausanschluss) des Netzbetreibers, die nicht gemessene elektrische Energie führen. Die Abdeckungen von Hausanschlussssicherung, Hauptleitungsabzweigkästen und netzseitigem Anschlussraum des Zählerplatzes sind deshalb vom Netzbetreiber durch **Plomben** verschlossen. Hauptstromversorgungssysteme sind nach DIN 18015 als Strahlennetze auszuführen.

Hauptleitungen sind Drehstromleitungen mit einer Mindestbelastbarkeit von 63 A. Der Leiterquerschnitt muss mindestens 10 mm² Kupfer betragen.

Hauptleitungen verlegt man in leicht zugänglichen Räumen, z.B. in Treppenhäusern. Die Leitungen sind oberhalb der Kellerdecke in Rohren, Schächten, Kanälen oder unter Putz zu verlegen. Überstrom-Schutzeinrichtungen für Hauptleitungsabzweige ordnet man in unmittelbarer Nähe der Abzweigstelle in Gehäusen mit getrennten Abdeckungen an. Der Abstand der Abzweigstelle vom Fußboden soll mindestens 0,5 m und nicht mehr als 1,85 m betragen. Mindestbelastbarkeit von Hauptleitungen siehe **Bild 1**.

Messeinrichtungen und Tarifsteuergeräte sind in Zählerräumen (**Bild 2**) zu montieren.

Messeinrichtungen und Steuergeräte müssen frei zugänglich und ohne Hilfsmittel ablesbar sein.

Als Montageort wählt man z.B. den Hausanschlussraum oder Zählernischen (Mindestabmessungen der Zählernischen siehe **Tabelle**).

Der Abstand vom Fußboden bis zur Unterkante des Zählerrahmens muss nach DIN 18013 mindestens 0,4 m, von der Oberkante des Zählerrahmens bis zur Decke mindestens 0,2 m betragen.

Messeinrichtungen sind gegen mechanische Beschädigung, Verschmutzung und Feuchtigkeit zu schützen. Deshalb ist eine Montage in feuergefährdeten Betriebsstätten, in Räumen mit erhöhter Temperatur oder in feuchten Räumen verboten. Im Zählerrahmen ist neben den Zählerfeldern in Abstimmung mit dem Netzbetreiber ein Montageplatz für die Tarifsteuerung vorzusehen, z.B. durch Rundsteuerempfänger oder Funksteuergeräte. Ein getrenntes Feld (**Bild 2**) für die Multimedieverkabelung (**Seite 302 und 431**) des Gebäudes ermöglicht den Ausbau und die Anpassung an zukünftige Kommunikationssysteme.

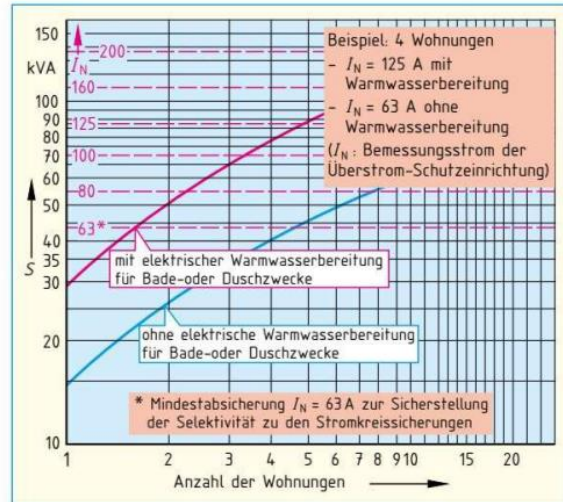


Bild 1: Mindestbelastbarkeit von Hauptleitungen für Wohnungen ohne Elektroheizung



Bild 2: Zählerrahmen mit eingebautem Stromkreisverteiler

Tabelle: Nischenmaße für teilversenkte und vollversenkte Zählerrahmen (nach DIN 18013)

Anzahl der Zählerfelder	Mindestmaße der Zählerrahmenseite in mm			
	Breite	Tiefe teilversenkt	Tiefe vollversenkt	Höhe*
1	325	140	225	1125 oder 1425
2	575	140	225	
3	825	140	225	
4	1075	140	225	
5	1325	140	225	

* Abhängig von der Bestückung des Zählerrahmens

Stromkreisverteiler (Bild) dienen dem Verteilen gemessener elektrischer Energie auf die Stromkreise.

Stromkreisverteiler in gemeinsamer Umhüllung mit dem Zählerplatz (**Bild 2, Seite 300**) haben meist sechs Reihen zum Einbau von Schaltgeräten. In Mehrraumwohnungen sind getrennt angeordnete Stromkreisverteiler mindestens zweireihig auszuführen. Jede Einbaureihe darf höchstens zwölf Teilungseinheiten haben, z.B. für LS-Schalter.

Die Verbindungsleitung vom Zählerplatz zum Stromkreisverteiler ist als Drehstromleitung mit einer Mindestbelastbarkeit von 63 A auszuführen.

Zur Ansteuerung von Tarifschaltgeräten (**Seite 380**) ist in Absprache mit dem Netzbetreiber eine Steuerleitung, z.B. eine 7-adrige Mantelleitung NYM-O oder ein Leerrohr, vom Zählerplatz bis zum Stromkreisverteiler mitzuführen.

Zum Freischalten der Kundenanlage sind Trennvorrichtungen, z.B. **selektive Hauptleitungsschutzschalter (Bild)**, Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) oder Hauptsicherungen vorzusehen. Die Art und Anordnung der Trennvorrichtungen sind den TAB des zuständigen Netzbetreibers zu entnehmen.

Nach DIN VDE 0100-410 sind Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) mit $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ vorgeschrieben in:

- Endstromkreisen mit Steckdosen bis $I_N = 32 \text{ A}$ für die Benutzung durch Laien und zur allgemeinen Verwendung,
- Endstromkreisen für im Außenbereich verwendete Betriebsmittel bis $I_N = 32 \text{ A}$ und
- Endstromkreisen, die Leuchten enthalten.

Stromkreisverteiler befinden sich meist innerhalb der Wohnung. Damit ergeben sich kurze Leitungswege zu Geräten mit hoher Anschlussleistung, z.B. zum Elektroherd oder Durchlauferhitzer.

Stromkreise. Die erforderliche Anzahl von Stromkreisen in Wohngebäuden ist in **Tabelle 1, Seite 305**, angegeben. Geräte mit Anschlussleistungen über 2 kW erhalten zusätzlich eigene Stromkreise.

In Stromkreisverteilern sind als Überstrom-Schutzeinrichtungen LS-Schalter der Energiebegrenzungsklasse 3 mit einem Schaltvermögen von mindestens 6 kA vorgeschrieben.

Stromkreise für verschiedene Tarife, z.B. Hochtarif für Beleuchtung und Niedertarif für Elektrowärmegegeräte, müssen in getrennten Verteilern installiert werden oder sind innerhalb eines Verteilers mindestens durch Stege voneinander zu trennen. Stromkreise verschiedener Kundenanlagen dürfen nicht im gleichen Stromkreisverteiler angeordnet sein.

Stromkreisleitungen müssen ausreichend gegen mechanische, thermische und chemische Einflüsse geschützt sein. Leitungen für feste, geschützte Verlegung müssen einen Mindestquerschnitt von 1,5 mm² Kupfer oder 16 mm² Aluminium haben (DIN VDE 0100-520).

i Stromkreise sind nach DIN VDE 0100-530 einzeln oder in Gruppen auf mehrere Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) zu verteilen und zu schützen.

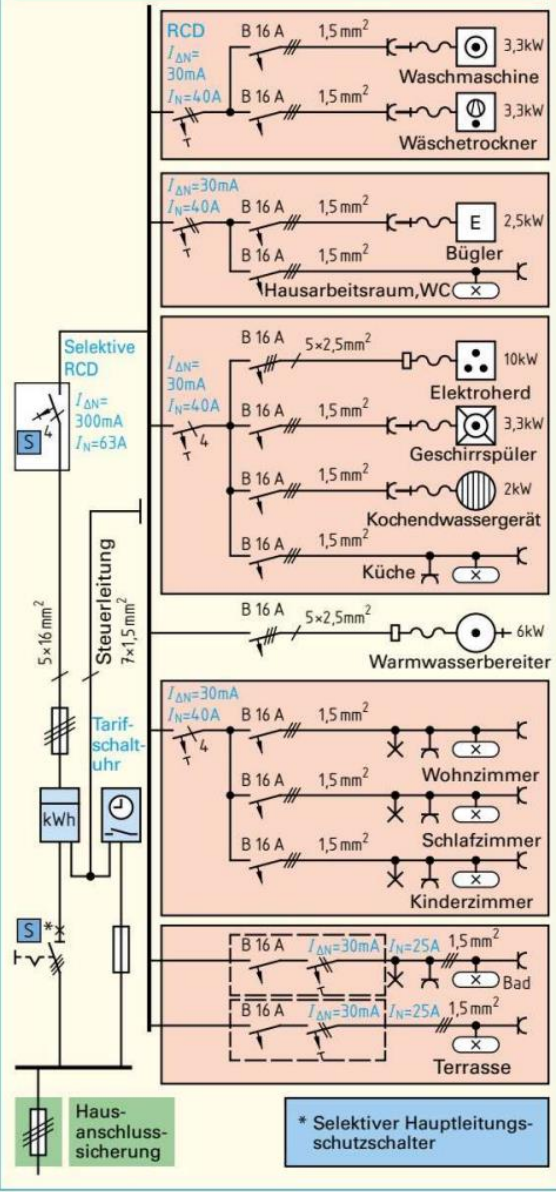


Bild: Hauptleitung, Zähler und Stromkreisverteiler

- Anwendungen von RCDs: **Seite 363**
- RCD-Nennstrombemessung: **Seite 378**

Situationsbeschreibung:

Die elektrische Anlage für ein Wohngebäude soll errichtet werden. Welche Mindestausstattung an z.B. Stromkreisen, Steckdosen, Auslässen für Beleuchtung und Antennensteckdosen ist dafür notwendig?

Grundsatz: Die Elektroinstallation in einem Wohngebäude soll nicht nur für den momentanen Bedarf genügen. Auch in der Zukunft sollen Änderungen und/oder Erweiterungen ohne aufwendige Nachinstallation möglich sein.

Der **Umfang der Elektroinstallation** hängt vom gewünschten Ausstattungswert (**Übersicht**) ab.

Die **Tabellen 1 und 2** beziehen sich auf den Ausstattungswert 1 nach DIN 18015-2.

Stromkreise: Die Mindestanzahl der Stromkreise gemäß Ausstattungswert 1 ist in **Tabelle 1** angegeben. Nebenräume und elektrische Verbrauchsmittel mit einem Anschlusswert über 2 kW benötigen eigene Stromkreise.

Steckdosen und Auslässe für Beleuchtung:

- Ihre Anzahl gemäß Ausstattungswert 1 in den jeweiligen Räumen ist der **Tabelle 2** zu entnehmen.
- Anordnung soll nutzungsgerecht erfolgen, z. B. in Nähe der Arbeitsfläche in Küchen.
- Einbau von Doppel- und Mehrfachsteckdosen für spezielle Anwendungsbereiche, z. B. neben Antennensteckdosen, im Bettbereich, an Arbeitsflächen oder im Badbereich.
- Steckdosen außerhalb der Wohnung, z. B. auf der Terrasse, gegen unbefugte Nutzung absichern, z. B. durch Schalter in der Wohnung.
- In Durchgangsräumen, Fluren mit mehr als 3 m Länge sollen die Leuchten von jeder Tür aus schaltbar sein.

Übersicht: Ausstattung

- Ausstattungswert 1: Wohnung mit normalem Kennzeichen: ★ Wohnwert (DIN 18015-2)
- Ausstattungswert 2: Wohnung mit gehobenem Kennzeichen: ★★ Wohnwert
- Ausstattungswert 3: Wohnung bzw. Wohnhaus mit Kennzeichen: ★★★ aufwendigem Komfort

i Mehrfachsteckdosen zählen planungsmäßig nach Tabelle 2 nur als eine Steckdose.

Tabelle 1: Mindestanzahl der Stromkreise für Steckdosen und Beleuchtung im Wohnbereich (nach DIN 18015-2)

Wohnfläche in m ²	Anzahl der Stromkreise für Steckdosen und Beleuchtung
bis 50	3
über 50 bis 75	4
über 75 bis 100	5
über 100 bis 125	6
über 125	7


Tabelle 2: Mindestanzahl der Steckdosen, Auslässe für Beleuchtung, Steckdosen für Telefon/Daten und Anschlüsse für Verbrauchsmittel über 2 kW (nach DIN 18015-2, Auszug)

Wohnraum	Steckdosen	Auslässe Beleuchtung	Telefon/Daten		Radio/TV		Besondere Verbrauchsmittel**					
			Anschlussdosen	Steckdosen	Anschlussdosen	Steckdosen	Elektroherd	Mikrowellengerät	Geschirrspülmaschine	Waschmaschine***	Warmwassergerät	Wäschetrockner***
Küche*	5	2			1	3	1	1	1	1	1	1
Kochnische*	3	1					1	1	1		1	
Bad	2	2								1	1	1
WC-Raum	1	1									1	
Hausarbeitsraum	3	1								1		1
Wohnzimmer	bis 20 m ²	4	2	1	1	2	6					
	über 20 m ²	5	3									
Esszimmer	3	1	1	1	1	3						
Schlaf-, Kinder-, Gäste- und Arbeitszimmer	bis 20 m ²	4	1	1	1	3						
	über 20 m ²	5	2	1	1	3						
Flur	bis 3 m	1	1	1	1							
	über 3 m	1	2									
Freisitz, Abstellraum	1	1										
Hobbyraum	3	1										
Keller, Bodenraum, Garage	1	1										
Keller-, Bodengänge je 6 m Länge	1	1										


* Zusätzlich sind für Kühl- und Gefriergeräte 2 Steckdosen, für die Dunstabzugshaube eine Steckdose notwendig.
 ** Zu den besonderen Verbrauchsmitteln über 2 kW gehören z.B.: Elektroherd, Mikrowellengerät, Geschirrspüler, Waschmaschine, Wäschetrockner, Bügelstation, Warmwasser- und Heizgeräte. Sie haben eigene Stromkreise.
 *** In einer Wohnung nur einmal erforderlich.

11.2.3 Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen

Der VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung wertet die vom Statistischen Bundesamt bereitgestellten Zahlen von tödlichen Elektrounfällen in Deutschland aus (**Bild 1**). Neben Industrie und Gewerbe untersuchte man auch Freizeit und Haushalt. Vor allem Leichtsinn, unsachgemäße und zweckentfremdete Bedienung sowie eine laienhafte Reparatur elektrischer Geräte und Anlagen verursachen viele Unfälle. Der überwiegende Teil der Unfälle ereignete sich im Niederspannungsbereich.

 Grundsätzlich sind Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagen verboten.

Ausnahmen sind in DIN VDE 0105 festgelegt. Sie gelten für Anlagen mit Spannungen ab AC 50 V oder DC 120 V, wenn beim Abschalten eine Gefahr für Personen oder ein unvermeidbar hoher materieller Schaden entstehen würde, z. B. in Glashütten oder in Stahlwerken.

 Arbeiten unter Spannung ist nur Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen erlaubt. Dabei sind besondere Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Zur Herstellung des spannungsfreien Zustandes bei Arbeiten an elektrischen Anlagen sind die **fünf Sicherheitsregeln** einzuhalten (**Tabelle**). Vor Beginn der Arbeit ist ein Verbotsschild (Nicht schalten) anzubringen (**Bild 3**). Eine Arbeitsstelle ist von der Aufsicht führenden Person erst dann freizugeben, wenn die Sicherheitsregeln in der Reihenfolge 1 bis 5 durchgeführt sind. Eine **Elektrofachkraft (EFK)** oder eine **elektrotechnisch unterwiesene Person (EuP)** muss den spannungsfreien Zustand der Anlage feststellen (**Bild 4**). Nach Beendigung und Überprüfung der Arbeit sind alle beteiligten Personen zu informieren. Die Sicherheitsregeln sind sinngemäß in umgekehrter Reihenfolge aufzuheben. Erst dann meldet der Arbeitsverantwortliche dem Anlagenverantwortlichen die Beendigung der Arbeit und die Einschaltbereitschaft.

Tabelle: Die fünf Sicherheitsregeln für Arbeiten im spannungsfreien Zustand (nach DIN VDE 0105)

1. Freischalten	<ul style="list-style-type: none"> • Freischalten aller Teile der Anlage (allseitig und allpolig), an denen gearbeitet werden soll (Bild 2), • LS-Schalter abschalten, Schmelzsicherungen entfernen.
2. Gegen Wiedereinschalten sichern	<ul style="list-style-type: none"> • Betätigungsmechanismus von Schaltgeräten, z. B. LS-Schalter, durch Schloss sichern, Sicherungseinsätze mitnehmen, Verbotsschilder anbringen (Bild 3).
3. Spannungsfreiheit feststellen	<ul style="list-style-type: none"> • Spannungsfreiheit durch Fachkraft feststellen, • Anlage mit zweipoligem Spannungsprüfer prüfen (Bild 4). • Wenn die Arbeit unterbrochen wurde, muss vor Wiederaufnahme die Spannungsfreiheit erneut festgestellt werden. (Gilt nicht, wenn bereits geerdet und kurzgeschlossen ist).
4. Erden und kurzschließen	<ul style="list-style-type: none"> • Zuerst immer erden, dann mit den kurzzuschließenden aktiven Teilen verbinden (die Erdungs- und Kurzschließeinrichtungen müssen nach Möglichkeit von der Arbeitsstelle aus sichtbar sein). Regel 4 entfällt bei Anlagen unter 1000 V, z. B. in Kabelanlagen, ausgenommen Freileitungen.
5. Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Anlagen unter 1 kV genügen zum Abdecken, z. B. isolierende Tücher, Schläuche, Formstücke. Über 1 kV sind zusätzlich Absperrtafeln, Seile, Warntafeln erforderlich. • Körperschutz, z. B. Schutzhelm mit Gesichtsschutz, eng anliegende Kleidung und Handschuhe tragen.

