

Die Isolation gegen Erde wird durch eine Isolationsüberwachungseinrichtung (IMD, Isolation Monitoring Device) permanent überwacht, z. B. durch Überwachung des Schutzleiterstromes. Ist der Isolationswiderstand zwischen angeschlossenen System und z. B. Erde oder PE kleiner als der Ansprechwert der IMD, wird Alarm ausgelöst. IMDs müssen möglichst nahe am Anfang des zu überwachenden Teils einer Anlage errichtet werden. Bei vorhandenem Neutraleiter darf die IMD mit diesem verbunden werden. In einem mehrphasigen System muss die Außenleiterklemme einer zwischen einem Außenleiter und Erde angeschlossenen IMD und ihre Erdungsklemme eine Spannungsfestigkeit von mindestens der Spannung zwischen zwei Außenleitern besitzen.

IT-Systeme werden neuerdings bei Anlagen mit Stromrichtern und Gleichspannungs-Zwischenkreis bevorzugt.

IT-Systeme sind Verteilungssysteme mit überwachtem Schutzleiter.

Beim TT-System hat das Verteilungssystem keinen PEN-Leiter, die Körper der Anlage sind über einen PE an einen eigenen Erder angeschlossen (**Bild 2**). Diese Systemform kommt in Deutschland für fest verlegte Niederspannungsanlagen, die vom öffentlichen Verteilungsnetz gespeist werden, gelegentlich noch vor. Der Sternpunkt des Stationstransformators ist geerdet, und damit auch der Neutraleiter. Anders als beim TN-System finden aber weitere Erdungen des N-Leiters nicht statt, sodass dieser nicht für Schutzzwecke geeignet ist. Trotzdem kommt dieses Verteilungssystem für begrenzte Anlagen, z. B. Baustellen, in Betracht. Hier wird nämlich der Schutz durch RCD (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, FI-Schutzschaltung, Seite 31) angewendet.

Für TT-Systeme ist der Schutz durch RCDs möglich.

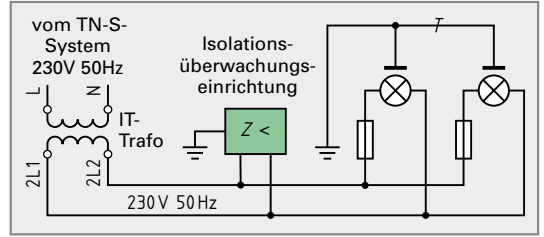


Bild 1: IT-System mit Isolationsüberwachungseinrichtung (IMD)

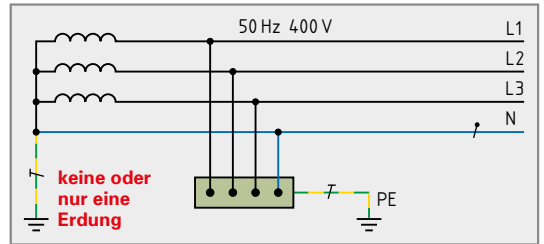


Bild 2: TT-System

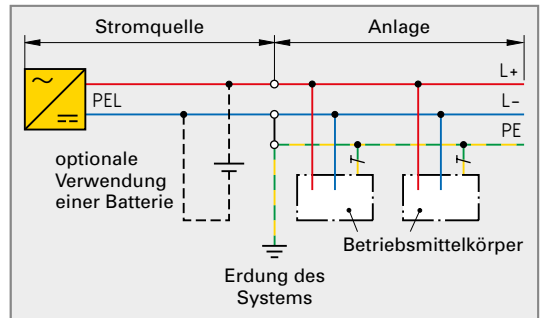


Bild 3: TN-S-DC-System

**Gleichstromsysteme DC**

Gleichstrom-Systeme werden nach Art der Erdverbindung unterschieden. Bezeichnet werden sie als

- TN-S-DC-System (**Bild 3**),
- TN-C-DC-System (**Bild 4**),
- TT-DC-System (**Bild 1, folgende Seite**),
- IT-DC-System (**Bild 2, folgende Seite**).

Die Entscheidung des zu erdenden Pols eines Zweileiter-Gleichstromsystems beruht auf betriebsbedingten Umständen, z. B. dem Vermeiden korrosiver Einwirkungen auf die Erdungsanlage und die Außenleiter. Am Pluspol von DC bildet sich bei Wasserzutritt Sauerstoff, sodass Korrosion eintritt.

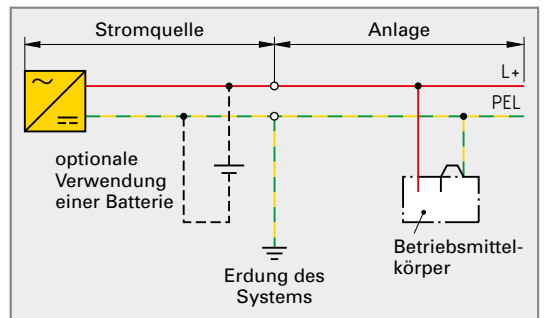


Bild 4: TN-C-DC-System

## 200.9 Trennen und Schalten (826-17)

### Isolation and Switching

**Trennen** ist ein Schaltvorgang, bei dem aus Gründen der Sicherheit die elektrische Anlage oder ein Anlagenteil von jeder Stromquelle zuverlässig getrennt wird. Beim Trennen muss eine Trennstrecke, meist in Luft, entstehen. Eine auf Sperrn gepolte Halbleiterstrecke genügt nicht zum Trennen.

**Ausschalten** erfolgt durch Öffnen der Kontaktstücke einer Schalteinrichtung, z. B. bei Instandhaltungsarbeiten. Dabei sollte meist Trennen erfolgen.

**Not-Ausschaltung** nennt man ein Ausschalten zur Aufhebung einer gefährlichen Situation. Ein Sonderfall ist dabei **NOT-HALT**. Dabei wird eine Bewegung möglichst schnell angehalten.

**Betriebsmäßiges Schalten** dient zum Einschalten und Ausschalten der Energieversorgung eines Anlagenteils. Hier ist Trennen nicht immer erforderlich.

## 200.10 Fähigkeit von Personen (826-18)

### Capability of Persons

In Bezug auf die Normung ist in elektrischen Anlagen mit der Anwesenheit von drei verschiedenen Arten von Personen zu rechnen:

**Elektrofachkraft EFK** ist eine Person, die wegen ihrer fachlichen Ausbildung und Kenntnis der einschlägigen Normen die ihr übertragenen Arbeiten fachgerecht ausführen und mögliche Gefahren erkennen kann. In der Regel handelt es sich bei einer Elektrofachkraft um eine Fachkraft mit abgeschlossener Berufsausbildung im Bereich der elektrischen Energietechnik. Langjährige Praktiker ohne entsprechende Berufsausbildung können durch zusätzliche Lehrgänge zur **Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten** aufsteigen (Abschnitt 3).

**Verantwortliche Elektrofachkraft VEFK** ist eine **EFK** mit vertiefter Fachbildung, z. B. ein Meister der Elektrotechnik. Der **VEFK** leitet Arbeiten in großen Anlagen und prüft dort die Sicherheit.

**Elektrotechnisch unterwiesene Personen TEuP** sind durch eine Elektrofachkraft über die Aufgaben und die möglichen Gefahren unterrichtet bzw. angelernt worden, wobei sie über die notwendigen Schutzmaßnahmen belehrt wurden.

**Laien** im Sinne der Norm sind Personen, die weder Elektrofachkraft noch elektrotechnisch unterwiesene Personen sind.

Es gibt in elektrischen Anlagen Bereiche, für die Laien keinen Zugang haben dürfen, z. B. offene Schaltanlagen. In diesen Bereichen mit eingeschränkter Zugangsberechtigung dürfen außer

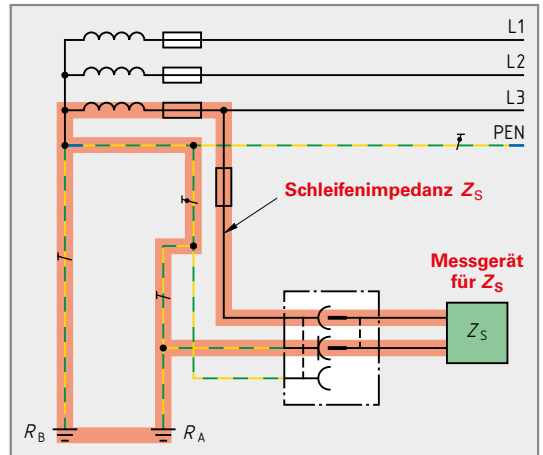


Bild 1: Messung der Schleifenimpedanz beim TN-C-System

Elektrofachkräften die elektrotechnisch unterwiesenen Personen tätig sein.

## 200.11 Nationale Begriffe (Anhang)

### National Definitions (Appendix)

Die hier aufgeführten Begriffe sind nicht international vereinbart, gelten aber als volle Norm für Deutschland.

**Verbraucheranlage** ist die Gesamtheit aller elektrischen Betriebsmittel hinter dem Hausanschlusskasten HAK oder hinter der letzten Verteilung vor den Verbrauchsmitteln, wenn kein HAK vorhanden ist.

**Elektrische Anlagen im Freien** gibt es als

- geschützte Anlagen, z. B. durch Überdachung geschützt, und
- ungeschützte Anlagen, wenn die Überdachung fehlt.

**Schleifenimpedanz** ist der Scheinwiderstand einer Fehlerschleife, z. B. beim TN-S-System. Die Schleifenimpedanz besteht aus den Impedanzen von Stromquelle, Leiter von einem Pol der Stromquelle bis zur Messstelle und Rückleitung, z. B. Schutzleiter und Erde (**Bild 1**).

Man unterscheidet verschiedene Raumarten:

**Trockene Räume** sind Räume oder Orte, in denen die Luft nicht mit Feuchtigkeit gesättigt ist, sodass meist kein Kondenswasser auftritt. Dazu gehören alle Wohnräume und Hotelzimmer, Küchen in Wohnungen (nicht aber in Gaststätten), Baderäume in Wohnungen und Hotels (nicht aber in öffentlichen Bädern), Verkaufsräume, beheizbare und belüftete Keller.

schalter, FI/LS-Schalter) zu verwenden. Dadurch können unerwünschte Abschaltungen infolge z. B. betriebsbedingter Ableitströme oder transienter (lat. transire = vorbeigehen) Stromimpulse durch Schalthandlungen reduziert werden.

## 415.2 Zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich

### Additional Protective Bonding

Der zusätzliche Schutzpotenzialausgleich ist eine **Ergänzung** des Fehlerschutzes, z. B. der automatischen Abschaltung der Stromversorgung mittels RCD. Er darf für die gesamte Anlage oder auch nur für Teile davon angewendet werden (**Bild 1**).