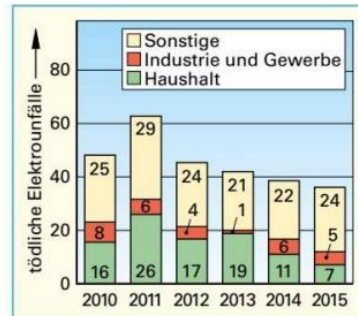


Bild 1: Tödliche Elektrounfälle



www.baua.de
www.dguv.de



Bild 2: Herausnehmen eines NH-Sicherungseinsatzes



Bild 3: Verbotsschild für Arbeiten an freigeschalteten Anlagen



Bild 4: Feststellen der Spannungsfreiheit an einem Elektroherd

11.2.4 Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik

Das Errichten, Warten, Instandhalten oder Prüfen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel ist nach **DGUV¹ Vorschrift 3** (früher BGV A3) durch qualifizierte Personen (Elektrofachkräfte) durchzuführen. Je nach Anforderung werden Personen mit unterschiedlichen Qualifikationen (**Bild**) und Fachkenntnissen benötigt.

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass bei Übertragung von Aufgaben, z. B. Prüfen einer elektrischen Anlage, die Beschäftigten befähigt und geeignet sind, Bestimmungen, Vorschriften und Maßnahmen einzuhalten (**Übersicht und Tabelle**).

Übersicht: Bestimmungen, rechtliche Vorschriften

- Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (DGUV Vorschrift 3)
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)
- DIN VDE-Bestimmungen (DIN VDE 0105-100)



Bild: Qualifizierte Personen in der Elektrotechnik

¹ DGUV, Abk. für Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Tabelle: Qualifizierte Personen in der Elektrotechnik		
Personen	Beschreibung, Ausbildung und Qualifikation	Tätigkeiten, Arbeitsbeispiele
Befähigte Personen (bP)	Befähigte Personen müssen für alle elektrotechnischen Arbeiten durch ihre Berufsausbildung, z. B. Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik, geeignet sein. Eine mindestens einjährige Berufserfahrung und zeitnahe berufliche Tätigkeit mit aktualisierten Kenntnissen der Elektrotechnik, z. B. an Schulungen, ist vorausgesetzt.	<ul style="list-style-type: none"> • Reparatur-, Service- und Wartungsarbeiten, • Prüfung elektrischer Betriebsmittel, • Instandsetzung und Prüfung von elektrischen Geräten.
Verantwortliche Elektrofachkraft (VEFK)	Die Verantwortliche Elektrofachkraft ist vom Unternehmer bzw. Arbeitgeber beauftragt, Fach- und Aufsichtsverantwortung zu übernehmen. Die Verantwortung kann für einen ganzen Betrieb, Betriebsteile oder eine Anlage gelten. VEFKe sind oft fachliche Vorgesetzte anderer Elektrofachkräfte, z. B. Handwerks- oder Industriemeister, staatlich geprüfte Techniker oder Ingenieure.	Organisation, fachliche Leitung eines Elektrobereichs, z. B. <ul style="list-style-type: none"> • Koordinierung der Arbeiten, • Planung und Projektierung von elektrischen Anlagen, • Bereitstellen von Vorschriften/Regeln, • Aus- und Weiterbildung organisieren.
Elektrofachkraft (EFK)	Elektrofachkraft ist eine Person, die aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung, Erfahrungen und Kenntnisse, die ihr übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann. Die EFK ist keine Berufsbezeichnung, sondern eine Qualifikation, die nach der Ausbildung im Unternehmen durch Erfahrung erworben werden muss. Voraussetzung ist eine Berufsausbildung, z. B. Geselle, Facharbeiter, Meister, Techniker oder Ingenieur entsprechend den Ausbildungs-, Prüfungs- und Studienordnungen.	Arbeiten an elektrischen Anlagen bis AC 1000 V bzw. DC 1500 V, z. B. <ul style="list-style-type: none"> • Planen, Projektieren, Konstruieren, • Errichten, Prüfen, Betreiben, Ändern von elektrischen Anlagen, • Einsetzen von Arbeitskräften, • Wartung elektrischer Maschinen Bei Arbeiten in Anlagen > 1000 V ist eine Schaltberechtigung notwendig.
Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten (EFKfft)	Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten ist ein Mitarbeiter mit abgeschlossener, technischer Berufsausbildung, der eigenverantwortlich und selbstständig in einem genau festgelegten Bereich tätig ist. Festgelegte Tätigkeiten sind wiederholende elektrotechnische Arbeiten an Betriebsmitteln, die vom Unternehmer in einer Arbeitsanweisung festgelegt sind. Ortsfeste Gebäudeinstallationen, z. B. eine Herdanschlussdose, dürfen nicht verändert oder errichtet werden. Die Ausbildung mit 80 Stunden beinhaltet Theorie und Praxis mit Prüfung.	Es dürfen z. B. nur Betriebsmittel an einen vorhandenen Übergabepunkt angeschlossen, ausgetauscht und geprüft werden, z. B. <ul style="list-style-type: none"> • Elektroherd durch Küchenmonteure, • Rollladenmotor durch Rollladenmonteure, • Schaltgeräte und Sensoren an Biegemaschine austauschen und einstellen.
Elektrotechnisch unterwiesene Person (EuP)	Elektrotechnisch unterwiesene Personen führen einfache elektrotechnische Arbeiten unter Anleitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft durch. Sie sind über mögliche Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterwiesen worden, z. B. Gefahren beim Reinigen einer elektrischen Anlage. Die Ausbildung ist zeitlich begrenzt, z. B. 1 bis 2 Tage, mit Kenntnissen über Unfallverhütungsvorschriften, Normen, Stromgefahren und einfache Schutzmaßnahmen.	Einfache Prüfungen und elektrotechnische Arbeiten unter Anleitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft durchführen, z. B. <ul style="list-style-type: none"> • Aufstellen einer Parabolantenne, • Ausheben eines Kabelgrabens, • Malerarbeiten in elektrischen Betriebsräumen.

11.4 Schutz gegen elektrischen Schlag

Bei ordnungsgemäßem Betrieb einer elektrischen Anlage dürfen Personen und Nutztiere nicht geschädigt werden. Ebenso muss eine Gefährdung von Sachwerten unterbleiben. Deshalb sind zur Vermeidung und Verhütung von elektrischen Unfällen Schutzmaßnahmen (**Übersicht**) vorzusehen. Treten in Anlagen oder Geräten Fehler auf, muss das Bestehenbleiben einer zu hohen Berührungsspannung (**Seite 352**) verhindert werden, z. B. durch automatisches Abschalten der Anlage. **DIN VDE 0100-410 „Errichten von Niederspannungsanlagen“** legt die Grundregeln des Schutzes gegen elektrischen Schlag fest.

Eine Schutzmaßnahme gegen elektrischen Schlag muss immer bestehen aus:

- Einer Kombination aus zwei unabhängigen Schutzvorkehrungen, dem **Basisschutz** (Schutz gegen direktes Berühren) und dem **Fehlerschutz** (Schutz bei indirektem Berühren) oder
- einem **zusätzlichen Schutz**, der beim Versagen der Schutzvorkehrungen des Basisschutzes oder Fehlerschutzes bzw. beim sorglosen Benutzen elektrischer Anlagen schützt, z.B. durch Anwendung von verstärkter Isolierung oder Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$.

Bei der Installation einer elektrischen Anlage ist zu beachten, dass in jedem Teil der Anlage **eine** Schutzmaßnahme oder auch **mehrere** Schutzmaßnahmen angewendet werden können, die sich aber gegenseitig nicht nachteilig beeinflussen dürfen. Die jeweils anzuwendende Schutzmaßnahme ist abhängig von der Auswahl und dem Errichten der Betriebsmittel. Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung (**Seite 356**) im Fehlerfall ist die meist angewendete Schutzmaßnahme.

Übersicht: Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100-410



Anhänge A, B und C in DIN VDE 0100-410

A Schutzvorkehrungen für den Basisschutz unter normalen Bedingungen (**Seite 355**):

- Basisisolierung aktiver Teile
- Abdeckungen oder Umhüllungen

Schutzmaßnahmen, wenn nur Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen die Anlage betreiben und überwachen

B Schutzvorkehrungen für den Basisschutz unter besonderen Bedingungen (**Seite 355**):

- Hindernisse
- Anordnung außerhalb des Handbereichs

C Schutzvorkehrungen zur ausschließlichen Anwendung in Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen betrieben und überwacht werden (**Seite 367**):

- Nicht leitende Umgebung
- Schutz durch erdfreien örtlichen Schutzpotenzialausgleich
- Schutztrennung mit mehr als einem Verbrauchsmittel

11.5.2 Anforderungen an den Fehlerschutz

Fehlerschutz ist ein Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen und schützt Menschen und Nutztiere beim Versagen des **Basis-schutzes**. Fällt an einem Gerät mit Betriebsspannung über AC 50 V der Basisschutz, z.B. infolge eines Isolationsfehlers aus, kann bei Berührung, z.B. aktiver Teile, die Gesundheit des Menschen gefährdet sein. Die fehlerhafte Anlage muss innerhalb kurzer Zeit, z.B. 0,4 s bei AC 230 V (**Tabelle 2, Seite 357**), automatisch abgeschaltet werden (**Bild 1**). In Anlagen, bei denen ein Gerät im 1. Fehlerfalle nicht abgeschaltet werden darf, z.B. Operationsräume, muss eine Schutzzeineinrichtung ein Signal auslösen (**IT-System, Seite 359**).

Schutzerdung (Erdung über den Schutzleiter). Zum Zwecke der elektrischen Sicherheit müssen ein oder mehrere Punkte eines Netzes, einer Anlage oder eines Betriebsmittels der Schutzklasse I geerdet werden (**Bild 2**).

Schutzpotenzialausgleich (Seite 299) über die Haupterdungsschiene. Erdungsleiter und leitfähige Teile eines Gebäudes, die Fremdpotenziale in Gebäude einschleppen und somit gefährliche Potenzialdifferenzen verursachen können, sind über die **Haupterdungsschiene (Bild 2)** zum **Schutzpotenzialausgleich** zu verbinden (**Übersicht**).

Automatische Abschaltung im Fehlerfall. Im Falle eines Fehlers, z.B. eines Körperschlusses im TN-System, muss eine Schutzzeineinrichtung in der geforderten Abschaltzeit (**siehe Tabelle 2, Seite 357**) den Stromkreis automatisch unterbrechen. Das Bestehen einer unzulässig hohen Berührungsspannung an den Körpern der Betriebsmittel wird dadurch verhindert.

Durch die Verbindung des PEN-Leiters über die Haupterdungsschiene mit dem **Fundamenterder** würde auch bei einer Unterbrechung des PEN-Leiters die vorgeschaltete Schutzzeineinrichtung abschalten (**Bild 2**). Wenn z. B. eine ältere Verbraucheranlage keinen eigenen Anlagenerder R_A (Fundamenterder) besitzt und der PEN-Leiter vor dem Hausanschluss unterbrochen wird (**Bild 2**), würde bei einphasigen Verbrauchern auch ohne Körperschluss eine gefährliche Spannung am Gehäuse des Betriebsmittels und am Schutzleiter anstehen. Damit im Fehlerfall das Potenzial des Schutzleiters bzw. PEN-Leiters eine möglichst geringe Abweichung gegenüber dem Erdpotential aufweist, muss ein Stromrückfluss zum geerdeten Sternpunkt des Transformators gewährleistet sein (**Fehlerstromkreis 2**). Dies wird durch zusätzliche Erdungen im Netz erreicht, z. B. an den Eintrittsstellen in das Gebäude, z. B. durch Verbinden mit dem Fundamenterder (**Bild 2**).

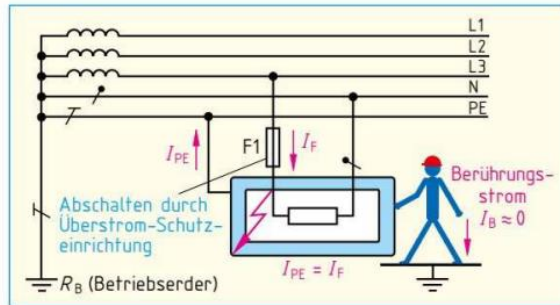


Bild 1: Schutz durch Abschalten bei Körperschluss

i Jeder Stromkreis muss einen Schutzleiter haben, der über eine Schutzleiterklemme oder Schutzleiterschiene geerdet ist.

Übersicht: Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene (Beispiele):

- Verbindung mit dem PEN/PE-Leiter (TN-System)
- Erder, z. B. Fundamenterder
- Antenne, Blitzschutzanlage
- Metallene Gas-, Wasser- und Fernwärmesysteme
- Metallene Zentralheizungs- und Klimageräte mit leitfähiger Zuleitung von außen
- Fremde leitfähige Teile der Gebäudestruktur
- Berührbare Bewehrungen von Gebäudekonstruktionen

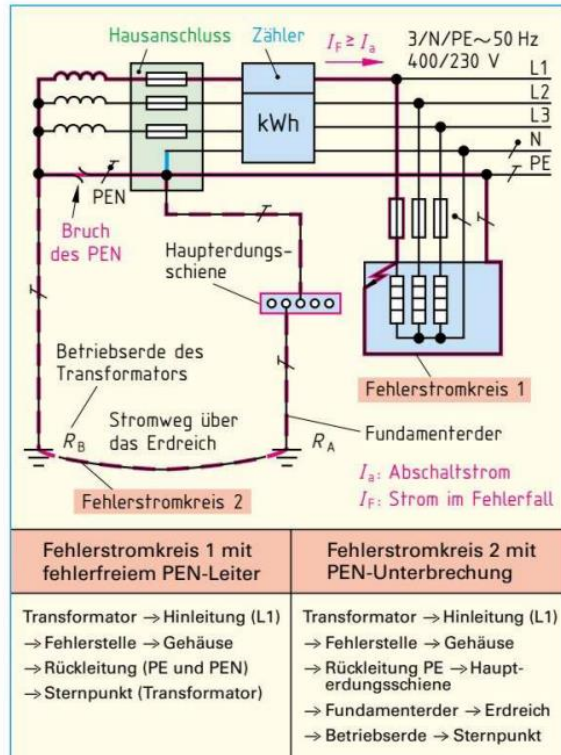


Bild 2: Schutz durch Erdung im TN-C-S-System bei einem Körperschluss

Fehlerstromkreis 1 mit fehlerfreiem PEN-Leiter	Fehlerstromkreis 2 mit PEN-Unterbrechung
Transformator → Hinleitung (L1) → Fehlerstelle → Gehäuse → Rückleitung (PE und PEN) → Sternpunkt (Transformator)	Transformator → Hinleitung (L1) → Fehlerstelle → Gehäuse → Rückleitung PE → Haupterdungsschiene → Fundamenterder → Erdreich → Betriebserde → Sternpunkt

11.9 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs¹) schützen Personen, Nutztiere und Sachwerte bei Versagen des Basis- oder Fehlerschutzes (**Übersicht und Seite 363**). RCDs unterstützen zusätzlich, z. B. im TN-System oder TT-System, die angewendeten Schutzmaßnahmen. Da auch Isolationsfehler überwacht und unzulässige Kriechströme abgeschaltet werden, dienen RCDs zusätzlich dem Brandschutz.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (**Bild 2**) schalten Betriebsmittel in kurzer Zeit allpolig ab, wenn bedingt durch Isolationsfehler eine gefährliche Berührungsspannung U_B über dem maximal zulässigen Wert von 50 V auftritt.

11.9.1 Aufbau und Funktion

Eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (**Bild 1**) besteht im Wesentlichen aus drei Funktionsgruppen:

- Der Summenstromwandler mit den Differenzialspulen dient im Fehlerfall zur Erfassung des Fehlerstromes I_Δ und zur Spannungserzeugung in der Messwicklung für den Fehlerstromauslöser.
- Die Messwicklung erregt den Fehlerstromauslöser. Es erfolgt eine mechanische Entklinkung.
- Die mechanische Entklinkung des Schaltschlusses bewirkt ein Trennen des Stromkreises.

Alle aktiven Leiter (z. B. L1, L2, L3, N), vom Netz zum zu schützenden Betriebsmittel, werden durch einen **Summenstromwandler (Bild 1)** geführt. Im fehlerfreien Zustand ist die Summe der zu- und abfließenden Ströme null. Die magnetischen Wechselfelder der Leiter im Summenstromwandler heben sich auf. In der Ausgangswicklung des Summenstromwandlers wird keine Spannung induziert.