Der zusätzliche Schutzpotenzialausgleich erfolgt durch Verbinden aller gleichzeitig berührbaren Körper von fest angebrachten Betriebsmitteln durch einen Schutzpotenzial-Ausgleichsleiter PB (von Protective Bonding) nach Abschnitt 1.540. Mit dem Ausgleichsleiter ist der Schutzleiter der Betriebsmittel zu verbinden.

Der zusätzliche Schutzpotenzial-Ausgleichsleiter muss einen genügend kleinen Widerstand  $R$  haben.

#### Widerstand des Ausgleichsleiters

bei AC-Systemen

$$R \leq \frac{50 \text{ V}}{I_a} \quad \mathbf{1}$$

bei DC-Systemen

$$R \leq \frac{120 \text{ V}}{I_a} \quad \mathbf{2}$$

$R$  Widerstand des Ausgleichsleiters

$I_a$  Abschaltstrom (bei RCD Bemessungsdifferenzstrom, bei Überstrom-Schutzeinrichtung Strom für Abschaltung in 5 s)

#### Beispiel:

Wie groß darf in einer Anlage mit AC 230 V der Widerstand des Leiters für den zusätzlichen Schutzpotenzialausgleich höchstens sein, wenn der Fehlerschutz durch RCDs mit  $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$  erfolgt?

#### Lösung:

$$R \leq 50 \text{ V} / 30 \text{ mA} = \mathbf{1667 \Omega}$$

Der höchstzulässige Widerstand für den zusätzlichen Schutzpotenzialausgleichsleiter ist bei Neuanlagen fast immer von selbst erfüllt, da in den in Frage kommenden Bereichen RCDs mit einem Bemessungsdifferenzstrom von  $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$  vorgeschrieben sind und die Leitungen einen Mindestquerschnitt von  $2,5 \text{ mm}^2$  oder  $4 \text{ mm}^2$  haben müssen. Schutzpotenzialausgleichsleiter haben dieselben Leiterfarben wie die Schutzleiter (**Tabelle 1, Seite 41**).

**Basisschutz** (Schutz gegen direktes Berühren) verhindert das direkte Berühren unter Spannung stehender Teile (aktive Teile), z. B. durch Isolierung.

**Fehlerschutz** (Schutz bei indirektem Berühren) verhindert z. B. durch automatische Abschaltung der Stromversorgung, dass bei Versagen des Basisschutzes eine gefährliche Berührungsspannung auftritt.

**Zusätzlicher Schutz** z. B. durch RCDs soll bei Versagen des Basisschutzes, des Fehlerschutzes oder bei besonderer Personengefährdung infolge spezieller Bedingungen gegeben sein.

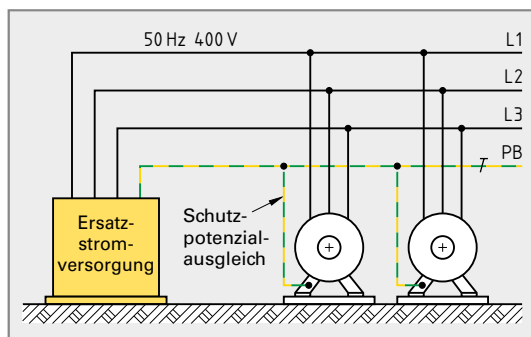


Bild 1: Schutz durch Schutzpotenzialausgleich bei einer Ersatzstromversorgung

Der zusätzliche Schutzpotenzialausgleich ist immer dann erforderlich, wenn in den Bereichen eine erhöhte Gefährdung vorliegt.

Das ist der Fall z. B. in

- medizinisch genutzten Bereichen (Teil 1.701),
- in der Nähe von Schwimmbecken (Abschnitt 1.702) und in
- Unterrichtsräumen mit Experimentiereinrichtungen (Teil 1.723).

In Wohnräumen mit Badewannen ist der zusätzliche Schutzpotenzialausgleich nur erforderlich, wenn kein Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene vorhanden ist (Teil 1.701).

Zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich erfolgt durch einen zusätzlichen Schutzpotenzial-Ausgleichsleiter, mit dem der Schutzleiter der Betriebsmittel zu verbinden ist.

## 421.4 Abstände

### Distances

Fest installierte Betriebsmittel mit starker Wärmeerzeugung, z.B. Heizungen, müssen einen ausreichenden Abstand von entzündbaren Gebäudeteilen haben. Sicherheitsinformationen vom Hersteller sind einzuhalten.

## 421.5 Entzündbare Flüssigkeiten

### Inflammable Fluids

Enthalten elektrische Betriebsmittel entzündbare Flüssigkeiten in bedeutender Menge, z.B. Transformatoröl, so muss dafür gesorgt sein, dass sich Flüssigkeiten oder Flammen nicht ausbreiten. Das kann erfolgen

- durch Auffangrinnen oder
- durch Einbau des Betriebsmittels in einen getrennten feuerfesten Raum.

Bei Flüssigkeitsmengen unter 25 Litern reichen Maßnahmen aus, die ein Entweichen verhindern.

## 421.6 Umhüllungen

### Coatings

Werkstoffe für Umhüllungen müssen den höchsten Temperaturen der jeweiligen Betriebsmittel standhalten können.

## 422 Maßnahmen bei besonderen Brandrisiken

### Measures at special Fire Risks

### 422.1 Allgemeines

#### General

Elektrische Betriebsmittel dürfen bei besonderen Brandrisiken in Räumen nur angeordnet werden, wenn sie dort erforderlich sind. Das gilt nicht für Kabel und Leitungen.

Schalt- und Steuergeräte müssen nach DIN VDE 0100-530 ausgewählt und errichtet werden.

### 422.2 Evakuierung im Notfall

#### Evacuation at Emergency

Je nach Personendichte (Personenzahl je m<sup>2</sup>) und Evakuierung sind 3 Fälle zu unterscheiden (**Tabelle 1**). Wenn A, B und C zutreffen, z. B. in Hochhäusern und Krankenhäusern, müssen Kabel und Leitungen in Flucht- und Rettungswegen auf kürzesten Wegen verlegt werden und dürfen nicht flammenausbreitend sein.

**Tabelle 1: Evakuierungsprobleme**

Fall	Pers.-Dichte	Evakuierung
A	klein	schwierig
B	groß	einfach
C	groß	schwierig

Dies ist erreichbar durch **nicht flammenausbreitende**

- Kabel und Leitungen mit verbessertem Verhalten im Brandfall (folgende Seite),
- Elektroinstallationsrohrsysteme,
- zu öffnende Elektroinstallationskanalsysteme,
- Kabelwannen- und Kabelpritschen,
- Stromschienensysteme.

**Kabel und Leitungen** in Stromkreisen für Sicherheitszwecke müssen eine Feuerwiderstandsdauer gemäß den Brandschutzbedingungen für Baustoffe oder von mindestens 1 Stunde besitzen (siehe auch Abschnitt 1.560). Kabel und Leitungen im Handbereich sind mit einem Schutz gegen mechanische Beschädigung zu versehen.

Schalt- und Steuergeräte dürfen nur für dafür vorgesehene Personen zugänglich sein.

Kabel und Leitungen in Flucht- und Rettungswegen dürfen im Brandfall nur eine schwache Rauchentwicklung aufweisen.

Wenn B oder C zutreffen, dürfen in Flucht- und Rettungswegen Betriebsmittel mit einer entzündbaren Flüssigkeit nicht verwendet werden.

### Euroklassen von Kabeln und Leitungen

Kabel und Leitungen, die der Energieversorgung sowie zu Steuerungs- und Kommunikationszwecken dienen, sind entsprechend ihrer Flammausbreitung/Wärmeentwicklung Baustoffklassen (Euroklassen) zugeordnet (**Tabelle 1, folgende Seite**). Eine verbindliche Angabe zur Euroklasse erfolgt vom Hersteller der Kabel/Leitungen gemäß den Prüf- und Bewertungskriterien nach DIN EN 50575 (DIN VDE 0482-575). Je nach Sicherheitsbedarf in einem Gebäude sind entsprechende Kabel/Leitungen zu verwenden, z.B. steht A<sub>CA</sub> (CA von cable) für höchste Sicherheitsanforderungen, also unbrennbar, F<sub>CA</sub> für keine Sicherheitsanforderungen, also leicht brennbar.

Je nach Gebäudeart und Gebäudenutzung sind gemäß Baustoffklasse (Euroklasse) unterschiedliche Kabel und Leitungen zu verlegen (**Tabelle 2, folgende Seite**). Für Fluchtwege wird empfohlen die Baustoffklasse B2<sub>CA</sub> s1d1a1 (zusätzliche Angaben **Tabelle 3, folgende Seite**).

### 422.3 Feuergefährdete Betriebsstätten

#### Fire endangered Shops

In feuergefährdeten Betriebsstätten besteht ein **besonderes Brandrisiko**. Kennzeichen dafür sind brennbares Material, z. B. Holz, einschließlich vorhandener Staub. In diesen Betriebsstätten müssen elektrische Betriebsmittel, z. B. Kabel, aus nicht flammenausbreitendem Material bestehen und so angeordnet sein, dass sie keinen äußeren Brand hervorrufen können.

Beispiele dafür sind Arbeits-, Trocken- und Lager Räume mit Stroh, Reisig, Baum- und Zellwollfasern, loses Papier, Holzspäne, Magnesiumspäne.

**Leuchten** müssen für die Betriebsstätte geeignet sein und einen ausreichenden Abstand vom brennbaren Material haben (**Tabelle 1, folgende Seite**). Sie müssen mindestens die Schutzart IP4X haben und bei Staubablagerung IP5X, bei leitfähigem Staub IP6X.

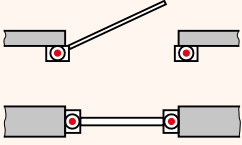
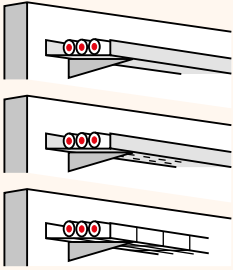

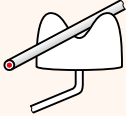
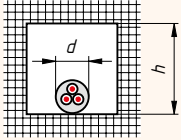
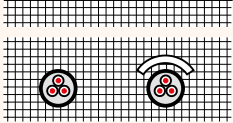
Leuchten dürfen nicht direkt auf entflammaren Oberflächen befestigt werden, wenn sie mit den Symbolen **Bild 1, folgende Seite** gekennzeichnet sind. Leuchten, die mit einem der Symbole **Bild 2, folgende Seite**, gekennzeichnet sind, können auf normal entflammaren Oberflächen montiert werden, wenn die vom Hersteller angegebenen Einbauanweisungen und Sicherheitsabstände eingehalten sind.

**Schaltgeräte** für Schutz, Steuerung und Trennen müssen außerhalb von feuergefährdeten Betriebsstätten angeordnet sein oder wie Leuchten die Schutzart IP4X bzw. IP5X bzw. IP6X besitzen.