Im Fehlerfall, z. B. bei Erdschluss eines Leiters oder bei Körperschluss eines Betriebsmittels, fließt ein Fehlerstrom über den PE-Leiter oder Erde zur Stromquelle zurück. Die Summe der zu- und abfließenden Ströme ist nicht mehr null. In der Ausgangswicklung des Summenstromwandlers wird nun eine Spannung induziert, die einen elektromagnetischen Fehlerstromauslöser auslöst (**Bild 1**) und alle geschützten Betriebsmittel allpolig vom Netz trennt. Mit der Prüftaste kann ein Fehler simuliert werden (**Bild 2**). Damit lässt sich aber nur die Auslösefunktion der RCD prüfen, jedoch nicht die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme.

Die Auslösung der RCD mit der Prüftaste ist nach DGUV, Vorschrift 3 vom Betreiber der Anlage bei nicht stationären Anlagen, z. B. auf Baustellen, an jedem Arbeitstag, bei stationären Anlagen, z. B. in Fertigungsräumen, alle 6 Monate zu prüfen.

¹ RCD, Abk. für: Residual Current Protective Device (engl.) = Fehlerstrom-Schutzeinrichtung

Übersicht: Hauptaufgaben der RCDs

- Zusätzlicher Schutz beim Versagen von Vorkehrungen für den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren).
- Zusätzlicher Schutz beim Versagen von Vorkehrungen für den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren).
- Zur Verhütung von Bränden (Brandschutz).



Schutz durch RCDs darf nur als zusätzliche aber nicht als alleinige Maßnahme durchgeführt werden. RCDs sind kein Ersatz für Schutzmaßnahmen.

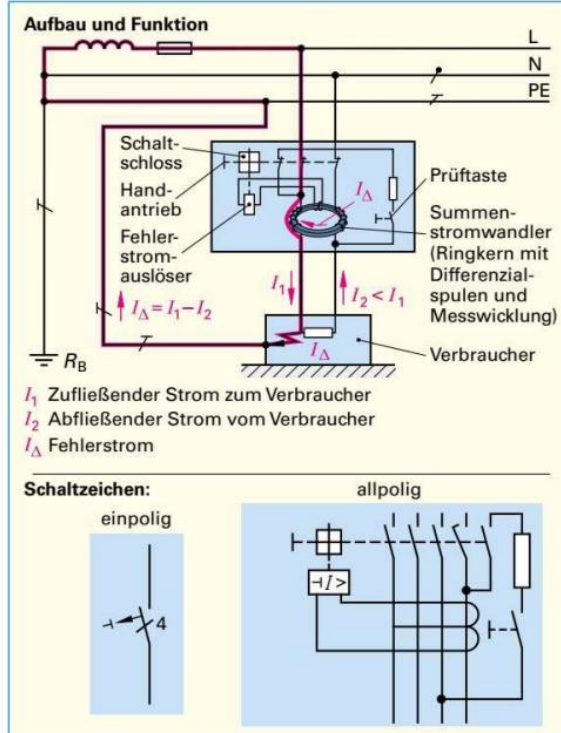


Bild 1: Aufbau, Funktion und Schaltzeichen einer RCD

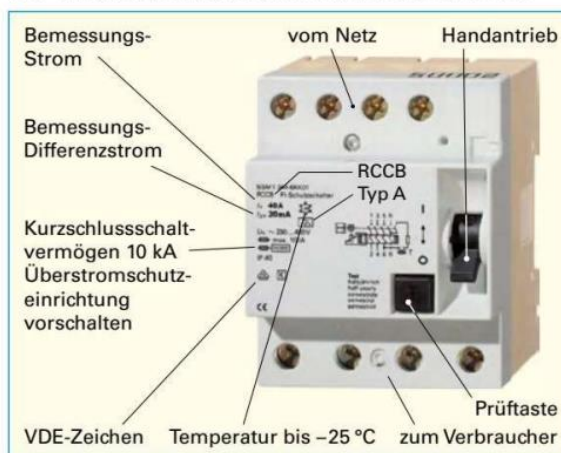


Bild 2: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung RCCB, 4-polig

11.9.2 Anwendungen von RCDs

Nach DIN VDE 0100-410 wird für die Errichtung elektrischer Anlagen in besonders unfallgefährdeten Bereichen der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) vorgeschrieben (**Bild 1**), z. B. in:

- Baderäumen, Steckdosenstromkreisen, Baustellenverteilern
- Landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten
- Medizinisch genutzten Räumen
- Laborräumen, Schulen und Ausbildungsstätten

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit einem Bemessungs-Differenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ sind nach DIN VDE 0100-410 vorgeschrieben in:

- Steckdosenstromkreisen mit einem Bemessungsstrom bis 32 A, die für Laien und zur allgemeinen Verwendung bestimmt sind.
- Endstromkreisen für im Außenbereich verwendete fest angeschlossene ortsveränderliche Betriebsmittel mit einem Bemessungsstrom bis 32 A.
- Endstromkreisen mit Leuchten in Wohnungen.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen müssen nach DIN VDE 0100-530 so ausgewählt und zugeordnet sein, dass die Summe der Ableitströme auf der Lastseite bei mehreren Verbrauchern nicht mehr als das 0,3-fache des Bemessungs-Differenzstromes $I_{\Delta N}$ beträgt. Eine Aufteilung der Stromkreise auf mehrere Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (**Bild 2**) ist somit erforderlich, damit unerwünschtes Abschalten der Gesamtanlage wie z. B. in **Bild 1** verhindert wird. Im Fehlerfall soll nur der fehlerbehaftete Teil der Anlage abgeschaltet werden.

Um **Brandschutz** in den Verteilerstromkreisen zu gewährleisten, wird den RCDs mit $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ der Endstromkreise ein selektiver zeitverzögerter RCD (**Bild 2**) der Bauart **S (S für selektiv)** mit $I_{\Delta N} \leq 300 \text{ mA}$ vorgeschaltet. Selektive RCDs werden in Reihe mit RCDs der normalen Bauart verwendet und vorrangig in Verteilerstromkreisen eingesetzt. Sie haben eine Abschaltzeit $t_a \leq 1 \text{ s}$ (**Bild 2**). Diese übergeordnete selektive Fehlerstrom-Schutzeinrichtung reagiert zeitverzögert, d.h. benachbarte Stromkreise bleiben deshalb in Betrieb.

Fehlerstrom-Schutzschalter mit LS-Schalter (RCBO¹). In Neuanlagen und zur Verbesserung des Schutzzumfanges in Altanlagen setzt man z.B. bei nachträglichem Einbau in Stromkreisen für Bade- und Duschräume Kombinationen von RCD und LS-Schalter ein (**Bild 3**).

Bei diesen Geräten entfällt der Verdrahtungsaufwand zwischen RCD und LS-Schalter.

¹ **RCBO**, Abk. für: Residual Current operated Circuit Breaker with integrated Overcurrent Protection (engl.) = Fehlerstrom-Schutzschalter mit zusätzlichem Überstromschutz auslöser (LS-Schalter)

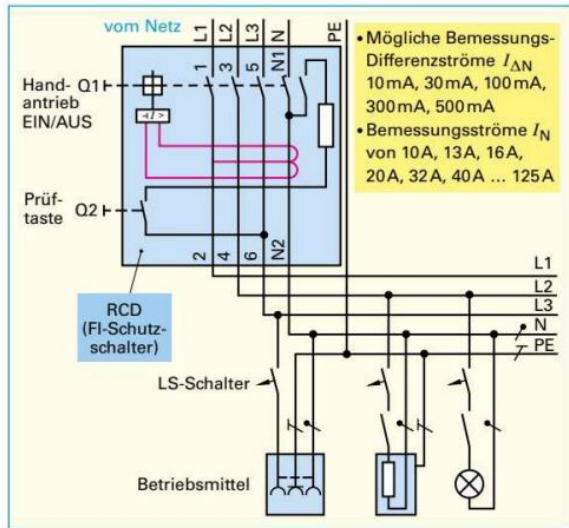


Bild 1: Beispiel einer RCD im TN-System (Teilanlage)

Der Bemessungs-Differenzstrom $I_{\Delta N}$, z. B. 30 mA, ist eine Angabe auf der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung. Es ist ein Wert, bei dem die RCD (**Bild 1**) im Fehlerfall auslösen muss. In der Praxis liegt der Auslösebereich bei 50 bis 100 % des Bemessungs-Differenzstromes, d. h. bei $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ zwischen 15 mA und 30 mA.

Anwendungsbereiche von RCDs

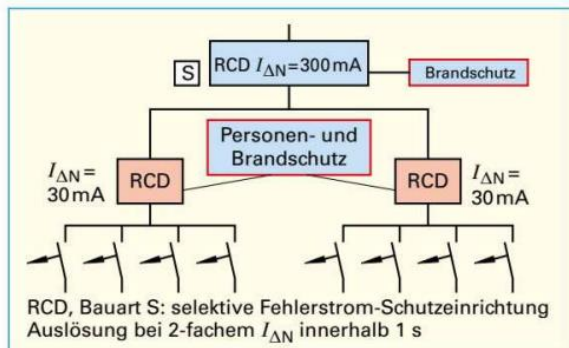


Bild 2: Selektiv gestaffelte RCD-Schutzeinrichtung

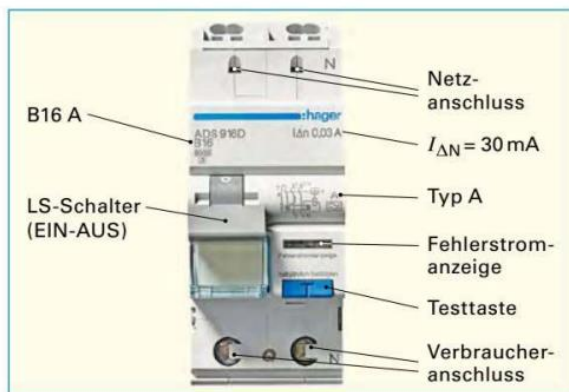


Bild 3: RCD-LS-Kombination 16 A, 30 mA (RCBO)

10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher

Überstrom-Schutzeinrichtungen

Überstrom-Schutzeinrichtungen schützen Leitungen und Betriebsmittel vor Überlastung und Kurzschluss.

Wird ein Leiter von einem Strom durchflossen, so erwärmt er sich (Wärmewirkung, **Seite 33**). Durch unzulässig hohe Ströme können Brände entstehen. Um eine Brandgefahr in elektrischen Anlagen zu vermeiden, muss ein zu hoher Strom abgeschaltet werden. Ursache zu hoher Ströme kann eine Überlastung oder ein Kurzschluss sein.

Durch den Einbau von **Überstrom-Schutzeinrichtungen (Übersicht)** in Leitungen, z. B. von Schmelzsicherungen, wird eine unzulässig hohe Erwärmung verhindert. Die Sicherung enthält einen Leiter (Schmelzleiter) mit kleinem Querschnitt, der bei einer zu hohen Stromstärke durchschmilzt. Der Stromkreis wird unterbrochen. Dadurch werden Brand oder Zerstörung der Leitungen und der angeschlossenen Betriebsmittel verhindert.

Schraubsicherungssysteme (Bild 1) bestehen aus Sicherungssockel, Passeinsatz, Schmelzeinsatz und Schraubkappe.

Schmelzeinsätze (Bild 2) sind zylindrische Hohlkörper aus Porzellan, die mit Quarzsand zur Funkenlöschung gefüllt sind. Durch den Quarzsand führen ein oder mehrere Schmelzleiter, die den Fußkontakt mit dem Kopfkontakt verbinden. Neben dem Schmelzleiter wird vom Fußkontakt aus ein Haltdraht geführt. Am Ende des Haltdrahts ist der farbig gekennzeichnete Unterbrechungsmelder (Kennmelder) befestigt. Bei einem unzulässig hohen Strom werden Schmelzleiter und Haltdraht unterbrochen und der Kennmelder wird abgeworfen.

In den **Sicherungssockel** wird ein **Passeinsatz**, z. B. Passschraube, Passhülse oder Passring, mit dem entsprechenden Spezialwerkzeug z. B. Passhülsenzange oder Passschraubenschlüssel eingesetzt. Um einen fahrlässigen oder irrtümlichen Austausch eines Schmelzeinsatzes mit einem höheren Bemessungsstrom zu verhindern, haben die Fußkontakte je nach Bemessungsstromstärke verschiedene Durchmesser. Deshalb passt zu der Passschraube in **Bild 3** nur ein Schmelzeinsatz mit einer Bemessungsstromstärke von 20 A (Bemessungsstromstärke Kennfarbe Blau, **Seite 318**).

Passeinsätze dürfen nicht durch Einsätze für größere Bemessungsströme ersetzt werden.

Eine Ausnahme ist der 13-A-Schmelzeinsatz der dem Fußkontakt-Durchmesser des 10-A-Schmelzeinsatzes identisch ist.

i Überlastung, Kurzschluss, Unverwechselbarkeit

- **Überlastung** entsteht, wenn in einem fehlerfreien Stromkreis zu viele Verbraucher oder Verbraucher mit einer zu hohen Stromaufnahme angeschlossen sind.
- **Kurzschluss** entsteht z. B. durch Schaltungsfehler oder durch eine leitende Verbindung (Isolationsfehler) zwischen Leitern, die gegeneinander Spannung führen, z. B. zwischen dem Außenleiter (L) und dem Neutralleiter (N).
- **Unverwechselbarkeit** für Sicherungen wird für Bemessungsströme ab 10 A nach DIN EN 60269 (VDE 0636) gefordert. Diese müssen so aufgebaut sein, dass der Schmelzeinsatz nicht irrtümlich durch einen Schmelzeinsatz mit einem höheren Bemessungsstrom ersetzt werden kann.

Übersicht: Überstrom-Schutzeinrichtungen

- Schraubsicherungen
 - NH-Sicherungen (**Seite 318**)
 - Geräteschutzsicherungen (**Seite 318**)
 - Leitungsschutzschalter (**Seite 321**)
 - HH-Sicherungen (**Seite 293**)
- Schaltzeichen
Sicherung (allg.)

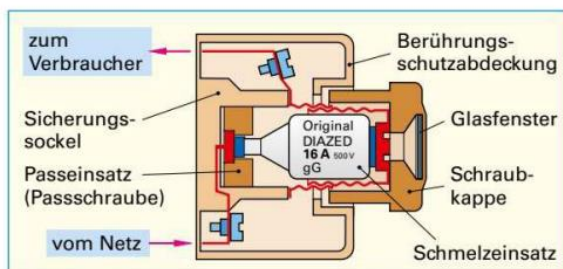


Bild 1: Schraubsicherungssystem (Schraubsicherung mit Schmelzeinsatz)

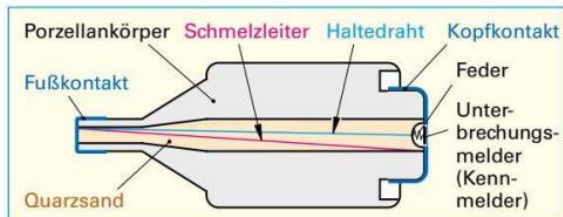


Bild 2: Aufbau des Schmelzeinsatzes



Bild 3: Unverwechselbarkeit der Schmelzeinsätze

Durchgeschmolzene Schmelzeinsätze müssen gegen neue ausgewechselt werden. Flicker oder Überbrücken von Schmelzeinsätzen ist verboten, weil dadurch der Schutz der Leitung aufgehoben wird (DIN VDE 0100). Ist ein geflickter oder überbrückter Schmelzeinsatz die Brandursache, so kann die Brandversicherung die Entschädigung verweigern.

Sicherungen dürfen nicht geflickt oder überbrückt werden.

Die **Bemessungsstromstärken** der Sicherungseinsätze (Schmelzeinsätze) sind genormt (**Tabelle**). Die Passeinsätze haben die gleichen Kennfarben wie die Kennmelder der Schmelzeinsätze.

Bei Schraubsicherungssystemen unterscheidet man das ältere

- **D-System** (DIAZED¹-System) und das neue
- **D0-System** (NEOZED²-System).

Beide Systeme sind im Prinzip gleich aufgebaut (**Bild 1**). Es gibt sie in verschiedenen Baugrößen in den Bemessungsstromstärken von 2 A bis 100 A (**Tabelle**) sowie für verschiedene Bemessungsspannungen (**Übersicht**).

Das DIAZED-System hat die Größen D II und D III, das NEOZED-System die Größen D01, D02 und D03.

NH-Sicherungssystem

Das Niederspannungs-Hochleistungssicherungssystem besteht aus dem NH-Sicherungsunterteil und dem NH-Schmelzeinsatz (**Bild 2**). NH-Sicherungen gibt es in verschiedenen Baugrößen (000; 00; 0; 1 bis 4 und 4a) für Bemessungsstromstärken von 2 A bis über 1250 A.

NH-Schmelzeinsätze dürfen nur von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen eingesetzt bzw. entfernt werden. Außerdem muss ein Helm mit Gesichtsschutz und ein NH-Sicherungsaufsteckgriff mit Unterarmstulpe verwendet werden (**Bild 2, Seite 350**).