Tabelle 1: Zuordnungsvorschlag von Kabeln, Leitungen zu Euroklassen EK	
EK	Beispiele von Kabeln, Leitungen
E <sub>CA</sub>	PVC-Installationsleitung NYM
	Installationskabel NI2XY
	Flexible Leitungen H03VV-F, H05VV-F
	Starkstromkabel NYY
	Installationskabel J-Y(ST)Y, JE-Y(ST)Y
C <sub>CA</sub> , B2 <sub>CA</sub>	Halogenfreie Mantelleitung NHXMH
	Kabel N2XH
	Starkstromkabel NHXHX, NHXH
	Flexible Leitungen H05Z1Z1-F, H07ZZ-F
	Installationskabel J-H(ST)H, JE-H(ST)H
Zusätzliche Angaben: s1, s2 (smoke) Rauchentwicklung/-dichte; a1, a2 (acid) Säureentwicklung/Korrosivität; d0, d1 (droplets) brennende Tropfen B2, C, E → Entflammbarkeit schwierig, gering, mittel www.cabling.datwyler.com	

Tabelle 2: Zuordnung von Euroklassen zu Gebäuden (Vorschläge)	
Gebäude	Euroklasse
Gebäude freistehend bis 13 m hoch	E <sub>CA</sub>
Hochhaus, höher 22 m	C <sub>CA</sub> s1d2a1
Büro-, Verwaltungsgebäude	C <sub>CA</sub> s1d2a1
Versammlungsstätte mit mehr als 200 Personen	C <sub>CA</sub> s1d2a1
Gaststätten, Hotels	C <sub>CA</sub> s1d2a1
Pflegeheime, Krankenhäuser	B2 <sub>CA</sub> s1d1a1
Wohnheime	C <sub>CA</sub> s1d2a1
Tagesstätten für Kinder oder alte Menschen	B2 <sub>CA</sub> s1d1a1
Schulen, Hochschulen	C <sub>CA</sub> s1d2a1
Freizeitparks	C <sub>CA</sub> s1d2a1
Lagerstätten für Stoffe mit erhöhter Brandgefahr	B2 <sub>CA</sub> s1d1a1
Straßentunnels	B2 <sub>CA</sub> s1d1a1
Serverräume IT	B2 <sub>CA</sub> s1d1a1
Tiefgaragen	C <sub>CA</sub> s1d2a1
Erklärung Codierung siehe Tabelle 1	

Tabelle 3: Zusätzliche Angaben bei Euroklassen	
Angabe	Erklärung nach EN 50399
Rauchentwicklung	
s1	Rauchentwicklung < 0,25 m <sup>2</sup> /s
s2	Rauchwachstumsrate < 1,5 m <sup>2</sup> /s
Brennendes Abtropfen	
d0	brennendes Abtropfen < 1200 / s
d1	brennendes Abtropfen < 1200 / s, nicht länger als 10 s
Leitfähigkeit, Säuregehalt	
a1	Leitfähigkeit < 2,5 µS/mm; pH-Wert > 4,3
a2	Leitfähigkeit < 10 µS/mm; pH-Wert > 4,3
Erklärung Codierung siehe auch Tabelle 1	

Tabelle 2: Besondere Verlegearten von Leitungen und Kabeln (nach DIN VDE 0298 Teil 4)		
Verlegeart	Bemerkungen	Gruppe
	<p>Im Elektro-Installationsrohr in Türfüllungen oder im Fenster- rahmen verlegte Aderleitung oder ebenso verlegte umman- telte Installationsleitung bzw. verlegtes Kabel ohne Isolierma- terial (sonst A2).</p>	A1
	<p>Einadriges oder mehradriges Kabel bzw. ummantelte Instal- lationsleitung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● verlegt auf nicht gelochter Kabelwanne oder in Beton,</li> <li>● verlegt auf gelochter Kabelwanne, horizontal oder vertikal,</li> <li>● verlegt auf Kabelkonsolen.</li> </ul>	C  E oder F  F oder G
	<p>Einadriges oder mehradriges Kabel oder ummantelte Instal- lationsleitung abgehängt an einem Tragseil oder mit einge- bautem Tragseil.</p>	E oder F
	<p>Blanke Leiter oder Aderleitungen auf Isolatoren.</p>	G
	<p>Verlegung von ein- oder mehradrigem Kabel oder ummantel- ter Installationsleitung in einem Gebäudehohlraum</p> <p>(wenn <math>1,5 d &lt; h &lt; 20 d</math> gilt B2, sonst B1).</p>	B1 oder B2
	<p>Einadriges oder mehradriges Kabel,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● direkt im Erdbereich ohne zusätzlichen Schutz,</li> <li>● mit zusätzlichem mechanischem Schutz.</li> </ul>	1,17- facher Wert von D
<p>Bedeutung der Leitungssymbole wie vorhergehende Seite. Weitere Verlegebeispiele siehe DIN VDE 0298 Teil 4</p>		

Die Strombelastbarkeit von **fest verlegten Leitungen** unter normalen Bedingungen kann als  $I_f$  aus **Tabelle 1 und 2, folgende Seite**, entnommen werden. Dabei ist zu unterscheiden, ob zwei oder drei Adern der Leitung stromführend sind.

Die Tabellen 1 und 2, folgende Seite, geben die Strombelastbarkeit von festverlegten Leitungen an, bei denen die Leiter eine Betriebstemperatur von 70°C auf Dauer aushalten. Strombelastbarkeit für fest verlegte Leitungen mit einer erhöhten Betriebstemperatur der Leiter von 90°C siehe Tabellen Seite 56. Diese Leitungen haben eine höhere

Strombelastbarkeit als die mit einer Betriebstemperatur von 70°C. Dadurch können für 90°C-Leitungen oft kleinere Leiterquerschnitte ausreichen. 90°C-Leitungen halten die Strombelastbarkeit der Tabellen 1 und 2, folgende Seite, ebenfalls aus.

Aus der zulässigen Strombelastbarkeit der Leitung folgt der Bemessungsstrom der vorzusehenden Überstrom-Schutzeinrichtung für den Überlastschutz. Dieser Bemessungsstrom  $I_N$  der Überstrom-Schutzeinrichtung darf höchstens so groß sein wie die Strombelastbarkeit  $I_Z$  (Formel 1, vorhergehende Seite).

## Bemessungswerte $I_T$ der Leitungen mit 70 °C - Isolierung

**Tabelle 1: Strombelastbarkeit  $I_T$  von festverlegten Leitungen bei drei stromführenden Adern, Betriebstemperatur am Leiter 70 °C und Umgebungstemperatur 30 °C (nach DIN VDE 0298 Teil 4)**

Querschnitt mm <sup>2</sup> Cu	Gruppe A2 in A	Gruppe B2 in A	Gruppe B1 in A	Gruppe C in A	Gruppe D in A	Gruppe E in A
1,5	13	15	15,5	17,5	18	18,5
2,5	17,5	20	21	24	24	25
4	23	27	28	32	30	34
6	29	34	36	41	38	43
10	39	46	50	57	50	60
16	52	62	68	76	64	80
25	68	80	89	96	82	101
35	83	99	110	119	98	126
50	99	118	134	144	116	153
70	125	149	171	184	143	196

Weitere Werte siehe DIN VDE 0298 Teil 4.

Der Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung für den Überlastschutz darf höchstens so groß sein wie die zulässige Strombelastbarkeit der Leitung.

Die Strombelastbarkeit der hier nicht aufgeführten Gruppe A1 ist geringfügig größer als bei Gruppe A2. Bei Verlegung nach Gruppe A1 können deshalb auch die Werte der Gruppe A2 zugrunde gelegt werden.

### Beispiel 1:

Eine vieradrige Leitung für einen Drehstrommotor mit dem Bemessungsstrom von 31 A wird als Mantelleitung auf Putz verlegt. Die Umgebungstemperatur beträgt 30 °C.

a) Wie viele Adern sind stromführend? b) Welche Gruppe nach DIN VDE 0298 liegt vor? c) Wie groß sind der erforderliche Leiterquerschnitt und seine Strombelastbarkeit? d) Wie groß ist der Bemessungsstrom des Leitungsschutzschalters vom Typ C?

### Lösung:

- a) Drei Adern sind stromführend.  
b) Gruppe C.  
c) Leiterquerschnitt **4 mm<sup>2</sup>** mit Strombelastbarkeit **32 A**.  
d) Leitungsschutzschalter **C 32 A**.

### Beispiel 2:

Die Zuleitung zu einem Drehstrom-Glühofen ist in einer bestehenden Anlage als Aderleitung in Rohr auf Putz verlegt. Es ist mit einer dauernden Stromstärke von 45 A zu rechnen. Die Umgebungstemperatur beträgt 30 °C.

a) Welchen Bemessungsstrom muss der vorgeschaltete Leitungsschutzschalter oder die vorgeschaltete Leitungsschutzsicherung haben? b) Welcher Querschnitt ist für die Aderleitung mindestens erforderlich?

### Lösung:

- a) Die Überstrom-Schutzeinrichtung muss einen Bemessungsstrom oberhalb von 45 A haben, erforderlich ist also eine **50-A-Überstrom-Schutzeinrichtung**.  
b) Aderleitung in Rohr auf Putz ist Gruppe B1  $\approx$  B2. Nach **Tabelle 1** sind also erforderlich **10 mm<sup>2</sup>**.

**Tabelle 2: Strombelastbarkeit  $I_T$  von fest verlegten Leitungen bei zwei stromführenden Adern, Betriebstemperatur am Leiter 70 °C und Umgebungstemperatur 30 °C (nach DIN VDE 0298 Teil 4)**

Querschnitt mm <sup>2</sup> Cu	Gruppe A2 in A	Gruppe B2 in A	Gruppe B1 in A	Gruppe C in A	Gruppe D in A	Gruppe E in A
1,5	15,5	16,5	17,5	19,5	22	22
2,5	18,5	23	24	27	29	30
4	25	30	32	36	37	40
6	32	38	41	46	46	51
10	43	52	57	63	60	70
16	57	69	76	85	78	94

Weitere Werte siehe DIN VDE 0298 Teil 4.