Geräteschutzsicherungen

Geräte der Messtechnik und Elektronik, z. B. Netzteile, Rundfunk-, Fernseh- und Messgeräte, werden durch Geräteschutzsicherungen (G-Sicherungen) abgesichert. Der Schmelzeinsatz aus Glas oder Keramik (**Bild 3**) trägt an den Enden Kontaktkappen, die durch den Schmelzdraht miteinander verbunden sind. G-Sicherungen werden meist für die Bemessungsspannung 250 V bei Bemessungsströmen von 0,032 A bis 20 A hergestellt. Entsprechend den Einsatzbereichen unterscheidet man G-Sicherungen in der Abschaltcharakteristik superflink (FF), flink (F), mittelträge (M), träge (T) und superträge (TT).

¹ DIAZED = DIAmetral gestuftes Zweiteiliges Sicherungssystem mit EDisongewinde
² von neos (griech.) = neu
³ In einigen Ländern werden anstelle der Bemessungsstromstärke 35 A die Bemessungsstromstärken 32 A und 40 A verwendet.

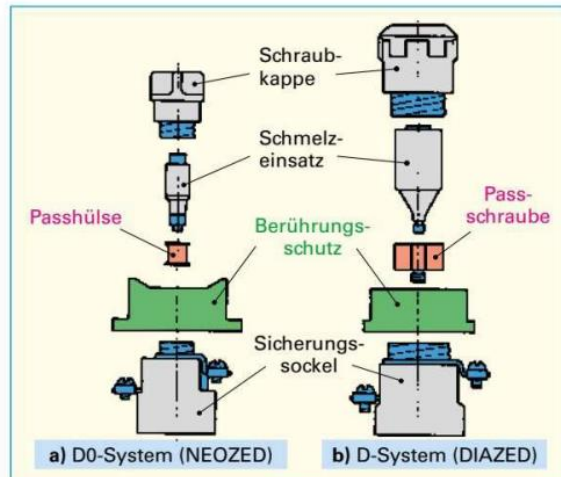


Bild 1: Aufbau a) des D0-Systems, b) des D-Systems

Tabelle: Schmelzeinsätze			
Bemessungsstromstärke in A	Kennfarbe	Typ des Schmelzeinsatzes System	Gewinde der Schraubkappe
2	rosa	D II	D01
4	braun		
6	grün		
10	rot		
13	schwarz		
16	grau		
20	blau	D02	E 18 (D02)
25	gelb		
35 ³	schwarz		
50	weiß	D III	E 33 (D III)
63	kupfer		
80	silber	D IV H	D03
100	rot		

Übersicht: Bemessungsspannungen (Beispiele)	
• DIAZED-System:	AC und DC 500 V
• NEOZED-System:	AC 400 V/DC 250 V
• NH-System:	AC 500 V/DC 440 V oder AC 690 V/DC 440 V



Bild 2: NH-Sicherungssystem

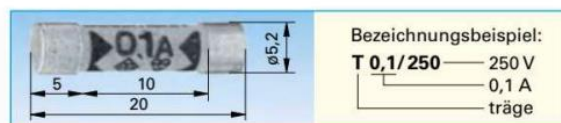


Bild 3: Geräteschutzsicherung

10.4 Schutzschalter

Schutzschalter trennen Verbraucher oder Anlagenteile selbsttätig vom Netz, wenn eine Überlastung, ein Kurzschluss oder eine gefährliche Berührungsspannung auftritt (DIN VDE 0660).

Freiauslösung. Schutzschalter haben ein **Schaltenschloss** mit Freiauslösung, d. h., das Auslösen des Schalters wird auch dann nicht verhindert, wenn der Schaltknebel des Schutzschalters, z. B. von Hand in der „EIN-Stellung“ gehalten wird. Damit wird ein sicheres Abschalten im Fehlerfall gewährleistet.

i Auslösesysteme von Schutzschaltern:

- Thermische Auslöser → Überlastschutz
- Elektromagnetische Auslöser → Kurzschlusschutz

10.4.1 Thermischer Auslöser

Thermische Auslöser (**Bild 1**) haben meist einen **Bimetallstreifen** aus zwei aufeinander gewalzten Metallbändern mit verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Der Strom des angeschlossenen Verbrauchers fließt über eine Heizwicklung und erwärmt den Bimetallstreifen, der sich dann krümmt. Ist der Krümmungsweg größer als am Auslöser eingestellt, werden Steuerkontakte betätigt (**Bild 1**) oder das Schaltenschloss des Schutzschalters entklinkt.

Schutzschalter mit thermischen Auslösern unterbrechen verzögert. Sie schützen Anlagen und Betriebsmittel nur vor Überlastung, jedoch nicht vor Kurzschluss.


10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser

Elektromagnetische Auslöser sind Schnellauslöser. Sie schützen Anlagen und Betriebsmittel gegen Kurzschlüsse.

Fließt durch die Spule des elektromagnetischen Auslösers (**Bild 2**) ein genügend großer Strom, z. B. bei Kurzschluss, so zieht der Schlaganker an und entklinkt das Schaltenschloss des Schutzschalters unverzüglich.

Eine zusätzliche Begrenzung des Kurzschlussstromes wird bei Schutzschaltern mit Bemessungsströmen bis etwa 100 A durch den Einbau eines Schlagankers erreicht (**Bild 2**). Im Kurzschlussfall wird der Schlaganker sehr schnell in die Spule des Auslösers gezogen, entklinkt das Schaltenschloss und schlägt gegen das bewegliche Schaltstück. Der Schaltkontakt öffnet und der Lichtbogen erlischt, bevor der Kurzschlussstrom seinen Höchstwert erreicht.

In Schutzschaltern mit Bemessungsströmen über 100 A liegen das feststehende und das bewegliche Teil des Schaltkontaktes oft parallel zueinander (**Bild 3**). Durch entgegengesetzte Stromrichtung im feststehenden und im beweglichen Kontaktteil wird bei Kurzschluss durch die wirksamen Magnetfelder das bewegliche Schaltstück vom feststehenden Schaltstück abgestoßen. Die abstoßende Kraft ist umso größer, je höher der Kurzschlussstrom ist. Das vom Auslöser entklinkte Schaltenschloss hält die Schaltstücke geöffnet.

 Stromdurchflossene parallele Leiter: **Seite 93**

Übersicht: Schutzschalter

- Leitungsschutzschalter (**Seite 321**)
- Leistungsschalter (**Seite 323**)
- Motorschutzschalter (**Seite 323**)
- Überlastrelais (**Seite 324**)

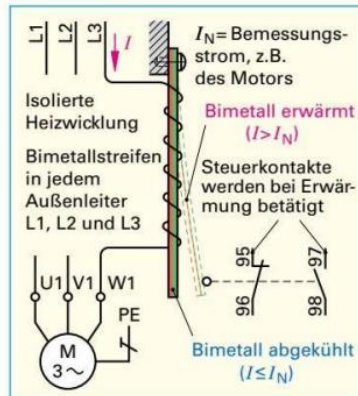


Bild 1: Thermischer Auslöser (Funktionsprinzip)

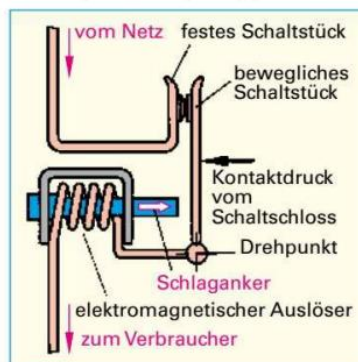


Bild 2: Kurzschlussstrombegrenzung durch Schlaganker

i Kurzschlussstrombegrenzer unterbrechen Kurzschlussströme, bevor sie ihren Höchstwert erreichen.

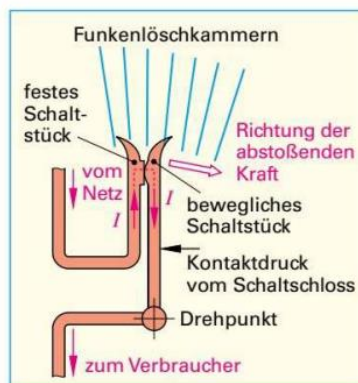


Bild 3: Kurzschlussstrombegrenzung durch parallel angeordnete Schaltstücke

10.4.3 Leitungsschutzschalter

Leitungsschutzschalter schützen Leitungen und Anlagen gegen Überlastung und Kurzschluss.

Leitungsschutzschalter (**LS-Schalter, Bild 1**) sind Überstrom-Schutzeinrichtungen, die man nach dem Auslösen wieder einschalten kann. Sie besitzen einen thermischen und einen elektromagnetischen Auslöser. Beide Auslöser liegen in Reihe. Bei Überlastung erwärmt sich das Bimetall und löst den LS-Schalter aus. Bei Kurzschluss entklinkt der elektromagnetische Auslöser das Schaltschloss unverzüglich. Der Schlaganker trennt das Schaltstück, ehe der Kurzschlussstrom seinen Höchstwert erreichen kann.

Tabelle: Bemessungsströme I_N von LS-Schaltern in A

Typ B*,	0,5	1	2	3	4	6	10	13	16
C, D	20	25	32	40	50	63	80	100	125

*Typ B, erst ab 6 A

LS-Schalter Typ B (Bild 2) für den Leitungsschutz.

LS-Schalter Typ C und **Typ D** setzt man zum Schutz von Betriebsmitteln mit hohen Einschaltströmen ein.

LS-Schalter lösen aus:

- Typ B beim 3- bis 5-fachen,
- Typ C beim 5- bis 10-fachen,
- Typ D beim 10- bis 20-fachen Bemessungsstrom (**Seite 663**).

Back-up-Schutz von LS-Schaltern

Um eine Beschädigung der LS-Schalter durch zu hohe Kurzschlussströme zu vermeiden, sind LS-Schaltern Überstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Bemessungsstrom von höchstens 100 A vorzuschalten (TAB). Sie müssen mindestens die energiebegrenzende Eigenschaft einer Schmelzsicherung der Betriebsklasse gG haben (**Seite 663, Back-up-Schutz¹⁾**), LS-Schalter sollen auch so ausgewählt werden, dass Selektivität (**Seite 319**) zu vorgeschalteten Schutzeinrichtungen besteht.

10.4.4 Selektiver Hauptleitungsschutzschalter

Zum Freischalten der Kundenanlage schreibt TAB einen plombier- und sperrbaren selektiven Hauptleitungsschutzschalter (SH-Schalter) mit einem Bemessungsstrom von mindestens 63 A vor. SH-Schalter können nach dem Auslösen wieder eingeschaltet werden, lassen aber ein Einschalten auf einen noch bestehenden Kurzschluss nicht zu.

Energiebegrenzungsklasse und **Schaltvermögen** sind auf LS-Schaltern durch Bildzeichen angegeben (**Bild 3**). Die Energiebegrenzungsklasse 3 (hohe Anforderung) hat die größte Kurzschlussstrombegrenzung.

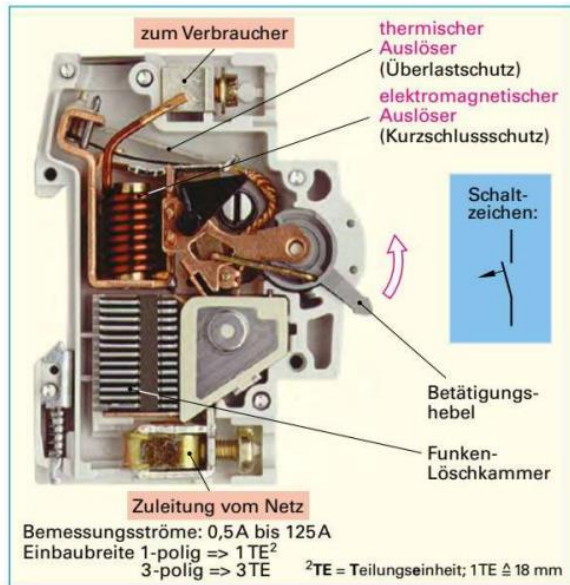


Bild 1: Aufbau eines Leitungsschutzschalters

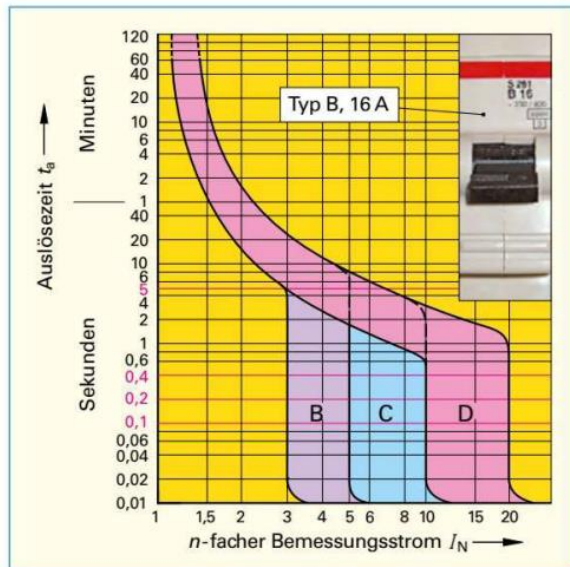


Bild 2: Auslösekennlinien (Typ B, C und D)

Beispiel:

Bei welchem Auslösestrom I_a löst ein 13-A-LS-Schalter Typ B (**Bild 2**) innerhalb der Zeit $t_a = 0,4$ s aus?

Lösung:

Aus **Bild 2**: Bei $t_a = 0,4$ s muss der 5-fache Bemessungsstrom fließen $\Rightarrow I_a = 5 \cdot I_N = 5 \cdot 13 \text{ A} = 65 \text{ A}$

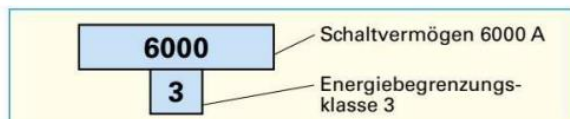


Bild 3: Bildzeichen für das Schaltvermögen und die Energiebegrenzungsklasse bei LS-Schaltern

¹ back-up (engl.) = jemandem den Rücken decken; hier: Schutz durch Versicherung

6 Schaltungstechnik

6.1 Schaltungsunterlagen

Schaltpläne zeigen die Funktion und das Zusammenwirken der Betriebsmittel in elektrischen Anlagen. Zur Darstellung von Betriebsmitteln, z.B. Leuchten, Schaltern oder Steckvorrichtungen, verwendet man **Schaltzeichen**.

Kennzeichnung: Elektrische Betriebsmittel bezeichnet man in Schaltplänen und in elektrischen Anlagen alphanumerisch, d.h. durch Kennbuchstaben und durch Zählnummern, z.B. Q1, R1 oder E1 (**Bild**).

Kennbuchstaben (Tabelle) geben Aufschluss über den Zweck des Betriebsmittels. Der Buchstabe M steht z.B. für das Antreiben durch Motoren.

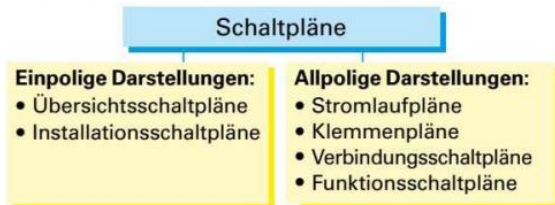
Zählnummern sind dem Kennbuchstaben nachgestellt. Sie unterscheiden gleichartige Betriebsmittel innerhalb einer Anlage, z.B. Relais K1 oder K2.

Funktionszeichen können der Zählnummer folgen. Der Buchstabe T kennzeichnet z.B. die Zeitverzögerungsfunktion des Zeitrelais K1T.

In Schaltungsunterlagen müssen Betriebsmittel eindeutig und gleichlautend gekennzeichnet sein.

Schaltplanarten

Schaltpläne beschreiben das Zusammenwirken elektrischer Betriebsmittel in Anlagen.



In einpoligen Darstellungen stellt man alle Leiter eines Leitungsabschnitts durch eine Vollinie dar (**Bild**). In allpoligen Darstellungen wird jeder Leiter einzeln gezeichnet (**Bild 3, Seite 101**).

Übersichtsschaltpläne zeigen eine Schaltung in vereinfachter, einpoliger Darstellung (**Bild**). Im Übersichtsschaltplan umfangreicher Anlagen, z.B. für die Hauptverteilung einer Industrieanlage, bleibt die räumliche Lage der Betriebsmittel unberücksichtigt. In Übersichtsschaltplänen einfacher Installationsschaltungen ordnet man die Betriebsmittel möglichst lagerichtig an.

Der Übersichtsschaltplan einer Installationsschaltung (**Bild**) enthält Angaben über die Verlegungsart, das Leitungsmaterial, den Leiterquerschnitt, die Schaltungsart und über Verlegebedingungen, z.B. Installation in trockenen oder in feuchten Räumen.

Tabelle: Kennbuchstaben von Betriebsmitteln in Schaltplänen (nach DIN EN 81346-2, Auszug)

Kennbuchstabe	Zweck bzw. Aufgabe des Betriebsmittels (Objekts)	Beispiele
A	Zwei oder mehr Zwecke, jedoch kein Hauptzweck erkennbar	Sensorbildschirm, Touch-Screen
B	Umwandlung einer Eingangsvariablen in ein zur Weiterverarbeitung bestimmtes Signal	Messwandler, Sensor, Thermistor-Schutzeinrichtung (Motorschutz)
C	Speichern von Energie, Information oder Material	Kondensator, Festplatte, RAM, ROM
E	Bereitstellen von Strahlung oder Wärmeenergie	Leuchte, Heizung, Laser, Glühlampe
F	Direkter Schutz eines Energie- oder Signalflusses vor gefährlichen Zuständen, einschließlich Systemen für Schutzzwecke	Sicherung, LS-Schalter, RCD, thermischer Überlastauslöser
G	Erzeugen eines Energie-, Material- oder Signalflusses zur Verwendung als Informationsträger	Signalgenerator, Generator, Solarzelle, Batterie
K	Verarbeitung, Empfang und Bereitstellung von Signalen, jedoch nicht für Schutzzwecke	Relais, Hilfsschutz, Zeitrelais, Binärelement, Transistor
M	Bereitstellen von mechanischer Energie für Antriebszwecke	Betätigungsspule, Elektromotor
P	Darstellung von Information	Meldeleuchte, Messgerät, LED, Lautsprecher
Q	Kontrolliertes Schalten eines Energie-, Signal- oder Materialflusses	Leistungsschalter, Motorschutzschalter, Lastschütz, Triac, Leistungstransistor, Thyristor, IGBT
R	Begrenzung oder Stabilisierung von Energie-, Informations- oder Materialfluss	Diode, Widerstand, Drosselspule, Begrenzer, Diac
S	Umwandeln einer manuellen Betätigung in ein Signal	Steuerschalter, Wahlschalter
T	Umwandlung von Energie oder Information unter Beibehaltung der Energieart oder des Informationsgehalts	Verstärker, Messumformer, Gleichrichter, AC-DC-Umsetzer, Transformator
U	Halten von Objekten in definierter Lage	Isolator, Kabeltragsvorrichtung
V	Verarbeitung von Materialien	Rauchgasfilter
W	Leiten oder Führen von Energie, Materialien oder Signalen	Sammelschiene, Informationsbus
X	Verbinden von Objekten	Klemme, Steckdose

Die Kennbuchstaben D, H, J, Y und Z sind für spätere Normung reserviert, I und O sind wegen Verwechslungsgefahr mit 1 und 0 nicht anwendbar.

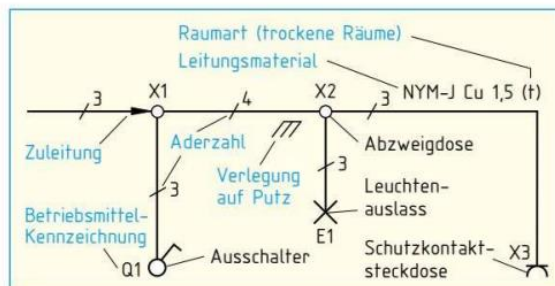


Bild: Übersichtsschaltplan einer Installationsschaltung

Installationsschaltpläne (Bild 1) sind wie Übersichtsschaltpläne einpolige Darstellungen. Sie werden lagerichtig und meist maßstabsgetreu in die Grundrisszeichnungen der Gebäude eingetragen. Aus ihnen kann die Elektrofachkraft alle zur Leitungsverlegung erforderlichen Angaben entnehmen, z. B. Leitungsmaterial, Leiterquerschnitt, die erforderliche Aderzahl oder die Verlegebedingung.

Übersichts- und Installationsschaltpläne sind Arbeitsunterlagen zum Verlegen von Leitungen. Sie geben aber keine Auskunft über die Funktion von Schaltungen.

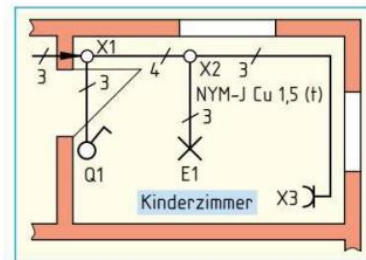


Bild 1: Installationsschaltplan

Stromlaufpläne in aufgelöster Darstellung (Bild 2) sind allpolige, nach Stromwegen aufgelöste Darstellungen einer Schaltung. Die Stromwege (Strompfade) werden waagrecht oder senkrecht und möglichst kreuzungsfrei gezeichnet. Die räumliche Anordnung der Betriebsmittel bleibt dabei unberücksichtigt. Auf die Darstellung von Steckdosen oder die Umrahmung von Betriebsmittelgehäusen verzichtet man oft, damit der Stromlaufplan übersichtlich bleibt.

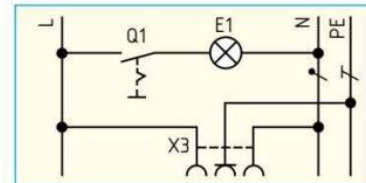


Bild 2: Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung

Stromlaufpläne in zusammenhängender Darstellung (Bild 3) zeigen die Verbindungen in Schaltungen mit allen Einzelteilen. Teile ein und desselben Betriebsmittels werden zusammenhängend gezeichnet. In Installationsschaltungen kann man zusätzlich die räumliche Anordnung der Betriebsmittel berücksichtigen.

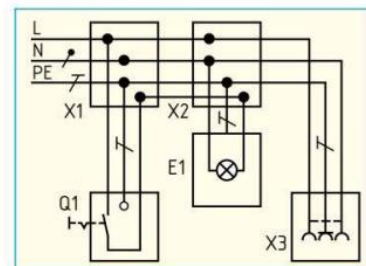


Bild 3: Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung

Stromlaufpläne sind Arbeitsunterlagen zum Erstellen von Steuerungen. Sie zeigen die Funktion von elektrischen Steuerungen oder Schaltungen.

Verbindungsschaltpläne (Bild 4) zeigen die elektrischen Verbindungen und die hierzu erforderlichen Klemmen von Betriebsmitteln. Verbindungsschaltpläne sind auch eine Hilfe beim Anschluss zusammengehörender Betriebsmittel, z. B. zwischen einem Elektrowärmespeicher und dem zugehörigen Raumthermostat. Die Verbindungen innerhalb der Betriebsmittel werden möglichst lagerichtig dargestellt.

Geräteverdrahtungspläne (Bild 4) stellen nur die Verbindungen und Klemmen innerhalb eines Betriebsmittels oder eines Gerätes dar, z. B. innerhalb des Raumthermostats.

Klemmenpläne (Verbindungspläne) erstellt man für umfangreiche Steuerungen. Im Verbindungsplan gibt man nur die ankommenden und abgehenden Leitungen einer Klemmleiste mit der erforderlichen Zielbezeichnung an, z. B. von X1 : 4 nach Q1 : 21 (**Bild 2, Seite 120**).

Funktionsschaltpläne (Bild 5) verwendet man zur Darstellung von digitalen Steuerungen oder zur Programmerstellung bei speicherprogrammierbaren Steuerungen (**Seite 554**).

Zeitablaufdiagramme stellen die Funktion einer Steuerung in Abhängigkeit von der Zeit dar. Sie sind Grundlage für Instandsetzungsarbeiten bei vielen zeit- und prozessgeführten Anlagen oder Geräten, z. B. bei Waschmaschinen oder Wäschetrocknern. Mit Zeitablaufdiagrammen (**Bilder 3 und 4, Seite 112**) kann man auch die Funktion von digitalen Verknüpfungssteuerungen oder die Funktion von Speichern verdeutlichen.

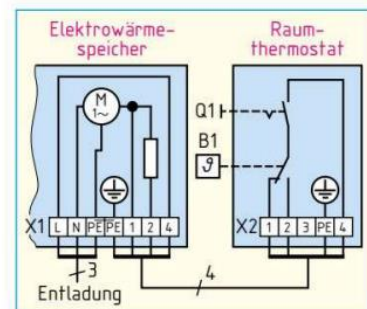
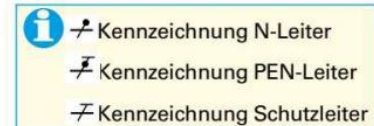


Bild 4: Verbindungsschaltplan

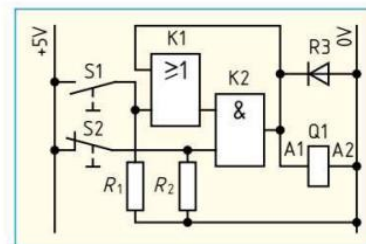
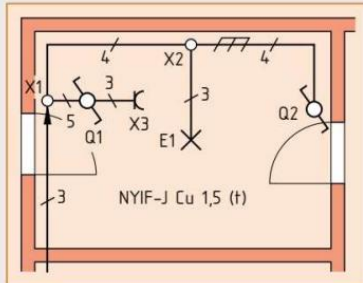


Bild 5: Funktionsschaltplan

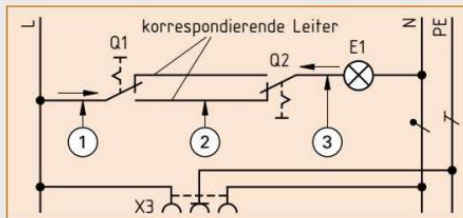

Situationsbeschreibung:

In einem Wohnraum soll die Leuchte E1 von zwei Stellen aus ein- oder ausgeschaltet werden. Dafür soll eine Wechselschaltung eingesetzt werden.

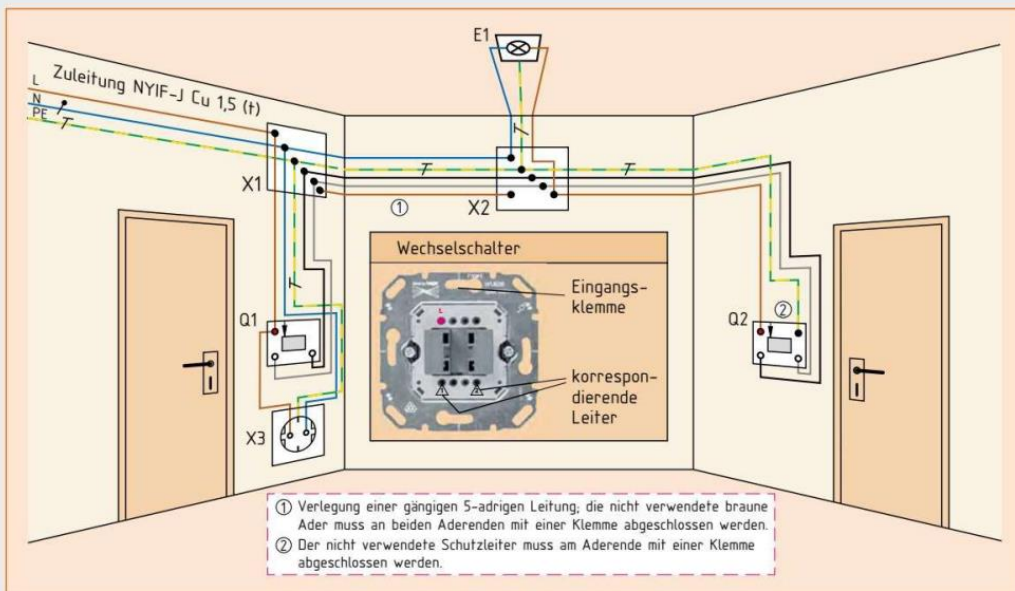
1. Installationsschaltplan einer Wechselschaltung mit Steckdose


Dem Installationsplan ist zu entnehmen	Leitungsverlegung
1. Leitungsmaterial (hier: NYIF-J, Seite 306)	unter Putz
2. Leiterquerschnitt (hier: 1,5 mm ²)	im Putz
3. Zahl der benötigten Adern des Leitungsabschnittes (hier: z. B. 4 Adern zwischen X1 und X2)	auf Putz
4. Schaltungsart (hier: Wechselschaltung)	
5. Leitungsverlegung (hier: Leitungsverlegung im Putz)	
6. Verlegeart (hier: Verlegeart C, Seite 664)	

i Nach DIN VDE 0100-410 ist bei Anlagen mit der Schutzmaßnahme Schutz durch Abschaltung der Stromversorgung in jedem Leitungsabschnitt ein Schutzleiter PE erforderlich.

2. Stromlaufplan der Wechselschaltung mit Steckdose in aufgelöster Darstellung¹

Anschluss der Wechselschaltung:

- ① Außenleiter L an die Eingangsklemme von Q1
- ② Die korrespondierenden Leiter verbinden die noch freien Ausgangsklemmen von Q1 mit Q2
- ③ Schaltdraht an die Eingangsklemme von Q2

3. Installation


¹ Stromlaufplan der Wechselschaltung in zusammenhängender Darstellung siehe Tabelle, Seite 104.

6.2 Installationsschaltungen

6.2.1 Lampenschaltungen

Zum Schalten von Leuchten oder Leuchtengruppen setzt man Lampenschaltungen ein (**Tabelle 1 und 2**). Man unterscheidet Schaltungen, mit denen ein Verbraucher von einer Stelle aus schaltbar ist und solche, die ein Schalten von zwei oder mehreren Stellen aus zulassen (**Tabelle 1**).

Tabelle 1: Merkmale von Lampenschaltungen		
Schaltungen mit einer Schaltstelle: • Ausschaltung • Serienschaltung • Gruppenschaltung (Seite 104)	Schaltungen mit zwei Schaltstellen: • Wechselschaltung (Seite 104) • Sparwechselschaltung (Seite 104)	Schaltungen mit mehr als zwei Schaltstellen: • Kreuzschaltung (Seite 105) • Stromstoßschaltung (Seite 106) • Treppenlicht-Zeitschaltung (Seite 107)

Tabelle 2: Lampenschaltungen (1)

Die Ausschaltung verwendet man zum Schalten von Leuchten oder Leuchtengruppen von einer Schaltstelle aus.	
Ausschaltung	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Übersichtsschaltplan¹</p> <p>Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung</p> </div> </div>
Serienschaltung	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Übersichtsschaltplan¹</p> <p>Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung</p> </div> </div>

¹ Aderzahl bei Verlegung von Leitungen mit grünelber Schutzleiterader, z. B. NYM-J, in allen Leitungsabschnitten

Der Schaltdraht ist immer am Fußkontakt der Leuchtenfassung anzuschließen, damit im eingeschalteten Zustand der Leuchte keine Spannung am Gewinde der Leuchtenfassung und damit am Gewinde der Lampe anliegt.



Tabelle: Lampenschaltungen (2)

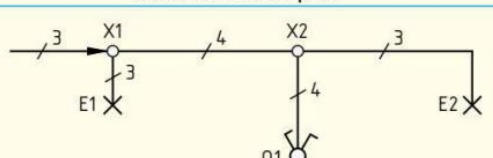
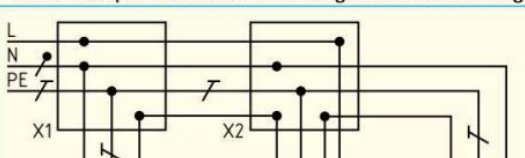
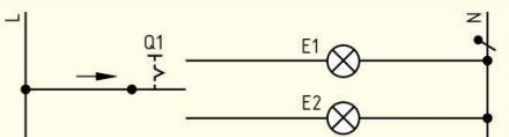
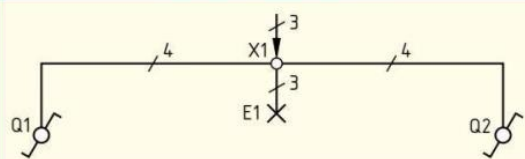
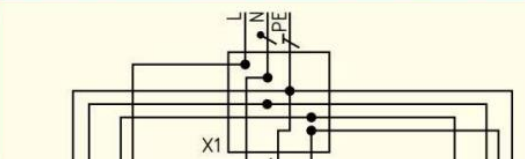
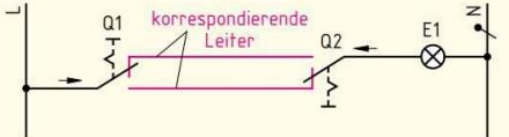
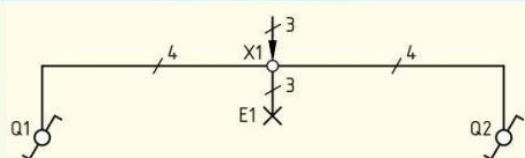
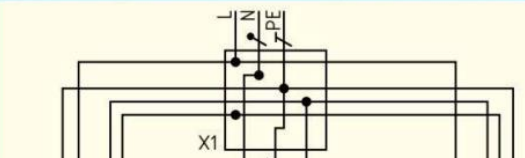
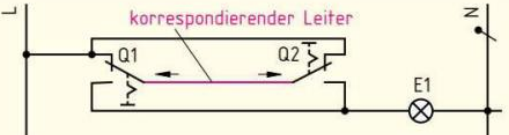
<p>Mit der Gruppenschaltung wird von einer Schaltstelle aus von z. B. zwei Leuchten immer nur die eine oder die andere Leuchte eingeschaltet. Weitere Anwendung: Steuern von Jalousien oder Torantrieben.</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Gruppenschaltung</p> <p style="text-align: center;">Übersichtsschaltplan¹</p> 	<p style="text-align: center;">Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung</p> 
<p style="text-align: center;">Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung</p> 	
<p>Die Wechselschaltung (Seite 102) setzt man zum wahlweisen Ein- oder Ausschalten z. B. einer Leuchte oder Leuchtengruppe von zwei Schaltstellen aus ein. Wechselschalter haben z. B. eine rot gekennzeichnete Eingangsklemme und zwei Ausgangsklemmen. An der Eingangsklemme des Schalters Q1 liegt der Außenleiter L, an der Eingangsklemme des Schalters Q2 der Schaltdraht zur Lampe E1. Die korrespondierenden Leiter verbinden die Ausgangsklemmen der beiden Wechselschalter miteinander.</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Wechselschaltung</p> <p style="text-align: center;">Übersichtsschaltplan¹</p> 	<p style="text-align: center;">Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung</p> 
<p style="text-align: center;">Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung</p> 	
<p>Die Sparwechselschaltung verwendet man wie die Wechselschaltung zum Schalten einer Leuchte oder Leuchtengruppe von zwei Stellen aus. Die Schaltung enthält jedoch nur einen korrespondierenden Leiter, der die beiden Eingangsklemmen der Wechselschalter verbindet. An den Ausgangsklemmen der Wechselschalter werden jeweils der Außenleiter L und der Schaltdraht angeschlossen. Vorteil: Weil der Außenleiter L an beiden Schaltstellen liegt, können dort Steckdosen adersparend installiert werden. Nachteil: Eine Sparwechselschaltung lässt sich nicht zur Kreuzschaltung (Tabelle 1, Seite 105) erweitern.</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Sparwechselschaltung</p> <p style="text-align: center;">Übersichtsschaltplan¹</p> 	<p style="text-align: center;">Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung</p> 
<p style="text-align: center;">Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung</p> 	
<p>¹ Aderzahl bei Verlegung von Leitungen mit grün-gelber Schutzleiterader, z. B. NYM-J, in allen Leitungsabschnitten</p>	

Tabelle 1: Lampenschaltungen (3)

Kreuzschaltung	Die Kreuzschaltung erlaubt das Schalten einer Leuchte von drei oder mehr Schaltstellen aus. Eine Kreuzschaltung besteht immer aus zwei Wechselschaltern und einer beliebigen Anzahl von Kreuzschaltern. Über die vier Klemmen des Kreuzschalters werden die korrespondierenden Leiter der Wechselschaltung geführt. Bei mehr als drei Schaltstellen setzt man aus wirtschaftlichen Gründen meist die Stromstoßschaltung (Seite 106) ein.	
	Übersichtsschaltplan ¹	Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung
	Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung	

¹ Aderzahl bei Verlegung von Leitungen mit grün gelber Schutzleiterader, z.B. NYM-J, in allen Leitungsabschnitten

6.2.2 Schaltungen mit Meldeleuchten

In Installationsschaltern dienen Glimmlampen oder Leuchtdiodenmodule der Schalterbeleuchtung oder der Betriebszustandsanzeige. Die Arbeitsstättenverordnung schreibt Schalterbeleuchtungen (selbstleuchtende Schalter) z.B. in Bereitschafts- und Sanitärräumen sowie entlang von Fluchtwegen vor.