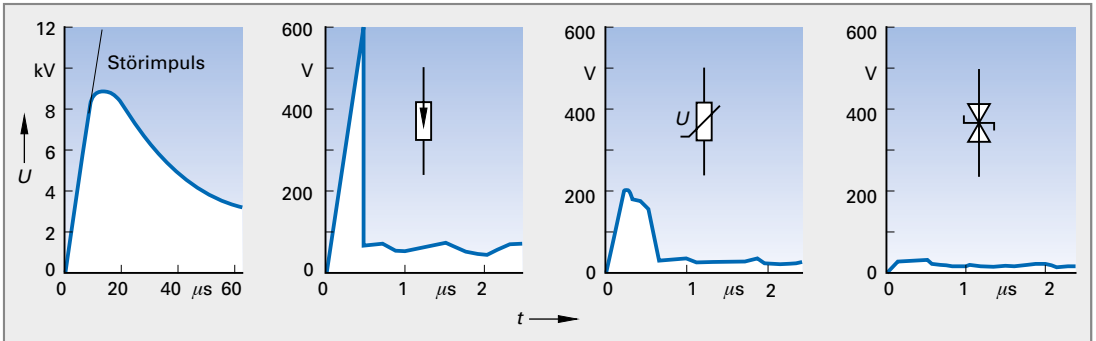


Bild 1: Staffelschutz der Schaltung Bild 2 gegen einen energiereichen Impuls

**Überspannungsableiter.** In Stromkreisen von stör anfälligen Betriebsmitteln setzen Überspannungsableiter die Kopplung herab (Bild 1). Derartige Überspannungsableiter bestehen aus Schaltungen mit verschiedenen Bauelementen, die bei Erreichen einer bestimmten Spannungshöhe leitend werden und an einen Erder angeschlossen sind. Dadurch wird die auftretende Überspannung zur Erde abgeleitet.

In Überspannungsableitern sind enthalten spannungsfeste **Gasableiter**, die aber erst bei hohen Spannungen ansprechen. Außerdem sind enthalten **Varistoren** (spannungsabhängige Widerstände), die weniger spannungsfest sind, aber schon bei mittleren Spannungen von z. B. 200 V ansprechen, und Suppressordioden, die schon bei kleinen Spannungen ansprechen. Dadurch wird ein Staffelschutz erzielt (Bild 1). Ein eintreffender Störimpuls wird zuerst vom Gasableiter geschwächt, dann vom Varistor verringert und schließlich von der Suppressordiode bis auf einen ungefährlichen Rest herabgesetzt.

Bei den fertig zu beziehenden Überspannungsableitern muss der Eingang (In) zur Störquelle hin angeordnet sein, meist also zum Energienetz hin (Bild 2).

Überspannungsableiter sind Baugruppen, deren Eingang zur Störquelle hin anzuschließen ist.

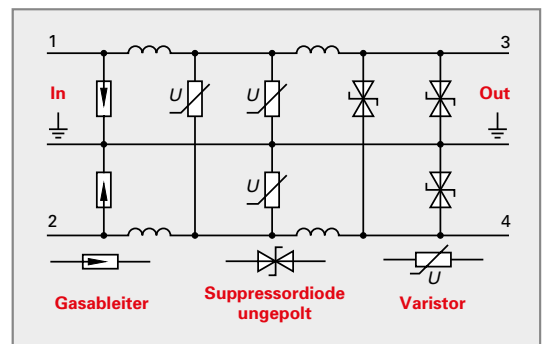


Bild 2: Schaltung eines Überspannungsableiters

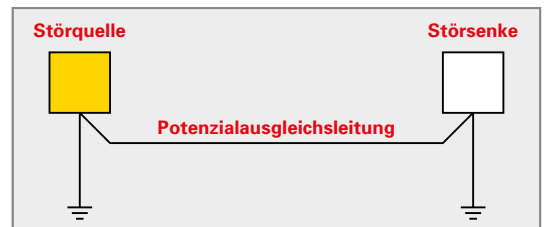


Bild 3: Funktionspotenzialausgleich zwischen Störquelle und Störseke

Die Überspannungsableiter liegen in der Anlage je nach Aufgabe an geeigneten Stellen des Gebäudes (siehe Seite 125).

[www.dehn.de](http://www.dehn.de), [www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com),  
[www.conrad.de](http://www.conrad.de)

### 444.5 Erdung und Potenzialausgleich Earthing and Equipotential Bonding

Wie schon beschrieben, sollen die Schirme von geschirmten Leitungen nur an einer Stelle geerdet werden, damit keine galvanische Kopplung entsteht. Das ist allerdings nicht möglich, wenn der Schirm mehrfach mit dem Erdboden in Berührung

kommt, z. B. wenn das Kabel im Erdboden liegt. Dann verbindet man die Erdungsleitungen durch einen metallenen, isolierten oder nicht isolierten Leiter, der verschiedenes Potenzial verhindert (Bild 3). Man spricht von einer Potenzialausgleichsleitung.

Die Potenzialausgleichsleitung verhindert Potenzialunterschiede und Störungen durch galvanische Kopplung.



**Vermeidung von Induktion.** Zur Unterdrückung der induktiven Kopplung zwischen Störquelle und Störsenke müssen Induktionsschleifen nach Bild 2, Seite 72, vermieden werden. Das erfolgt durch gemeinsame Leitungswege der verschiedenen Systeme der Kommunikationstechnik. Die Leitungen dieser Systeme verlegt man z. B. gemeinsam in einem Installationskanal.

In Anlagen mit IT-Betriebsmitteln sollen zur Vermeidung von Induktionsschleifen die Leitungen der verschiedenen Systeme der Kommunikationstechnik einen gemeinsamen Leitungsweg haben, wobei die Leitungen so beschaffen sein sollen, dass zwischen ihnen keine Kopplung stattfindet.

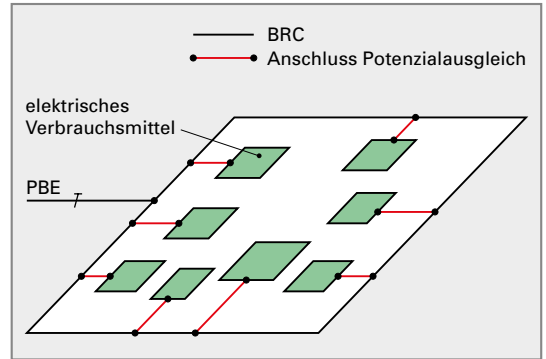


Bild 1: Potenzialausgleichsringleiter BRC

Außer durch Schirmung kann die induktive Kopplung auch durch Signalleitungen mit verdrehten Doppeladern (Twisted Pair = verdrehtes Adernpaar) vermieden werden. Bei einer verdrehten Doppelader ruft ein Strom in den durch den Drall entstehenden Windungen Magnetfelder wechselnder Richtung hervor, sodass nach außen die Magnetfelder unwirksam bleiben (Bild 3). Entsprechend induziert ein magnetisches Wechselfeld von außen in den Windungen Spannungen verschiedener Richtungen, sodass die Störspannungen sich gegenseitig weitgehend aufheben.

Twisted-Pair-Leitungen verhindern weitgehend die induktive Einstreuung von Störungen.

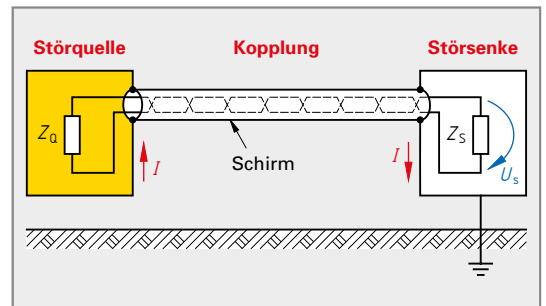


Bild 2: Beseitigung der Kopplungen zwischen Störquelle und Störsenke

Zusätzlich verhindern bei den S/FTP-Leitungen (S von Shielded, F von Foil, TP von Twisted Pair) Schirme die verbleibende Einstreuung (Bild 4).

Das Vermeiden von Störungen durch gemeinsamen Leitungsweg, Erdung des Schirms und Twisted-Pair-Leitungen gilt, wie beschrieben, für Leitungen der Kommunikationstechnik. Gegen die Kopplung zu Leitungen der Stromversorgung reichen diese Maßnahmen meist nicht, da hier die Stromstärke sehr viel größer ist. Deshalb werden hier die Stromkreise getrennt verlegt.

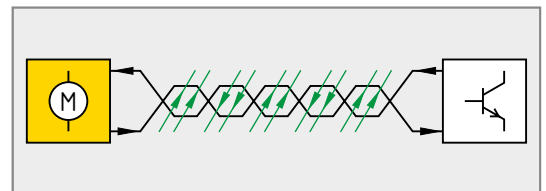


Bild 3: Magnetfelder einer verdrehten Doppeladerleitung

### 444.6 Getrennte Verlegung der Stromkreise

#### Separated Installations of Circuits

Dieser Abschnitt gilt insbesondere für Kabel und Leitungen der Stromversorgung und informationstechnische Kabel und Leitungen, die im selben Verlegesystem oder auf derselben Kabeltrasse verlegt sind. Dies betrifft auch Schienenverteilersysteme und Stromschienensysteme.

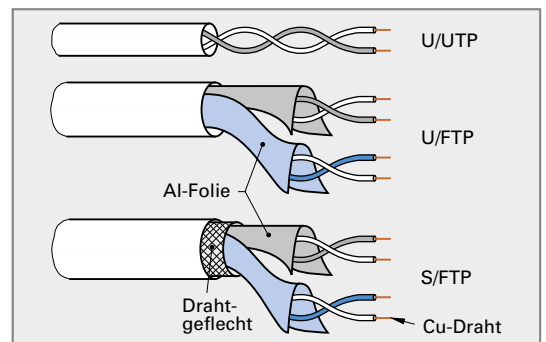


Bild 4: Twisted-Pair-Leitungen

Dieser Biegeradius ist jeweils auf die innere Seite der Biegung bezogen. Ebenfalls ist der Biegeradius von Mantelleitungen festgelegt, und zwar mit feinerer Unterteilung nach Durchmesser und Art der Leiter sowie mit kleineren Biegeradien (**Tabelle 1**). Ein kleinerer Biegeradius durch Erwärmung beim Biegen ist hier nicht möglich.

Der Mindestbiegeradius ist einzuhalten, weil sonst Leiterschlüsse der Adern entstehen.

Die Abstände zwischen Befestigungspunkten, z. B. Schellen, für die genannten Kabel liegen ebenfalls fest (**Tabelle 2**). Dabei ist zwischen waagerechter und senkrechter Verlegung zu unterscheiden. Die Abstände der Befestigungsmittel sind bei den Leitungen in ähnlicher Weise festgelegt (**Tabelle 3**).

**Mantelleitungen NYM** werden verlegt

- auf, unter und im Putz in allen Räumen und im Mauerwerk,
- im Beton, aber nicht bei Rüttel- oder Stampfbeton,
- im Freien bei Schutz vor Sonnenstrahlung.

In Schutzrohren dürfen NYM und NYBUY auf Längen bis 5 m im Erdboden verlegt werden, wenn das Schutzrohr mechanisch fest ist und die Leitung auswechselbar bleibt, gegen Wasser geschützt ist und belüftet wird (**Bild 1**).

**Stegleitungen NYIF, NYIFY** dürfen nur in trockenen Räumen im Putz oder unter Putz verlegt werden. Sie sind meist in ihrem ganzen Verlauf vom Putz bedeckt. Wenn Stegleitungen in Hohlräumen von Gebäudeteilen aus Beton, Stein oder ähnlichen Baustoffen liegen, kann auf die Bedeckung mit Putz verzichtet werden.