Schalterbeleuchtung. Im ausgeschalteten Zustand können Schalter z.B. durch parallel zum Schaltkontakt liegende Glimmlampen (**Tabelle 2**) beleuchtet werden. Die als Meldeleuchte dienende Glimmlampe hat eine Stromaufnahme von etwas 0,5 bis 1 mA. Die Glimmlampe P1 und die Leuchte E1 bilden eine Reihenschaltung (Beispiel in **Tabelle 2**), sodass im ausgeschalteten Zustand nahezu die gesamte Betriebsspannung an der Glimmlampe liegt, sie leuchtet. Im eingeschalteten Zustand des Schalters wird die Glimmlampe vom Schaltkontakt überbrückt und erlischt.

Betriebszustandsanzeige. Bei der Betriebszustandsanzeige schaltet man z.B. die Glimmlampe P1 an den Schaltdraht und den Neutraleiter (**Tabelle 3**). Zum Anschluss der Betriebszustandsanzeige ist deshalb an jedem Schalter zusätzlich ein Neutraleiter erforderlich.

Schalterbeleuchtungen leuchten im ausgeschalteten Zustand des Schalters.
Betriebszustandsanzeigen leuchten bei eingeschaltetem Verbraucher.

Tabelle 2: Schalterbeleuchtung

Schaltung	Stromlaufplan	Schaltung	Stromlaufplan
Aus-Schaltung		Wechsel-Schaltung	
Serien-Schaltung		Sparwechsel-Schaltung	
Gruppen-Schaltung		Kreuz-Schaltung	
Beispiel: Ausschaltung			

Tabelle 3: Betriebszustandsanzeige

Schaltung	Stromlaufplan	Schaltung	Stromlaufplan
Aus-Schaltung		Gruppen-Schaltung	
Serien-Schaltung		Wechsel-Schaltung	

6.2.3 Stromstoßschaltung

Stromstoßschalter (**Bild 1**) sind elektromagnetisch betätigte Fernschalter. Sie ändern bei jeder Betätigung des Steuertasters ihren Schaltzustand, z. B. von AUS nach EIN.

Stromstoßschaltungen bestehen aus dem Steuer- und dem Hauptstromkreis.

Elektromechanische Stromstoßschalter. Der Steuerstromkreis (rot in **Bild 2a**) und der Hauptstromkreis (schwarz in **Bild 2a**) sind getrennt. Bei einer Spulenspannung von AC 230 V betreibt man beide Stromkreise an Netzspannung.

Bei Stromstoßschaltern mit Spulen für Kleinspannung, z. B. AC 8 V, wird der Steuerstromkreis meist vom Klingeltransformator der Hausrufanlage (**Seite 107**) versorgt. Schaltungen mit Kleinspannungssteuerung (**Bild 2b**) setzt man aus Sicherheitsgründen bevorzugt für die Außenbeleuchtung ein.

Elektronische Stromstoßschalter gibt es meist für eine Universalsteuerspannung von 8 bis 230 V AC und 10 bis 230 V DC. Sie können zusätzlich zum Steuereingang für den Impulsbetrieb mit Eingängen für definiertes Ein- bzw. Ausschalten ausgerüstet sein. An den Impulseingang legt man die Signale der örtlichen Steuertaster. Die Steuereingänge „Zentral EIN“ und „Zentral AUS“ aller Stromstoßschalter innerhalb einer Anlage werden von einer zentralen Stelle über getrennte Steuerleitungen mit den Schaltsignalen versorgt, z. B. durch den Portier oder Hausmeister.

Die Stromstoßschaltung kann die Funktion einer Aus-, Wechsel- oder Kreuzschaltung ersetzen.

6.2.4 Infrarot-Bewegungsmelder

Infrarot-Bewegungsmelder überwachen nach dem Prinzip der Passiv-Infrarot-Technik in einem durch Linsen- und Blendenvorsätze einstellbaren Erfassungsbereich (**Bild 3a**) sich bewegende Wärmequellen, z. B. Menschen oder Tiere. Erkennt der Bewegungsmelder eine sich bewegende Wärmequelle, wird die Beleuchtung für eine einstellbare Zeit, z. B. 4 Minuten, eingeschaltet. Die eingestellte Zeit startet solange immer wieder neu, bis im Erfassungsbereich keine bewegte Wärmequelle mehr erkannt wird. Ein eingebauter, einstellbarer Lichtsensor (Fotowiderstand) verhindert das Einschalten der Beleuchtung bei Tag. Zusätzliche Steuertaster (**Bild 3b**) können durch eine kurzzeitige Spannungsunterbrechung den Bewegungsmelder ebenfalls aktivieren. **Infrarot-Präsenzmelder** erfassen die Anwesenheit von Personen in einem Raum. Sie können in Installationsbus-Systemen eingebunden werden, z. B. zur Raumtemperaturregelung mit KNX-Geräten (**Bild 2, Seite 439**).

Neben den Infrarot-Bewegungsmeldern gibt es noch Ultraschall- und Hochfrequenz-Bewegungsmelder.

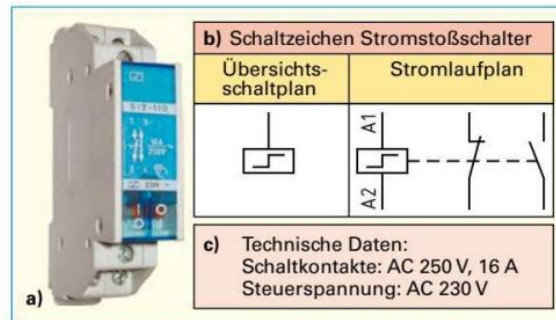


Bild 1: Stromstoßschalter a) Bauform, b) Schaltzeichen und c) technische Daten (Beispiel)

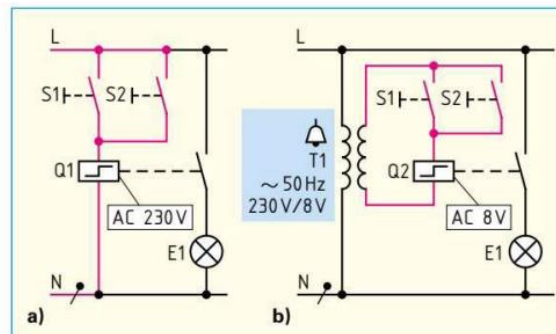


Bild 2: Stromstoßschaltung, Steuerung a) mit Netzspannung, b) mit Kleinspannung

i Infrarot-Bewegungsmelder setzt man auch in Gefahrenmeldeanlagen (**Seite 448**) zur Außenhautüberwachung und zur Raumüberwachung innerhalb von Gebäuden ein.

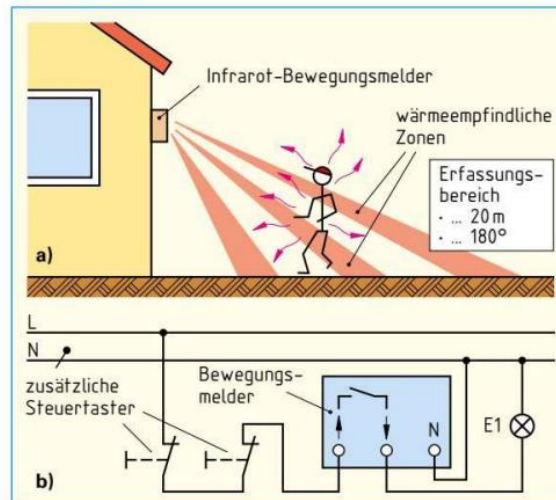


Bild 3: Infrarot-Bewegungsmelder a) Erfassungsbereich, b) Schaltung mit zusätzlichen Steuertastern

6.2.5 Treppenlicht-Zeitschaltung

Die Treppenhausbeleuchtung in Gebäuden mit mehreren Stockwerken steuert man meist mit einem Treppenlicht-Zeitschalter (**Übersicht**). Sein Schaltkontakt schließt nach dem Betätigen eines Steuertasters den Lampenstromkreis und öffnet ihn selbsttätig nach Ablauf der eingestellten Verzögerungszeit, z. B. nach vier Minuten (**Bild 1 und Bild 2**).

Nach ihrem Aufbau unterscheidet man:

- elektromechanische Treppenlicht-Zeitschalter,
- elektronische Treppenlicht-Zeitschalter.

In DIN 18015 sind für Treppenhäuser in Mehrfamilienhäusern Zeitschalter mit einer Warnfunktion vorgeschrieben. Solche Zeitschalter schalten die Beleuchtung vor dem Abschalten für eine kurze Zeit, z. B. für 40 s, in einen Blinkmodus und vermeiden damit überraschende Dunkelheit im Raum.

Treppenlicht-Zeitschalter schalten die Treppenhausbeleuchtung nach Ablauf der eingestellten Zeit selbsttätig ab.

Treppenlicht-Zeitschalter mit Umschaltkontakt (Wechsler) kann man in **Dreileiterschaltung** betreiben (**Bild 2**). Diese Schaltung lässt im Gegensatz zur **Vierleiterschaltung** (**Bild 1**) kein Nachschalten zu. Treppenlicht-Zeitschalter in Dreileiterschaltung können daher erst nach Ablauf der Verzögerungszeit erneut eingeschaltet werden. Der im Treppenlicht-Zeitschalter eingebaute Schalter Q2 ermöglicht wahlweise die Betriebsarten Tast- oder Dauerbetrieb.

Das Schalten des Neutralleiters in Steuerstromkreisen von Treppenlicht-Zeitschaltern in Dreileiterschaltung ist nur noch in bestehenden Altanlagen erlaubt (Bestandschutz).

6.2.6 Hausrufanlagen

Hausrufanlagen versorgt man durch Klingeltransformatoren und nur mit Kleinspannung.

Klingeltransformatoren müssen kurzschlussfest und schutzisoliert sein. Ihre Bemessungsausgangsspannung darf höchstens 24 V betragen.

Die einfachste elektrische Hausrufanlage besteht aus der Reihenschaltung von Spannungsquelle, Taster und Wecker. Bei mehreren Betätigungsstellen, z. B. an Gartentor, Haus- und Wohnungstür, schaltet man die erforderlichen Taster parallel (**Bild 3**).

In Hausrufanlagen mit **Türöffner** kann man bei der Installation eine Ader einsparen, wenn man die Taster S1 und S2 für die Läutwerke an einem Pol und den Taster S3 für den Türöffner am anderen Pol des Klingeltransformators anschließt (**Bild 4**).

Übersicht: Daten eines Treppenlicht-Zeitschalters



- Aufbau: elektronisch
- Betriebsspannung: AC 230 V
- Schaltleistung: 2300 W (Glüh-/Halogenlampen)
- Drei- oder Vierleiterschaltung möglich
- Schaltdauer: 0,5 ... 10 Minuten
- Ausschaltvorwarnung durch zweimaliges Doppelblinker in den letzten 40 Sekunden

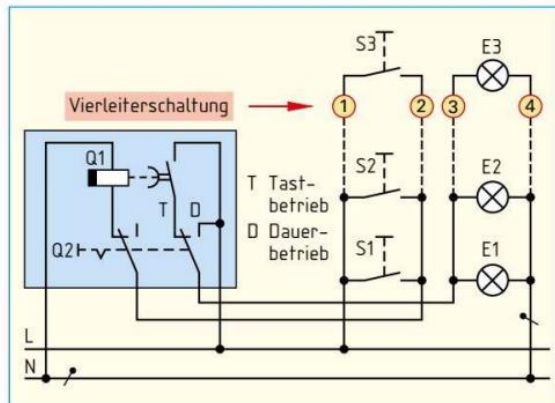


Bild 1: Treppenlicht-Zeitschalter in Vierleiterschaltung

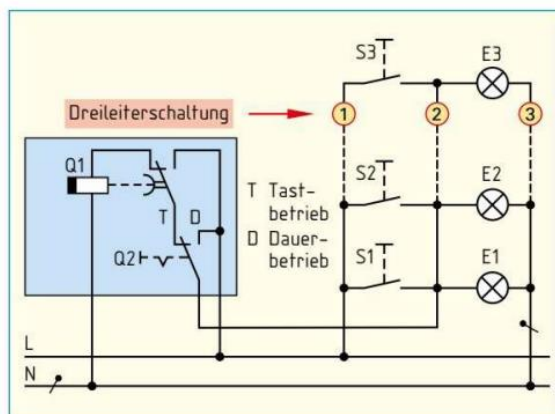


Bild 2: Treppenlicht-Zeitschalter in Dreileiterschaltung

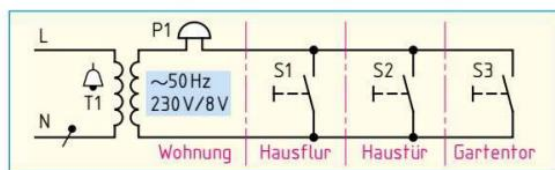


Bild 3: Hausrufanlage mit drei Betätigungsstellen

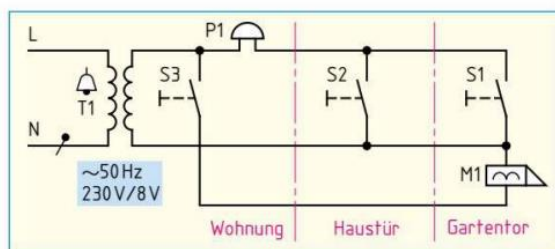





















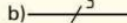
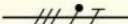




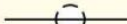

























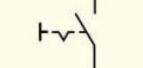

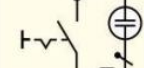

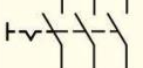

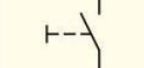

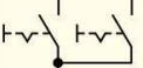

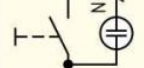

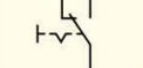

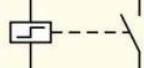

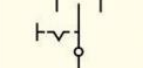

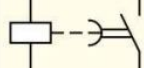

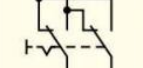

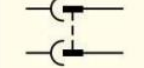

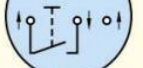

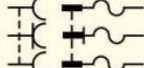

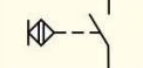

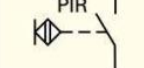

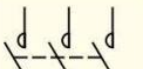

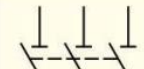

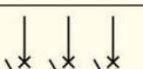

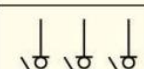
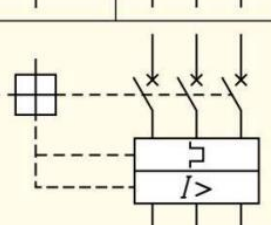
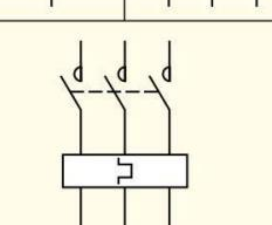