Stegleitungen dürfen nicht auf brennbarem Baustoff, z. B. Holz verlegt werden, auch nicht, wenn die Bedeckung mit Putz erfolgt. Stegleitungen dürfen nur mit solchen Mitteln befestigt werden, welche die Isolierung nicht beschädigen.

Die Verwendung von Stegleitungen ist erheblich eingeschränkt, weil die Isolierung schwächer als bei anderen Leitungen ist.

Stegleitungen dürfen nicht auf oder unter Drahtgewebe oder Streckmetall verlegt werden. Verbindungen von Stegleitungen dürfen nur an speziellen Installationsdosen aus Isolierstoff erfolgen.

Die Befestigung an Wänden vor dem Verputzen ist möglich durch

- Gipsputz (**Bild 1, folgende Seite**),
- Kleben,
- der Leitungsform angepasste Schellen oder
- spezielle Stahlnägeln mit isolierender Scheibe.

**Verlegen frei gespannter Leitungen** muss durch geeignete Befestigungen so erfolgen, dass eine Be-

**Tabelle 1: Mindest-Biegeradien von Leitungen**

Art	$d \leq 8$	$8 < d \leq 12$	$12 < d \leq 20$	$d > 20$
<b>Leitungen mit starren Leitern, fest verlegt</b>				
normal	4 d	5 d	6 d	6 d
vorsichtiges Biegen	2 d	3 d	4 d	4 d
<b>Leitungen mit flexiblen Leitern</b>				
festverlegt	3 d	3 d	4 d	4 d
flexibel	4 d	4 d	5 d	6 d

*d* Außendurchmesser bei runden Leitungen, kleineres Außenmaß bei Flachleitungen

**Tabelle 2: Höchstabstand der Befestigungen von Kabeln**

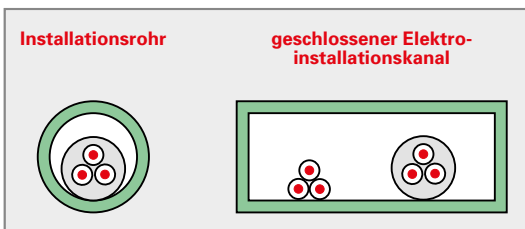
Verlegung	Abstand
waagrecht	20 d und $\leq 0,8$ m
senkrecht	< 1,5 m

*d* Kabeldurchmesser

**Tabelle 3: Höchstabstände der Befestigungen von Leitungen** vgl. DIN VDE 0100-520

<i>d</i> in mm	Maximaler Abstand in mm bei Verlegung	
	waagrecht	senkrecht
$d \leq 9$	250	400
$9 < d \leq 15$	300	400
$15 < d \leq 20$	350	450
$20 < d \leq 40$	400	550

*d* Außendurchmesser der Leitung



**Bild 1: Mantelleitung im Erdboden verlegt**

schädigung durch die Leitung nicht erfolgen kann. Für die Höhe frei gespannter Leitungen gelten die Festlegungen für Freileitungen, z. B. für die Überkreuzung von Verkehrswegen (**Tabelle 1, folgende Seite**).

Im Beiblatt 2 zum Teil 520 ist für die Leitertemperatur von 30°C eine Tabelle der maximal zulässigen Kabel- und Leitungslängen von Drehstromkreisen 50 Hz, 400 V für den Spannungsfall von 3% und dem  $\cos \varphi = 1$  enthalten (**Tabelle 1**).

Bei von 3% abweichenden Spannungsfällen sind die Längen der Tabelle 1 mit dem jeweiligen Faktor der **Tabelle 2** zu multiplizieren. Bei Einphasen-Wechselstromkreisen sind die Längen nach Anwendung von Tabelle 2 noch mit dem Faktor 0,5 zu multiplizieren.

Bei Einphasenwechselstrom beträgt die zulässige Leitungslänge nur die Hälfte der Tabellenwerte für Drehstrom.

Die Überstrom-Schutzeinrichtungen müssen im TN-System bei Kurzschluss innerhalb von 0,4 s die Anlage abschalten. Das ist der Fall, wenn der Spannungsfall  $\leq 3\%$  der Nennspannung des Netzes ist und die Überstrom-Schutzeinrichtungen nach der Strombelastbarkeit von Teil 430 ausgewählt sind. Außerdem darf die Impedanz (Scheinwiderstand) des Netzes normale Werte nicht übersteigen. Für außergewöhnlich große Werte der Impedanz des Netzes ist im Beiblatt 2 zum Teil 520 eine umfangreiche Tabelle enthalten.

Wenn der Spannungsfall höchstens 3% beträgt, erfolgt in normalen Anlagen das automatische Abschalten bei einem Kurzschluss innerhalb von 0,4 s.

Tabelle 1: Maximal zulässige Leitungslängen von Drehstromkreisen 50 Hz 400 V bei Spannungsfall 3% vgl. DIN VDE 0100-520 Bbl 2						
Betriebsstrom in A	Leiternennquerschnitt (Cu) in mm <sup>2</sup>					
	1,5	2,5	4	6	10	16
6	92	150				
10	55	90	141			
16	34	56	88	132		
20	28	45	70	106		
25		36	56	85	142	
35			40	60	101	160

Weitere Werte s. DIN VDE 0100-520 Bbl. 2

Tabelle 2: Umrechnungsfaktoren bei von 3% abweichenden Spannungsfällen	
Spannungsfall in %	Faktor
1	0,33
1,5	0,5
4	1,33
5	1,67

## 526 Elektrische Verbindungen

### Electric Connections

Verbindungen werden in Leistungsstromkreisen gewöhnlich durch Klemmen (Klemmverbindungen) und ähnliche Einrichtungen hergestellt (**Bild 1**). Lötverbindungen sollten in Leistungsstromkreisen unterbleiben, weil das Lötmedium unter mechanischer Dauerbelastung zum Fließen kommen kann.

Lösbare elektrische Verbindungen müssen zum Besichtigen, Prüfen und Warten **zugänglich** sein. Das gilt nicht bei Muffen von erdverlegten Kabeln, gekapselten oder mit Isoliermasse gefüllten Muffen sowie bei Verbindungen der Heizelemente für Fußbodenheizungen und ähnliche Heizungen.

#### Leiteranschlüsse, Leiterverbindungen

Das Anschließen und Verbinden von Leitern darf nur mit genormten Klemmen, genormten Press- und Steckverbindern oder durch Schweißen und Löten erfolgen. Beim Löten muss dafür gesorgt sein, dass auf die Lötstelle keine mechanische Einwirkung erfolgt. Es sind zahlreiche Arten von Klemmen in Gebrauch (**Bild 1, folgende Seite**).

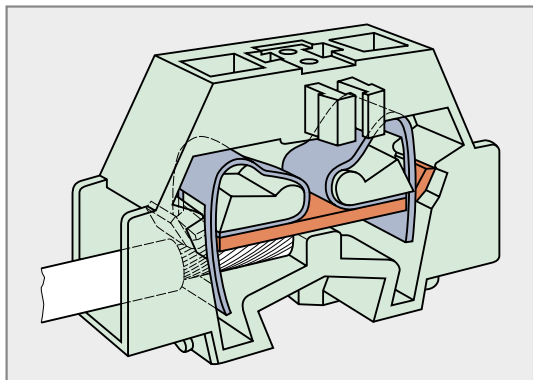


Bild 1: Verbindungsklemme für nicht hergerichtete Leiterenden

**Leiteranschlüsse** dürfen nur in geeigneten Anschlussräumen vorgenommen werden, z. B. in Geräteanschlussdosen, oder im Anschlussraum von Betriebsmitteln.

**Leiterverbindungen** müssen erfolgen in Dosen, in Kästen, bei Kabeln in Muffen oder bei Verbrauchsmitteln in Räumen mit fest eingebauten Verbindungsmitteln.

**Verbindungsklemmen in Installationsdosen** dürfen nur bis zum Nennquerschnitt von 4 mm<sup>2</sup> lose Einzelklemmen sein. Bei größeren Querschnitten müssen die Klemmen fest mit der Dose verbunden sein. Die Zahl der zulässigen Klemmen ist von der Größe der Dose und vom Leiterquerschnitt abhängig (**Tabelle 1**).

Die Anzahl der Leiter an einer Klemme ist begrenzt (**Tabelle 2**).

Anschlussstellen und Verbindungsstellen sind von möglicher mechanischer Beanspruchung zu entlasten. Das ist bei ortsveränderlichen Betriebsmitteln immer der Fall. Insbesondere ist eine Zugentlastung erforderlich. Verknoten der Leitung oder Festbinden am Betriebsmittel sind als Zugentlastung nicht zulässig. Leitungseinführungen dürfen als Zugentlastung nur verwendet werden, wenn die Eignung von einer Prüfstelle nachgewiesen ist. Schutzleiter von Anschlussleitungen müssen so lang sein, dass sie beim Versagen der Zugentlastung als letzter Leiter beansprucht werden (**Bild 2**).

## 527 Begrenzung von Bränden

### Limiting of Fires

Für Anlagen mit Brandrisiko gilt vor allem der Teil 420.

Durch geeignete Materialien und sonstige Maßnahmen muss die Ausbreitung eines Brandes begrenzt werden. Kabel, Leitungen und andere Betriebsmittel sind gewöhnlich flammwidrig, z. B. infolge der Isolierung mit PVC. Diese Betriebsmittel dürfen ohne besondere Maßnahmen verwendet werden, wenn nicht durch gesetzliche Bestimmungen anderes vorgeschrieben ist, z. B. auf Flughäfen. Dagegen dürfen nicht flammwidrige Kabel und Leitungen, z. B. manche Gummischlauchleitungen, nur innerhalb desselben Brandabschnittes verwendet werden, z. B. zum Anschluss eines Verbrauchsmittels an das feste Leitungssystem.

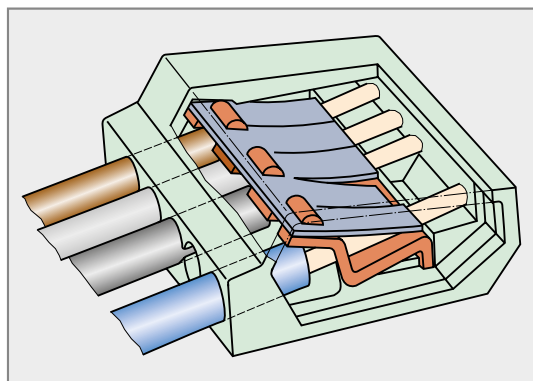


Bild 1: Lössbare Verbindungsklemme für bis zu fünf Leiter

**Tabelle 1: Höchstzulässige Klemmenanzahl bei Verbindungs-dosen** vgl. VDE 0606

Dose in mm <sup>2</sup>	Klemmenanzahl bei Leiterquerschnitt (Cu) in mm <sup>2</sup>			
	1,5	2,5	4	6
1,5	6	–	–	–
2,5	6	5	–	–
4	8	6	5	–
6	10	8	6	5

Weitere Werte siehe DIN VDE 0606.