Bild 4: Rufanlage mit Türöffner

 Schaltzeichen (1)		nach DIN EN 60617 und VdS 2135			
Schaltzeichen für Übersichtsschaltpläne					
Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*	Schaltzeichen	Benennung*
	Steckdose, allgemein (Socket outlet [power], general symbol)		Dose, allgemein (Box, general symbol)		Leuchtenauslass (Lighting outlet)
	Schutzkontaktsteckdose (Socket outlet [power] with protective contact)		Abzweigdose (Subscriber's tap-off)		Leuchte, allgemein (Lamp, general symbol)
	Schutzkontaktsteckdose (dreifach); (Triple earth- contact mains socket)		Anschlussdose (Junction box)		Leuchte mit Schalter (Lamp with switch)
	Drehstromsteckdose, fünf- polig (3+N+PE) (Three-phase AC plug socket)		Verteiler (Distribution centre)		Leuchtstofflampe (Fluorescent lamp)
	Steckdose, abschaltbar (Socket outlet [power] with single-pole switch)		Fernmeldesteckdose (Socket outlet [telecommunications])		Leuchtstofflampen, 2-flammig (Fluorescent lamp with 2 tubes)
	Rasiersteckdose (Shaver outlet)		Antennensteckdose (Socket outlet [frequency modulation], television)		Punktleuchte (Spotlight)
Schaltzeichen für Leitungen und Leitungsverlegung					
	Verbindung (Connection)	a)  b) 	Verbindung mit Aderzahl- angabe, Bsp.: 3 Leiter (Three connections)		Bsp.: 3 Leiter, N und PE (3-phase wiring with neutral- and protective conductor)
	Verbindung, beweglich (Flexible connection)		Neutralleiter (N) (Neutral conductor)	a)  b) 	a) Leitung nach oben führend (Wiring going upwards) b) Leitung nach unten führend (Wiring going downwards)
	Leiter, geschirmt (Screened conductor)		Schutzleiter (PE) (Protective conductor)		Leitung nach oben und unten (Wiring passing through vertically)
	Leiter, koaxial (Coaxial pair)		PEN-Leiter (Combined protective and neutral conductor)		Fernsprechleitung (Telephone line)
	Leitung, auf Putz verlegt (Cable exposed)		Leitung, im Putz verlegt (Flush-installed cable)		Leitung, unter Putz verlegt (Embedded cable)
Schaltzeichen für Elektrogeräte					
	Elektroherd, allgemein (Electric cooker)		Durchlauferhitzer (Instantaneous water heater)		Tiefkühlgerät (Fridge)
	Mikrowellenherd (Microwave)		Waschmaschine (Washing machine)		Elektrowärmespeicher (Electric storage heater)
	Backofen (Baking oven)		Wäschetrockner (Tumble-drier)		Klimagerät, allgemein (Air conditioner)
	Infrarot-Strahler (Infrared-heater)		Geschirrspülmaschine (Dishwasher)		Ventilator (Ventilator, fan)
Symbole für Gefahrenmeldeanlagen					
	Glasbruchmelder (Glass brackage detector)		Infrarot-Bewegungsmelder (Infrared motion detector)		Rauchmelder (Smoke detector)

* englischer Fachbegriff in Klammern

 Schaltzeichen (2) nach DIN EN 60617					
Schaltzeichen für Installationsschaltungen					
Übersichtsschaltplan	Stromlaufplan	Benennung*	Übersichtsschaltplan	Stromlaufplan	Benennung*
		Ausschalter, einpolig (Single pole switch)			Schalter mit Leuchte (Single pole switch with pilot lamp)
		Ausschalter, dreipolig (Three-pole switch)			Taster (Push-button)
		Serienschalter (Multiposition single pole switch, for example for different degrees of lighting)			Taster mit Leuchte (Push-button with indicator lamp)
		Wechselschalter (Two-way single pole switch)			Stromstoßschalter (Current impulse switch)
		Jalousien-, Gruppenschalter (Jalousie switch)			Zeitrelais, z. B. Treppenhaus- Zeitschalter (Timer, Period limiting switch)
		Kreuzschalter (Intermediate switch)			Buchse und Stecker, 2-polig (Plug and socket, twopole)
		Dimmer mit Ausschalter, einpolig (Dimmer with single pole switch)			Schutzkontaktsteckdose und Schutzkontaktstecker (Earthing-contact socket and earthing-contact plug)
		Sensorschalter (Cut-off switch)			Bewegungsmelder, passiv infrarot (Motion sensor, passive infrared)
Schaltzeichen für Trenn-, Last- und Leistungsschalter					
einpolig	allpolig	Benennung*	einpolig	allpolig	Benennung*
		Schütz (Contactor)			Trennschalter (Disconnecter)
		Leistungsschalter (Power circuit breaker)			Lasttrennschalter (Switch-disconnector)
		Leistungsschalter mit • thermischem Überlastauslöser und • magnetischem Kurzschluss- auslöser (Power circuit breaker with thermal overload trip and instantaneous magnetic trip)			Schalterschütz mit angebaute thermischem Überlastrelais (Contactor with thermal overcurrent release)

* englischer Fachbegriff in Klammern

10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen

Aufgabe. Leitungen und Kabel transportieren elektrische Energie vom Erzeuger zum Verbraucher. Sie dienen ebenfalls zur Übertragung von Signalen in Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen.

Aufbau. Isolierte Leitungen und Kabel bestehen aus einer oder aus mehreren gegeneinander isolierten Aderleitungen, die durch eine gemeinsame Umhüllung zusammengefasst sind.

Isolierte Leitungen und Kabel müssen den gültigen Normen entsprechen.

Normung. Leitungen und Kabel müssen durch den Hersteller normgerecht gekennzeichnet werden. Man unterscheidet:

- Bauarten nach nationalen Normen,
- Bauarten nach harmonisierten Normen.

Leitungskennzeichnung. In Deutschland hergestellte Leitungen werden mit einem Aufdruck oder einem Kennfaden gekennzeichnet (**Bild**).

Ein zusätzlicher Kennfaden (Ursprungszeichen) oder ein Aufdruck auf der Isolierung gibt den Hersteller an.

Isolierwerkstoffe sind nur bis zur maximalen Dauerbetriebstemperatur zu verwenden, z. B.

- Polyvinylchlorid (PVC) < 70 °C,
- Naturkautschuk (NR) < 60 °C,
- Vernetztes Polyethylen (PE-X) < 90 °C.

i Ab 01.07.2017 müssen nach der DIN EN 50575 für bestimmte Gebäudeinstallationen, z. B. in Hochhäusern, halogenfreie Leitungen verwendet werden, um die erforderliche Brandklasse einzuhalten. Nach der europäischen Bauproduktenverordnung (BauPVo) und nach DIN EN 50575 (DIN VDE 0482-575) sind Leitungen und Kabel mit dem CE-Zeichen und der Euroklasse (Brandverhalten) zu kennzeichnen (**Bild**).

Farbkennzeichnung. Bei Leitungen und Kabeln müssen die Aderisolierungen durch Farben oder Zahlenaufdruck gekennzeichnet werden (**Tabelle 1**).

Die Farbkennzeichnung ist vorgeschrieben:

- Für den Schutzleiter (PE): grüngelb,
- für den Neutraleiter (N): blau,
- für den Schutzleiter mit Neutraleiterfunktion (PEN) und den Schutzpotenzialausgleichsleiter (PB): grüngelb, zusätzlich sind für den PEN die Leitungsenden blau zu kennzeichnen.

10.2.1 Isolierte Leitungen


Isolierte Leitungen werden mit und ohne Schutzleiter hergestellt (**Tabelle 1**). Die Eigenschaften der Leitungen sind durch Kurzzeichen gekennzeichnet. Die Leitungen nach nationaler Norm (**Tabelle 2**) und harmonisierter Norm (**Tabelle 1, Seite 310**) werden unterschiedlich gekennzeichnet.

Tabelle 1: Aderfarben von Leitungen und Kabeln

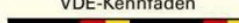
Aderzahl	Kabel oder Leitungen	
	mit Schutzleiter	ohne Schutzleiter
2	— —	● ●
3	● ● ●	● ● ●
3*	— — —	● ● ●
4	● ● ● ●	● ● ● ●
4*	● — ● ● ●	— — — —
5	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
>5	● ① ② ③ ④	① ② ③ ④ ⑤

* In Drehstromkreisen sollen für die drei Außenleiter L1, L2 und L3 die Aderfarben Braun, Schwarz und Grau verwendet werden.

i Farbkurzzeichen nach DIN IEC 60757:
 BK = schwarz (black), BN = braun (brown),
 GY = grau (grey), BU = blau (blue),
 GNYE = grüngelb (green-yellow)

Kennzeichenaufdruck
 <VDE>
 VDE-Kennfaden


a) Nationale Kennzeichnung

Kennzeichenaufdruck
 <VDE> <HAR>
 VDE-Kennfaden


b) Harmonisierte Kennzeichnung

CE
01234

Mustermann AG, Musterstraße 3
12345 Musterstadt
11
BPR-00234

EN 50575
Stromkabel, Typ XYZ
vorgesehen zur Verteilung von
Elektrizität in Bauwerken

Brandverhalten Klasse B2ca-s1,d1,a1
B2ca: Euroklasse (sehr begrenzter Brandbeitrag)
s1: schwache Rauchentwicklung
d1: kurzzeitiges brennendes Abtropfen
a1: leicht korrosive Rauchgase

a1: leicht korrosive Rauchgase
c) Kennzeichnung nach DIN EN 50575

Bild: Leitungskennzeichnung nach VDE und DIN EN 50575

Tabelle 2: Buchstaben-Kurzzeichen für Leitungen nach nationaler Norm (Auswahl) (nach DIN VDE 0250)

Zeichen	Bedeutung	Beispiel
A	Ader	N4GA
B	Bleimantel	NYBUY
C	Abschirmung	NSHCÖU
F	Flachleitung (Stegleitung)	NYIF
FF	feinstdrätig	NSLFFÖU
G	Gummiisolierung	N4GA
I	Stegleitung (Imputzleitung)	NYIF
J	Leitung mit Schutzleiter	NYM-J
L	Leuchtröhrenleitung	NYLRZY
M	Mantelleitung	NYM
N	genormte Leitung	NYM
O	Leitung ohne Schutzleiter	NYM-O
PL	Pendelleitung	NPL
St	statischer Schirm	(N)YM(St)
U	Umhüllung unbrennbar	NSSHÖU
W	wärmebeständige Leitung	NYFAW
Y	Kunststoffisolierung	NYM
Z	Zwillingsausführung	NYFAZW

Tabelle 1: Typkurzzeichen für harmonisierte isolierte Leitungen (Auswahl) (nach DIN VDE 0292)

Beispiel: Gummischlauchleitung		H 05 R R - F 3 X 1,5	
Kennzeichnung Harmonisierte Leitung Anerkannter nationaler Typ		H	Leiterquerschnitt in mm ²
Bemessungsspannung U_0/U^* 100/100 V 300/300 V 300/500 V 450/750 V	A**	X	Schutzleiter ohne Schutzleiter
Isolierwerkstoff des Leiters Ethylen-Propylen-Kautschuk Ethylen-Propylen-Gummi Silikon-Gummi PVC, weich Thermoplast aus Polyolefinen	01	G	mit Schutzleiter
Mantelwerkstoff Glasfasergeflecht Polychloropren-Kautschuk Polyurethan Ethylen-Propylen-Gummi Silikon-Gummi Textilgeflecht PVC, weich	03		Aderzahl
	05		Leiterform
	07	-D	feindrätig (Schweißleitung)
	B	-E	feinstdrätig (Schweißleitung)
	R	-F	feindrätig (flexible Leitung)
	S	-H	feinstdrätig (flexible Leitung)
	V	-K	feindrätig (fest verlegte Leitung)
	Z	-R	mehrdrätiger Rundleiter
	J	-U	eindrätiger Rundleiter
	N	-Y	Lahnitzenleiter (hochflexibel)
	Q		Besonderheiten im Aufbau
	R	H	flache, aufteilbare Leitung
	S	H2	flache, nicht aufteilbare Leitung
	T	H6	flache Leitung mit 3 oder mehr Adern
	V	H7	Leitung mit extrudierter zweischichtiger Isolierhülle
		H8	Wendelleitung

* U_0 größte zulässige Spannung Leiter gegen Erde; U größte zulässige Spannung Leiter gegen Leiter

** Andere Typenkurzzeichen sind ebenfalls möglich, sofern keine Verwechslung mit anderen Buchstaben auftritt.

Tabelle 2: Leitungsarten und ihre Verwendungsmöglichkeiten (Beispiele)







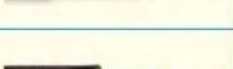











Isolierte Leitungen für feste Verlegung						
Leitungsaufbau	Bezeichnung	Kurzzeichen	Bemessungsspg. U_0/U	Aderzahl	A in mm ²	Verwendung
	Kunststoffaderleitung	H07V-U H07V-R H07V-K	450/750 V	1	1,5 bis 400	Zur Verlegung in Rohren in trockenen Räumen. Zur inneren Verdrahtung von z. B. Leuchten, Motoren, Verteilungen.
	Stegleitung	NYIF	230/400 V	2 ... 5	1,5 bis 4	Nur in trockenen Räumen zur Verlegung im Putz oder unter Putz. Nicht auf Holz, auf Metall, in Hohlräumen, im Bad.
	Mantelleitung	NYM	300/500 V	1 ... 61	1,5 bis 35	Zur Verlegung unter Putz, im Putz und auf Putz in trockenen, feuchten, nassen, feuer- und explosionsgefährdeten Räumen. Einschränkung: Nicht im Erdreich.
Isolierte Leitungen zum Anschluss ortsveränderlicher Verbraucher						
Leitungsaufbau	Bezeichnung	Kurzzeichen	Bemessungsspg. U_0/U	Aderzahl	A in mm ²	Verwendung
	Zwillingsleitung	H03VH-Y	300/300 V	2	0,1	Zum Anschluss kleiner Handapparate, z. B. elektrische Rasierapparate. Länge max. 2 m, Strombelastung $\leq 0,2$ A.
	Leichte Kunststoffschlauchleitung	H03VV-F	300/300 V	2 ... 7	0,5 bis 0,75	Bei geringen mechanischen Beanspruchungen z. B. für Haushaltsgeräte und Büromaschinen. Nicht geeignet für Koch- und Raumheizgeräte.
	Mittlere Kunststoffschlauchleitung	H05VV-F	300/500 V	2 ... 5	0,75 bis 4	Bei mittleren mechanischen Beanspruchungen für Haushaltsgeräte, z. B. Waschmaschinen, Kühlschränke, Wärmegeräte und Büromaschinen.
	Gummischlauchleitung	H05RR-F	300/500 V	2 ... 5	0,75 bis 2,5	Bei geringer mechanischer Beanspruchung, für Haushaltsgeräte und Büromaschinen, z. B. Staubsauger, Lötkolben, Küchengeräte.

Tabelle: Sonderleitungen (Auswahl)						
Leitungsaufbau	Bezeichnung	Kurzzeichen	U_0/U^* in V	Aderzahl	A^{**} in mm ² ; d in mm	Verwendung
	PVC-Klingel-Draht	Y-Draht	60	1	$d = 0,8$	Für feste Verlegung in Rohren auf und unter Putz, in trockenen Räumen.
	PVC-Klingel-Mantelleitung	YR	100	2 bis 24	$d = 0,8$	Für feste Verlegung auf und unter Putz, in trockenen und feuchten Räumen sowie im Freien.
	PVC-Verdrahtungsleitung	H05V-U H05V-K	300/500	1	$A = 0,5$ bis 1	Bei geschützter Verlegung in Geräten, in und an Leuchten sowie in Signal- und Steueranlagen, auch in Rohren auf und unter Putz.
	PVC-Steuerleitung	NYSLYÖ	300/500	3 bis 60	$A = 0,5$ bis 2,5	Anschluss- und Verbindungsleitung für Steuergeräte an Werkzeugmaschinen, Fließ- und Montagebändern, in trockenen und nassen Räumen.
	Gummiaderleitung	H03RT-H	300/300	2 und 3	$A = 0,75$ bis 1,5	Zum Anschluss von Elektrowärmegegeräten im Haushalt und Büro, z. B. Bügeleisen, Heizdecken. Nicht geeignet für gewerbliche Elektrowerkzeuge.
	Modulan-schlussleitung	H1Z2Z2-K	1000 AC 1500 DC	1	$A = 2,5$ bis 240	Verkabelung von Solarmodulen im Außenbereich (Seite 284)
	MSR-Leitung	PYCYM	250/250	2 bis 100	$d = 0,6$ und 0,8	Geschirmte, paarig verseilte Leitung zur Messwert- und Prozessdatenübertragung, für feste Verlegung. Vor Sonneneinstrahlung schützen.
	Bus-Leitung	YCYM	250/250	2 und 4	$d = 0,8$	Für Europäischen Installationsbus (KNX), für feste Verlegung. Vor Sonneneinstrahlung schützen.
	ASi-Steuerleitung	ASi	300/500	2	$A = 1,5$	Gelbe ASi-Standardleitung zum Übertragen von Daten und Energie über den ASi-Bus. Schwarze Leitung: 24-V-DC-Versorgung. Rote Leitung: 230-V-AC-Versorgung.
	Kommunikationsleitung	J-Y(St)Y	250/250	2 bis 100	$d = 0,8$	Im Sprech- und Nebenstellen-aufbau, für feste Verlegung. Vor Sonneneinstrahlung schützen.
	Brandmeldeleitung	JE-H(St)H	250/250	2 bis 104	$d = 0,8$	Rote Leitung mit Mantelauddruck. Zur Signalübertragung in Brandmeldeanlagen (Seite 450) .