**Tabelle 2: Höchstzulässige Leiterzahlen an einer Klemme**

Klemme in mm <sup>2</sup>	Leiteranzahl bei Leiterquerschnitt (Cu) in mm <sup>2</sup>			
	1	1,5	2,5	4
1,5	4	4	–	
2,5	4	4	3	
4	–	4	4	4
6	–	–	4	4

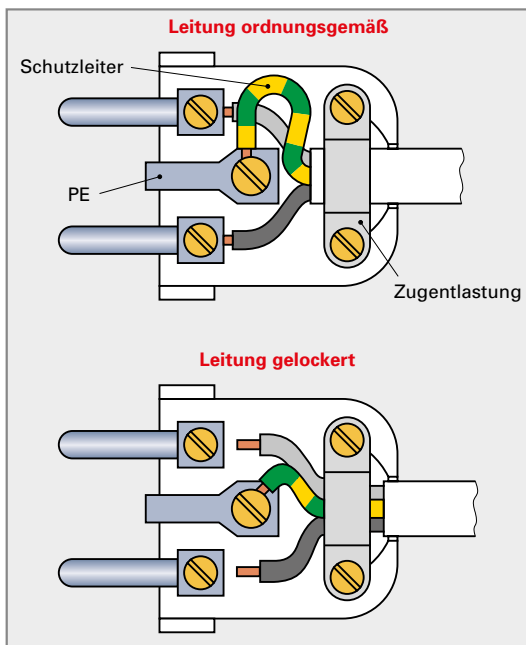


Bild 2: Anschluss des Schutzleiters in einem Stecker

## 528 Nähe zu anderen technischen Anlagen

### Nearness to other Installations

#### Nähe zu elektrischen Anlagen

In DIN VDE 0100 Teil 520 werden die Spannungsbereiche I und II unterschieden (**Tabelle 1**).

Stromkreise der Bereiche I und II dürfen nur dann im selben Kabel- und Leitungssystem verlegt sein, wenn

- jedes Kabel bzw. jede Leitung für die höchste vorhandene Spannung bemessen ist,
- jeder Leiter für die höchste Spannung bemessen ist oder
- die Kabel bzw. Leitungen in getrennten Abschnitten eines Installationskanals verlegt werden oder
- getrennte Installationsrohre verwendet werden.

Allerdings kann es erforderlich sein, dass bei Fernmeldestromkreisen oder Stromkreisen der Datenübertragung wegen der EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) zusätzliche Maßnahmen, z. B. Schirmung, getroffen werden müssen (Teil 444).

#### Zusammenfassen der Leiter von Stromkreisen

In elektrischen Betriebsstätten dürfen die Leiter mehrerer Stromkreise des gleichen Spannungsbereiches zusammen in einem Rohr oder einer Leitung liegen. Außerhalb dieser Betriebsstätten ist das grundsätzlich nicht möglich.

Grundsätzlich ist für jeden Stromkreis eine eigene Leitung zu verlegen, z. B. als Aderleitung in einem Rohr oder als Mantelleitung.

Von diesem Grundsatz gibt es aber eine Reihe von Ausnahmen. Es dürfen zusammengefasst, also gemeinsam verlegt werden

- Hilfsstromkreise mit dem zugehörigen Hauptstromkreis,
- mehrere Hilfsstromkreise mit getrennter Verlegung von den Hauptstromkreisen.

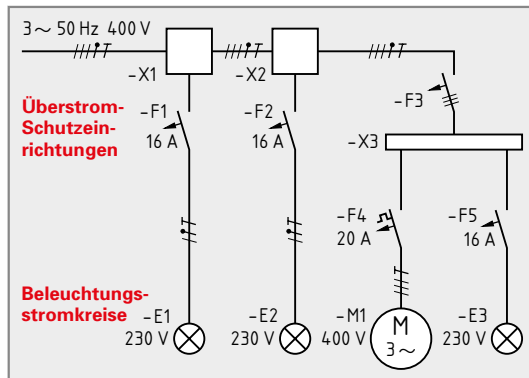


Bild 1: Aufteilung eines Drehstrom-Stromkreises

Einzelne Leiter eines Hauptstromkreises dürfen nicht auf verschiedene Kabel, Leitungen oder Rohre verteilt werden, wenn diese Leiter andere Stromkreise enthalten.

Entsprechend darf der Neutralleiter nur für **einen** Hauptstromkreis verwendet werden. Davon gibt es aber eine wichtige Ausnahme. Aus einem Drehstromkreis mit einem Neutralleiter dürfen Einphasen-Wechselstromkreise mit je einem Außenleiter und Neutralleiter gebildet werden, wenn der Drehstromkreis durch einen Schalter frei geschaltet werden kann, der alle aktiven Leiter gleichzeitig abschaltet (**Bild 1**).

Einadrige Leitungen oder einadrige Kabel für Wechselstrom oder Drehstrom dürfen nicht als einzelne Leiter in Rohre oder Umhüllungen aus Metall verlegt werden. Das würde nämlich wegen der ständigen Ummagnetisierung zu Verlusten durch Wirbelströme führen, welche die Leitungen erwärmen und damit zerstören.

**Tabelle 1: Spannungsbereiche für AC-Netze und DC-Netze**

Spannungsbereich	geerdetes Netz		nicht geerdetes Netz zwischen (Außen)-Leitern
	(Außen)-Leiter – Erde	zwischen (Außen)-Leitern	
I	AC $U_n \leq 50\text{ V}$ DC $U_n \leq 120\text{ V}$	AC $U_n \leq 50\text{ V}$ DC $U_n \leq 120\text{ V}$	AC $U_n \leq 50\text{ V}$ DC $U_n \leq 120\text{ V}$
II	AC $50\text{ V} < U_n \leq 600\text{ V}$ DC $120\text{ V} < U_n \leq 1500\text{ V}$	AC $50\text{ V} < U_n \leq 1000\text{ V}$ DC $120\text{ V} < U_n \leq 1500\text{ V}$	AC $50\text{ V} < U_n \leq 1000\text{ V}$ DC $120\text{ V} < U_n \leq 1500\text{ V}$

AC Wechselstrom, DC Gleichstrom,  $U_n$  Nennspannung des Netzes

Für einen hohen PL-Wert oder eine hohe Sicherheitskategorie braucht man sichere Schaltungen und zuverlässige Komponenten.

Die Anforderungen von 557.4 bis 557.6 betreffen bei einer Steuerung mit Selbstüberprüfung von Zeit zu Zeit (Sicherheitskategorie 2) sowohl die Leitungen von einem Sensor zur Steuerung als auch die Leitung von der Steuerung zum Aktor (**Bild 2**). Außerdem sind die Bestimmungen 557.8 und 557.9 einzuhalten.

### 557.8 Elektromagnetische Verträglichkeit EMV

Electromagnetic Compatibility EMC

Die Anforderungen von DIN VDE 0100-444 und etwaige Installationsanweisungen der Hersteller sind einzuhalten.

### 557.9 Elektronische Steuerungen und Bussysteme

Electronic Controls and Bus Systems

Die Normen DIN EN 50090 (VDE 0829) und die Herstelleranweisungen sind einzuhalten.

#### Wiederholung und Vertiefung

1. Was versteht man unter einem Hilfsstromkreis?
2. In welchem Fall soll die Stromversorgung von Hilfsstromkreisen über einen Transformator erfolgen?
3. Warum muss bei geerdeten Hilfsstromkreisen die Verbindung zur Erde zugänglich und auf-trennbar sein?
4. Warum beschränkt sich bei Hilfsstromkreisen der Überstromschutz auf den Kurzschluss-schutz?
5. Wie stellt man den Fehlerschutz bei geerdeten Hilfsstromkreisen her?
6. Auf welche Weise erreicht man den Fehlerschutz bei nicht geerdeten Steuerstromkreisen?
7. Welche zusätzliche Schutzeinrichtung ist bei ungerdeten Hilfsstromkreisen erforderlich?
8. Wie sind Schaltglieder von Hilfsstromkreisen anzuordnen?
9. An welchen Leiter sind die Wirkglieder von Hilfsstromkreisen direkt anzuschließen?
10. Bei welchen Hilfsstromkreisen genügt eine ein-polige Sicherung?
11. Warum dürfen im Sekundärkreis von Strom-wandlern keine Überstrom-Schutzeinrichtun-gen eingebaut werden?

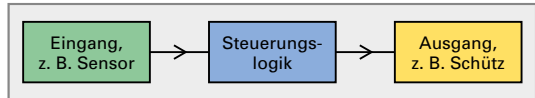


Bild 1: Hilfsstromkreis für Sicherheitskategorie B

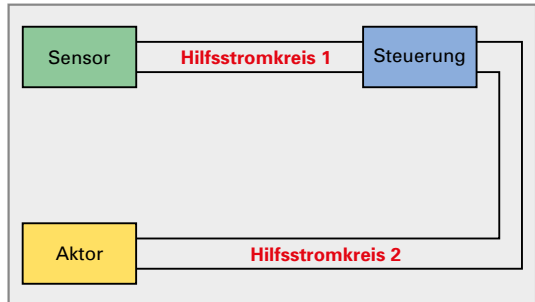


Bild 2: Hilfsstromkreise innerhalb eines sicherheitsrelevanten Systems

12. Welcher Schutz ist bei Spannungswandlern auf der Sekundärseite erforderlich?
13. Wie groß muss der Isolationswiderstand eines Hilfsstromkreises mit der Nennspannung von 230 V mindestens sein?
14. Bei welchen Steuerungen ist die funktionale Sicherheit von großer Wichtigkeit?
15. Nennen Sie drei Beispiele für die funktionale Sicherheit.
16. Warum verwendet man bei sicherheitsrelevanten Schaltungen Schalter mit zwangsgeführten Kontakten?
17. Wie viele PL-Werte unterscheidet man bei sicherheitsrelevanten Stromkreisen?
18. Wie viele Sicherheitskategorien unterscheidet man?
19. Auf welche Weise erreicht man die Sicherheitskategorie B?
20. Was versteht man unter  $MTTF_d$ ?
21. Welche Folge hat es, wenn ein Hilfsstromkreis mit der Architektur für Cat3 mit Komponenten aus einem niedrigen  $MTTF_d$  aufgebaut wird?
22. Bei welchen Hilfsstromkreisen genügt eine einpolige Sicherung? 
  1. Bei geerdeten Hilfsstromkreisen mit Steuertransformator,
  2. nur bei PELV-Stromkreisen,
  3. nur bei Stromkreisen mit Batteriespeisung,
  4. bei nicht geerdeten Stromkreisen,
  5. bei Stromkreisen mit Schutz durch RCDs.

In den zusätzlichen Schutzpotenzialausgleich sind alle leitfähigen Teile einzubeziehen, die ein Potenzial in die Bereiche 0, 1 oder 2 einbringen können, z. B. die Fußbodenheizung.

Nicht isolierende Fußböden sind in den Schutzpotenzialausgleich einzubeziehen, z. B. großflächige Betonplatten mit Armierung, z. B. Baustahlmatten. Hier soll die Armierung mit dem Schutzpotenzialausgleichsleiter verbunden werden. Fußböden aus einzelnen Betonplatten mit nicht zugänglicher Armierung brauchen nicht in den Schutzpotenzialausgleich einbezogen werden. Das gilt auch für Fußböden mit einem Isolationswiderstand von

- 50 kΩ bei Nennspannungen bis 500 V oder
- 100 kΩ bei Nennspannungen über 500 V.

Leitende Fußböden mit zugänglicher Armierung der Bereiche 0, 1 und 2 müssen in den Schutzpotenzialausgleich einbezogen werden.

### Bereiche 0 und 1

**Becken von Schwimmbädern und begehbare Becken.** Hier darf nur die Schutzmaßnahme SELV mit Nennspannungen bis AC 12 V oder DC 30 V angewendet werden. Dabei muss die Stromquelle außerhalb der Bereiche 0, 1 oder 2 angeordnet sein, weil sie an das Niederspannungsnetz angeschlossen ist. Die Stromquelle darf aber im Bereich 2 liegen, wenn eine RCD mit  $I_{AN} \leq 30$  mA sie schützt.

In den Bereichen 0 und 1 darf meist nur SELV mit  $AC \leq 12$  V oder  $DC \leq 30$  V angewendet werden.

**Nicht begehbare Becken.** Bei **nicht begehbaren Springbrunnen** und **nicht begehbaren Becken** sind die Bestimmungen etwas weniger streng. Nicht begehbar sind sie, wenn man nur mit Hilfsmitteln, z. B. Leitern, Zugang zu ihnen bekommt. Bei nicht begehbaren Springbrunnen oder Wasserbecken dürfen als Schutz für die Stromkreise angewendet werden:

- SELV von AC 12 V oder DC 30 V mit Stromquelle außerhalb der Bereiche 0, 1, 2 ist, oder
- RCD mit  $I_{AN} \leq 30$  mA oder
- Schutztrennung für ein einziges Verbrauchsmittel mit Stromquelle außerhalb der Bereiche 0, 1 und 2.

Hinweis: Wenn die Stromquellen jeweils durch eine RCD mit  $I_{AN} \leq 30$  mA geschützt sind, dürfen die Stromquellen auch im Bereich 2 angeordnet sein.

### Bereich 2

Im Bereich 2 von Schwimmbädern und begehbaren Becken dürfen als Schutzmaßnahmen verwendet werden:

- SELV mit Stromquelle außerhalb der Bereiche 0, 1 und 2,
- RCDs mit  $I_{AN} \leq 30$  mA (Typ A) oder
- Schutztrennung für ein einziges Verbrauchsmittel mit Stromquelle außerhalb der Bereiche 0, 1 und 2.

Wenn die Stromquelle durch eine RCD (Typ A) mit  $I_{AN} \leq 30$  mA geschützt ist, darf sie im Bereich 2 angeordnet sein.

## 702.5 Auswahl und Errichtung der Betriebsmittel

### Selection and Erection of Equipment

#### Schutzarten IP

Elektrische Betriebsmittel für Schwimmbäder erfordern einen hohen Wasserschutz. Es sind mindestens erforderlich

- im Bereich 0 IPX8,
- im Bereich 1 IPX5 bei Reinigung mit Strahlwasser, sonst IPX4,
- im Bereich 2 IPX5 bei Reinigung mit Strahlwasser, sonst IPX4 im Außenbereich und IPX2 in Innenräumen.

#### Kabel- und Leitungsanlagen

**Bereiche 0, 1 und 2.** Stegleitungen dürfen nicht verlegt werden. Metallene Umhüllungen von Kabeln und Leitungen müssen in den zusätzlichen Schutzpotenzialausgleich einbezogen werden.

In den Bereichen 0, 1 und 2 ist zwischen der Errichtung von Anlagenteilen, z. B. Abzweigdosen, und Einbau von Verbrauchsmitteln zu unterscheiden.

Geeignete Verbrauchsmittel sind manchmal in Bereichen zulässig, in denen nicht alle Anlagenteile errichtet werden dürfen.

Verbrauchsmittel, die nur in Betrieb sind, wenn sich keine Menschen im Bereich 0 befinden, sind in allen Bereichen zulässig, wenn die Schutzmaßnahmen der Bereiche 0 und 1 erfüllt sind.

**Bereiche 0 und 1. Kabel und Leitungen** dürfen nur zur Versorgung von Betriebsmitteln in diesen Bereichen errichtet werden. **Abzweigdosen und Verbindungsdosen** dürfen nicht errichtet werden. Für SELV sind diese Dosen im Bereich 1 zulässig. **Schaltgeräte, Steuergeräte und Steckdosen** dürfen nicht errichtet werden. Die Verwendung der vom Hersteller an Verbrauchsmitteln angebrachten Schaltgeräte ist zulässig.

In Schwimmbädern mit kleinem Umgebungsbecken dürfen aber im Bereich 1 Schalter und Steckdosen errichtet werden, wenn sie 1,25 m vom Be-

## 705 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten

### Agricultural and Horticultural Premises

#### 705.1 Allgemeines (705.11 bis 705.20)

##### General

Hinter den Überschriften der Abschnitte im Buch sind in Klammern die Abschnitte der DIN VDE 0100 Teil 705 angegeben.

Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten sind Innenräume und Orte im Freien, die der Landwirtschaft oder dem Gartenbau oder ähnlichen Zwecken dienen. Zu diesen Betriebsstätten gehören demnach auch z. B. alle Arten von Ställen für Nutztiere sowie Lagerräume und Verarbeitungsräume für Landwirtschaftsprodukte. Nutztiere sind z. B. Rinder, Schweine, Pferde und Geflügel.

In derartigen landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten ist die Gefährdung für Mensch und Tier besonders groß, weil chemisch aggressive Stoffe, z. B. Dung und Gülle, auftreten, sodass der Übergangswiderstand zu menschlichen oder tierischen Körpern erheblich herabgesetzt ist. Außerdem entsteht durch das in den genannten Betrieben übliche Vorhandensein von leicht entzündlichen Stoffen, z. B. Stroh, eine erhöhte Brandgefahr.

In landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten liegt eine erhöhte Gefährdung vor.

Je nach Art der Betriebsstätte sind zusätzlich zu den Bestimmungen des Teils 705 auch die übrigen Bestimmungen von DIN VDE 0100 einzuhalten, insbesondere die Teile 410 (Schutz gegen elektrischen Schlag), 720 (feuergefährdete Betriebsstätten) und 737 (feuchte und nasse Bereiche).

Die nachstehenden Bestimmungen gelten oft auch für Wohnungen und Nebenräume von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten. Das trifft dann zu, wenn zu den landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten eine elektrisch leitende Verbindung besteht, z. B. durch metallene Rohrleitungen, Schutzleiter oder Leitungsnetze derselben Verbrauchsanlage.

Wohnungen und Nebenräume gelten nur dann nicht als landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätte, wenn keinerlei elektrisch leitende Verbindung zu diesen Betriebsstätten besteht.

#### 705.2 Schutz gegen elektrischen Schlag (705.4.41)

##### Protection against Electric Shock

Nutztiere, z. B. Rinder, sind durch Berührungsspannungen besonders gefährdet, weil sie meist feucht stehen. Große Nutztiere überbrücken zudem bei einem Isolationsfehler eine größere Spannung als der auf zwei nahe beieinander befindlichen Füßen stehende Mensch (**Bild 1**).

Nutztiere sind durch Fehler der elektrischen Anlage besonders gefährdet.

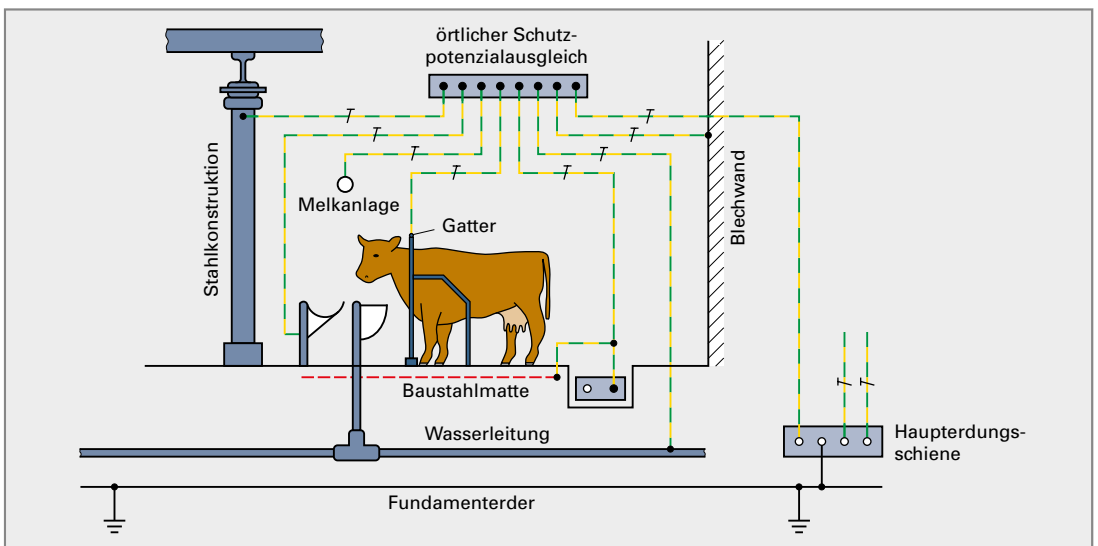


Bild 1: Schutzpotenzialausgleich in einem landwirtschaftlichen Anwesen (nach DIN VDE 0100 Teil 705)



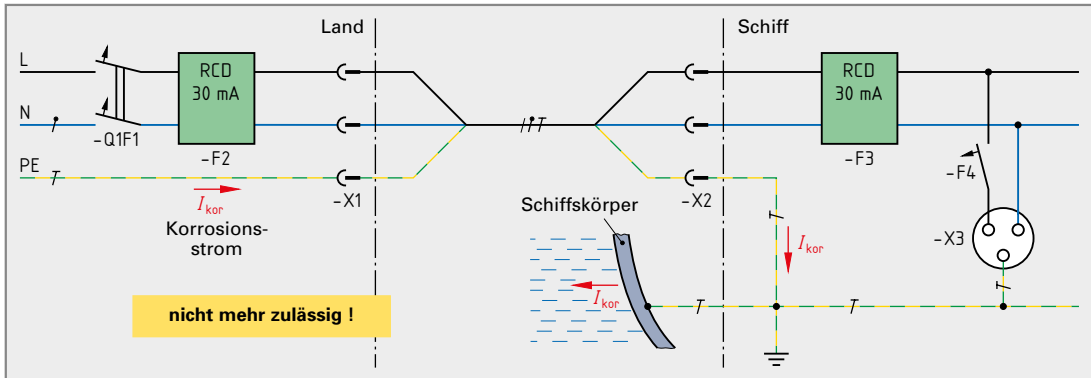


Bild 1: Nicht mehr zulässige Stromversorgung eines Schiffes

Ein gemeinsamer Schutzleiter von Land und Schiff muss also verhindert werden. Das ist möglich durch einen Trenntransformator. Dafür sind erforderlich:

- Normgerechte Trenntransformatoren (Bild 2),
- Anschluss nur eines Schiffes an eine Sekundärwicklung des Transformators.