* U_0 größte zulässige Spannung Leiter gegen Erde; U größte zulässige Spannung Leiter gegen Leiter;
** A Leiterquerschnitt; d Leiterdurchmesser

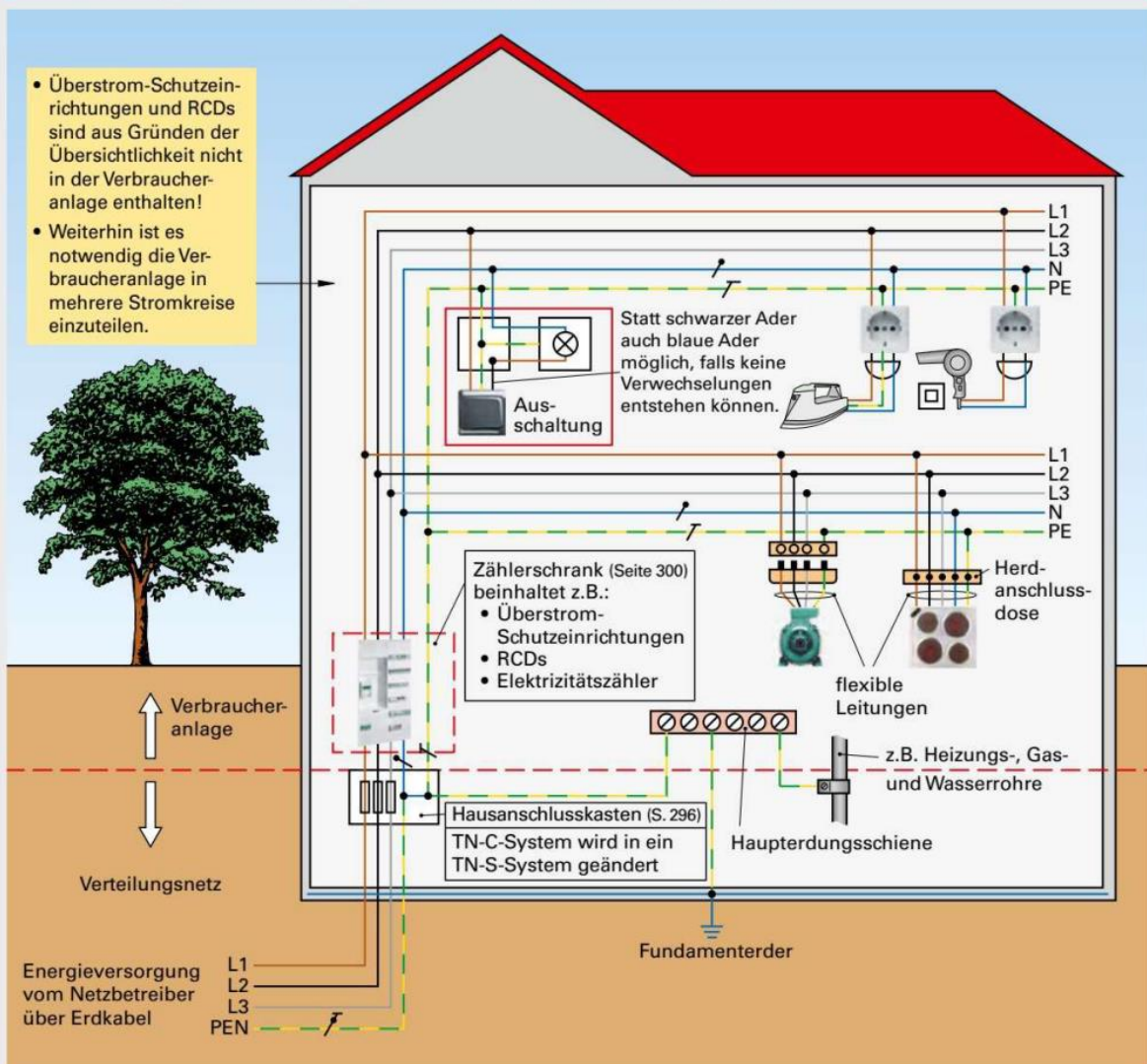
Situationsbeschreibung:

Bei Elektroinstallationen muss die Verlegung von Leitungen und Kabeln nach DIN-VDE-Vorschriften erfolgen. Betriebsmittel, z.B. Steckdosen, sind fachgerecht anzuschließen. Dabei sind die in DIN VDE 0293 festgelegten Aderfarben (**Seite 309**) der Leitungen zu beachten.

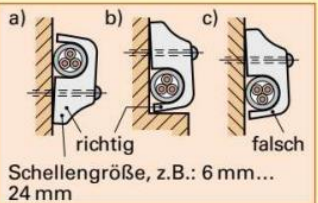
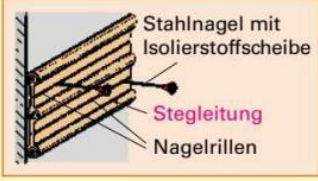
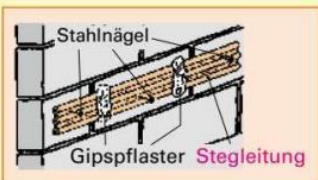
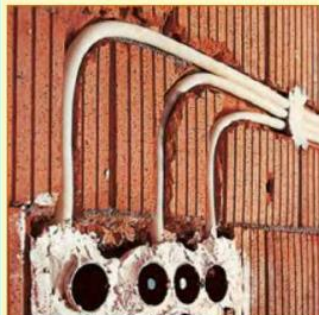
i Kabel und Leitungen sind vor Überlast und Kurzschluss zu schützen. Deshalb sind Überstrom-Schutzeinrichtungen (**Seite 317**) notwendig. Maßnahmen zum Personenschutz sind unbedingt einzuhalten!

Leiter	Farbcode*	Hinweise
Außenleiter L1	braun (BN)	Hierzu gibt es keine gültige genormte Zuordnung der Farbkennzeichnungen. Auf Empfehlung des ZVEH (Zentralverband der Elektro- und Informationstechnischen Handwerke) soll die hier links stehende Farbzuordnung gewählt werden. Für ein und dasselbe Objekt, z.B. innerhalb eines Einfamilienhauses, soll aber die gleiche Zuordnung der Aderfarben eingehalten werden.
Außenleiter L2	schwarz (BK)	
Außenleiter L3	grau (GY)	
Neutralleiter N	blau (BU)	Die blaue Ader darf z. B. auch als Schaltdraht verwendet werden. Voraussetzung: In dem betreffenden Stromkreis oder Leitungsabschnitt ist kein Neutralleiter notwendig.
Schutzleiter PE	grüngelb (GNYE)	Die grüngelbe Ader darf nur als Schutzleiter (PE) oder als Neutralleiter mit Schutzfunktion (PEN) verwendet werden.

* in Klammern: engl. Kurzbezeichnung (BN brown, BK black, GY grey, BU blue, GNYE green-yellow)



Verlegearten von Leitungen in Wohngebäuden (Beispiele) (siehe auch Seite 310 und 664)

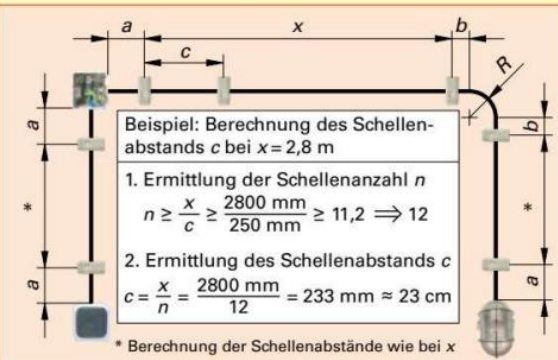
Verlegung	auf Putz	im Putz	unter Putz
bevorzugte Leitungsarten	<ul style="list-style-type: none"> Mantelleitung PVC-Klingel-Mantelleitung 	<ul style="list-style-type: none"> Mantelleitung Stegleitung 	<ul style="list-style-type: none"> Mantelleitung Stegleitung PVC-Aderleitung PVC-Klingel-Mantelleitung
Leitungs-befestigung und Verlegung (Beispiele)	<ul style="list-style-type: none"> Befestigung durch Schraub-, Nagel- oder Abstandsschellen Verlegung im Rohr* oder Kanal** <p>Befestigungen, z.B. Stahlnägel, unterhalb der Leitung anordnen, Ausnahme z.B. bei Mauervorsprüngen.</p> <p>Auf Putz verlegte Leitungen bleiben sichtbar. Sie müssen deshalb gleichmäßig und form-schön verlegt werden.</p>  <p>Schellengröße, z.B.: 6 mm... 24 mm</p>	<p>Befestigung der Stegleitung durch</p> <ul style="list-style-type: none"> Stahlnägel Gipspflaster Klebstoff  	<p>Verlegung der Leitungen oder Rohre in ausgefrästen Nuten im Mauerwerk. Schlitztiefe ist so zu wählen, dass die Leitung bündig mit dem Rohmauerwerk abschließt. Befestigungsmittel dürfen die Rohre bzw. Leitungen nicht in der Form verändern und beschädigen.</p> 

* Rohr: Elektro-Installationsrohre, z.B. Ø 16 mm ... Ø 63 mm ** Kanal: Elektro-Installationskanal, z.B.: 10 mm x 10 mm ... 110 mm x 60 mm

Schelleneinteilung bei Verlegung auf Putz für Mantelleitung NYM mit $d \leq 9$ mm:

- Abstand Betriebsmittel - Schelle: $a = 80$ mm
- Abstand Bogenanfang - Schelle: $b = 50$ mm
- bevorzugter gleichmäßiger Abstand c zwischen den Schellen: $c \leq 250$ mm
- Biegeradius R bei Leitungsdurchmesser d : $R \geq 4 \cdot d$
- Bei mehreren parallel verlegten Leitungen wird der äußere Bogen R_2 dem inneren Bogen R_1 angepasst: ($e =$ Abstand zwischen den Leitungen) $R_2 = R_1 + e$
- Berechnung der Schellenanzahl (siehe rechtes Bild)

$n \geq \frac{x}{c}$ n Schellenanzahl
 x Leitungslänge
 c Schellenabstand



Beispiel: Berechnung des Schellenabstands c bei $x = 2,8$ m

- Ermittlung der Schellenanzahl n

$$n \geq \frac{x}{c} \geq \frac{2800 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \geq 11,2 \Rightarrow 12$$
- Ermittlung des Schellenabstands c

$$c = \frac{x}{n} = \frac{2800 \text{ mm}}{12} = 233 \text{ mm} \approx 23 \text{ cm}$$

* Berechnung der Schellenabstände wie bei x

Tabelle: Befestigungsabstände und Biegeradien bei fester Verlegung von Leitungen (nach DIN VDE 0298-565)

Maximale Befestigungsabstände in mm (Normwerte) Werte können in der Praxis abweichen			Kleinster Biegeradius R in mm bei einer Leitertemperatur von $20 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$	
Außendurchmesser der Leitung in mm	waagerechte Verlegung	senkrechte Verlegung	Leitungsdurchmesser in mm	zulässiger Biegeradius R
$d \leq 9$	250	400	$d \leq 8$	$\geq 4 \cdot d$
$9 < d \leq 15$	300	400	$8 < d \leq 12$	$\geq 5 \cdot d$
$15 < d \leq 20$	350	450	$12 < d \leq 20$	$\geq 6 \cdot d$
$20 < d \leq 40$	400	550	$d > 20$	$\geq 6 \cdot d$

Situationsbeschreibung:

Bei der Renovierung eines Einfamilienhauses müssen Leitungen im Wohnbereich unter Putz neu verlegt werden. Welche Bereiche sind bei der Verlegung zu beachten?

Elektrische Leitungen, Kabel und Installationsrohre sind vorzugsweise mittig in Installationszonen zu verlegen, um eine Beschädigung, z. B. durch Nägel oder Dübel beim Aufhängen von Bildern, zu vermeiden.

Man unterscheidet nach DIN 18015-3 verschiedene Installationszonen, z. B.:

- Innerhalb von Gebäuden, z. B. für Wohnräume,
- außerhalb von Gebäuden, z. B. an einer Außenfassade,
- auf der Decke (Rohdecke), z. B. unter dem Estrich.

i Diagonale Leitungsverlegung ist nicht erlaubt!

Leitungsführung (Bild 1 und 2) im Wohnbereich (Beispiele):

- Leitungen immer senkrecht bzw. waagrecht verlegen,
- waagrecht: 15 cm bis 45 cm unter der Decke bzw. über dem Fußboden,
- senkrecht: 10 cm bis 30 cm neben Fenstern, Türen, Wandecken,
- für zweiflügelige Türen sind die senkrechten Installationszonen beidseitig, für einflügelige Türen nur an der Schlossseite festgelegt.
- Vorzugsmaße für Auslässe:
 - Schalter 105 cm über Fertigfußboden, an der Schlossseite der Türen,
 - Steckdosen 30 cm über Fertigfußboden,
 - in Arbeitsräumen oberhalb der Arbeitsflächen, z. B. Steckdosen im Küchenbereich: 115 cm über Fertigfußboden.

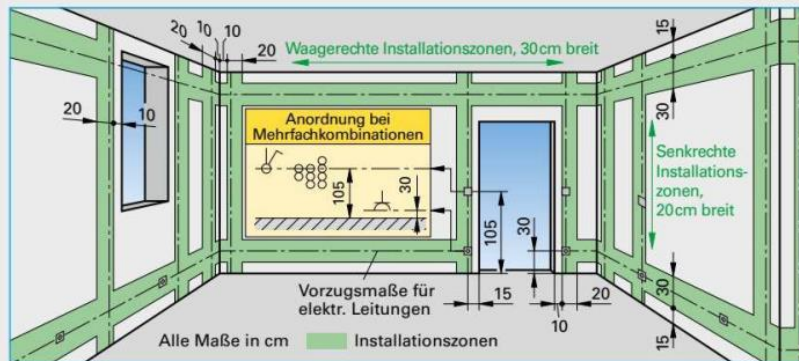


Bild 1: Installationszonen im Wohnbereich

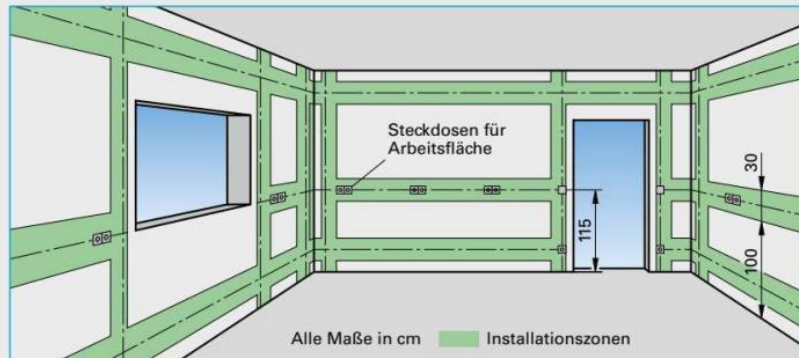


Bild 2: Installationszonen in Küchen und Arbeitsräumen

Leitungsführung (Bild 3) auf der Decke (Beispiele):

- Elektrische Leitungen oder Installationsrohre werden parallel zu den Wänden verlegt (**Bild 3**).
- Der Abstand bei der Verlegung zur Wand muss mindestens 20 cm betragen.
- Werden z. B. Sanitärleitungen verlegt, so muss der Mindestabstand zu elektrischen Leitungen 20 cm betragen.
- Datenleitungen sind separat im Installationsrohr zu verlegen.
- Für die Leitungsverlegung in der Betondecke gibt es keine Installationszonen.

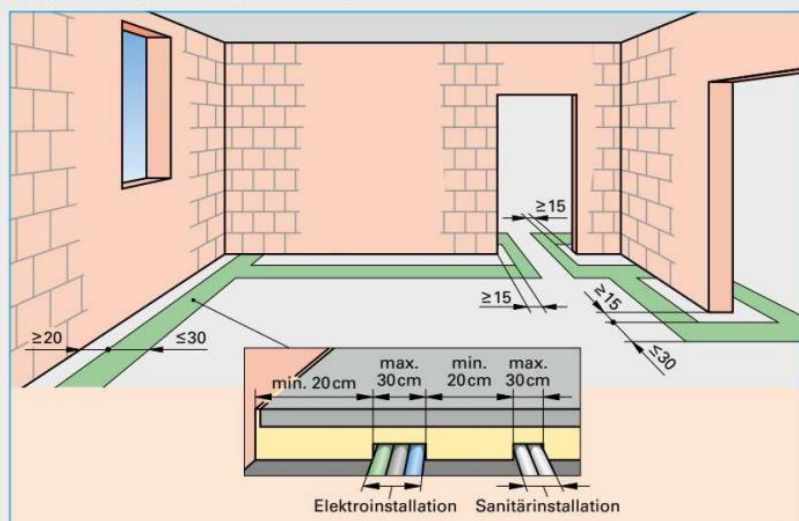


Bild 3: Installationszonen auf der Decke (Estrich)