Der Trenntransformator für die Stromversorgung eines Wasserfahrzeugs in Marinas dient erstrangig der Vermeidung von korrodierenden Gleichströmen und erst in zweiter Linie dem Fehlerschutz. Er macht also die sonst verlangten RCDs bzw. RCBOs (RCDs mit Überstrom-Schutzeinrichtungen) keineswegs überflüssig. Der Trenntransformator wird entweder auf dem Schiff angeordnet oder an Land.

Bei der **Anordnung auf dem Schiff** wird der PE vom Land zwar bis zur Steckvorrichtung auf dem Schiff geführt, dort aber nicht angeschlossen (Bild 3). Damit ist der PE vom Land nur noch bis zur Überwachung der Verlängerungsleitung geeignet. Auf dem Schiff versorgt der Trenntransformator die Steckvorrichtungen für die Lasten. Der PE des

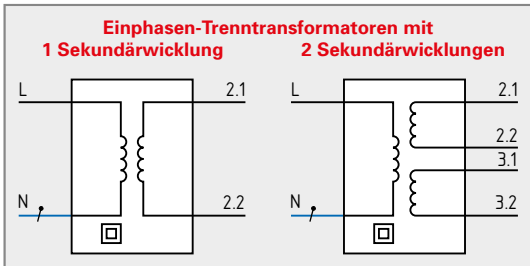


Bild 2: Schaltungen von Trenntransformatoren

Schiffes wird abgezweigt vom Sekundäranschluss des Trenntransformators und mit den Schutzpotenzialausgleichsleitern verbunden. Eine Korrosion durch den Gleichstrom im PE der Landesversorgung ist nun nicht mehr möglich.

Bei der **Anordnung an Land** wird der Schutzleiter vom Wasserfahrzeug schon an der Sekundärwicklung des Trenntransformators am Land abgezweigt, als PE über die Verlängerungsleitung zum

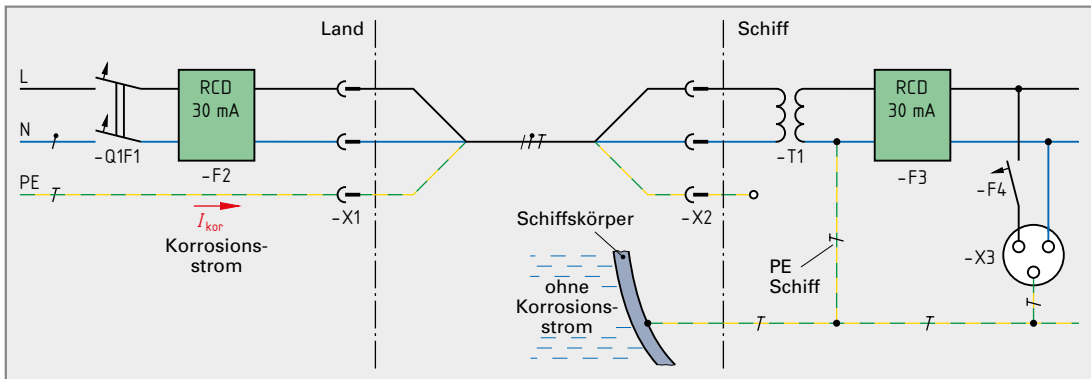


Bild 3: Stromversorgung mit Trenntransformator auf dem Schiff

## 710 Medizinisch genutzte Bereiche Medical Locations

### 710.1 Grundsätze

#### Principles

In medizinisch genutzten Bereichen sind erhöhte Sicherheitsbestimmungen zu erfüllen, weil sonst bei Untersuchung und Behandlung eine Gefährdung der Patienten auftreten könnte. Die Anforderungen vom Teil 710 gelten für das **Errichten** von Bereichen, in denen Patienten (Menschen oder Tiere) untersucht, behandelt, überwacht und gepflegt werden. Das gilt für

- Krankenhäuser und Kliniken,
- Sanatorien und Kurkliniken,
- Senioren- und Pflegeheime,
- Arztpraxen und Zahnarztpraxen,
- sonstige Behandlungseinrichtungen.

In diesen Einrichtungen sind auch die anderen Teile der DIN VDE 0100 zu befolgen. Die Bestimmungen vom Teil 710 gelten auch für Anlagen über AC 1000 V bzw. DC 1500 V.

### 710.2 Begriffe

#### Definitions

Ein **ME-Gerät** ist z. B. ein (medizinisch-elektrisches) Gerät mit einem Anschluss an das Stromversorgungsnetz, das zur Untersuchung, Behandlung oder Beobachtung des Patienten unter medizinischer Aufsicht bestimmt ist und das im körperlichen oder elektrischen Kontakt mit dem Patienten steht. Ein **Anwendungsteil** ist der Teil des ME-Gerätes, welches in physikalischen Kontakt mit dem Patienten kommt.

#### Gruppen medizinisch genutzter Bereiche

Man unterscheidet die Gruppen 0, 1 und 2 (**Tabelle 1**). Diese Gruppen geben vor allem die Qualität der elektrischen Anlagen und die Sicherheit der Stromversorgung an.

Im Zweifelsfall ist die Elektroinstallation nach der höheren Gruppe auszuführen. Die Einteilung der Bereiche in die Gruppen 0 bis 2 muss mit den verantwortlichen Ärzten vereinbart werden. Wegen der elektrotechnischen Fachkompetenz soll eine Elektrofachkraft mitwirken. Die Einteilung soll schriftlich in einem **Festlegungsprotokoll** erfolgen.

**Stationärer medizinischer Bereich** ist eine bauliche Anlage, in der durch ärztliche oder pflegerische Hilfe Patienten betreut werden oder Geburtshilfe geleistet wird und in der die zu betreuenden Personen untergebracht und gepflegt werden.

**Tabelle 1: Gruppen der medizinisch genutzten Bereiche**  
vgl. DIN VDE 0100-710: 2018-09

Erklärung	Beispiele
<b>Gruppe 0</b>	
Bereich, in dem die Stromversorgung ohne Schaden für Patienten abgeschaltet werden kann. Anwendungsteile werden nicht eingesetzt.	Aufenthaltsräume, in denen keine oder nur solche elektro-medizinischen Geräte eingesetzt werden, die auch außerhalb von medizinisch genutzten Bereichen verwendet werden dürfen.
<b>Gruppe 1</b>	
Bereich, in dem die Stromversorgung ohne Schaden für Patienten kurz abgeschaltet werden kann.	Bettenräume, Massageräume, Praxisräume, Therapieräume, Entbindungsräume.
<b>Gruppe 2</b>	
Bereiche, in denen die Stromversorgung nicht abgeschaltet werden darf. Untersuchung und Behandlung dürfen nicht unterbrochen werden.	Operationsräume, Intensivstationen, Endoskopieräume, Aufwachräume, Räume für elektrische Herzbeeinflussung.

**Ambulanter medizinischer Bereich** ist eine bauliche Anlage für Patienten, die hier nicht untergebracht und gepflegt werden.

**Poliklinik und Ärztehaus** ist eine bauliche Anlage mit mehr als einem ambulanten medizinischen Bereich.

### 710.3 Allgemeine Merkmale

#### General Features

#### Hauptverteiler

Der Niederspannungshauptverteiler ist je nach Größe der Anlage zu errichten. Dieser versorgt die Gebäudehauptverteiler bzw. Bereichsverteiler (**Bild 1, folgende Seite**). Diese sind immer getrennte Verteiler für die allgemeine Stromversorgung (AV) und die Sicherheitsstromversorgung. In der Gebäudehauptverteilung für die Sicherheitsstromversorgung (SV) wird die Spannung gemessen. Bei Unterschreitung der Spannung wird auf die zweite (zusätzliche) Sicherheitsstromversorgung (ZSV) umgeschaltet (Seite 205).

Die Stromversorgung der Niederspannungshauptverteilung und der Gebäudehauptverteilungen ist über zwei voneinander unabhängige Stromwege aufgebaut.

Alle Steckdosenstromkreise bis 32 A und alle Endstromkreise außer Endstromkreise für die Notbeleuchtung müssen mit einer RCD (Typ A) von  $I_{AN} \leq 30 \text{ mA}$  geschützt sein.

Bei Ausstellungen, Shows und Ständen müssen die Endstromkreise mit RCDs von  $I_{AN} \leq 30 \text{ mA}$  geschützt sein.

Leitungen zur Versorgung vorübergehender Aufbauten sollten an ihrem Speisepunkt mit verzögert abschaltenden RCDs von  $I_{AN} \leq 0,3 \text{ A}$  geschützt sein. Die Verzögerung ist wegen der Selektivität zu den RCDs der Endstromkreise erforderlich, weil sonst möglicherweise bei einem Isolationsfehler die Haupt-RCD vor den RCDs der Endstromkreise abschalten würde.

**Zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich** ist oft erforderlich. Insbesondere müssen die fremden leitfähigen Teile von Fahrzeugen oder Containern über Leiter von mindestens  $4 \text{ mm}^2$  Kupfer mit dem Schutzleiter der Anlage verbunden sein.

#### Schutz gegen thermische Auswirkungen

Bei SELV oder PELV müssen die Leiter so isoliert sein, dass die Isolierung eine Prüfwechselspannung von 500V mindestens 1 min aushält. Der Schutz kann auch durch Abdeckung oder Umhüllung mit einer hohen Schutzart von z. B. mindestens IP4X erfolgen.

**Motoren** müssen mit einer nur von Hand rückstellbaren Schutzvorrichtung gegen hohe Temperaturen geschützt sein, wenn sie automatisch gesteuert oder ferngesteuert sind und nicht von einer dauernd anwesenden Person überwacht werden.

**Wärme erzeugende Betriebsmittel**, z. B. Leuchten, müssen angemessen überwacht, montiert und platziert sein. Sie müssen ausreichend weit von brennbarem Material angeordnet sein.

## 711.5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel

### Selection and Erection of Electric Equipment

**Steuer- und Schutzvorrichtungen** müssen in solchen geschlossenen Gehäusen eingebaut sein, die nur mittels Schlüssel oder Werkzeug zu öffnen sind. Die Bedienung von Steuergeräten durch Laien kann aber möglich sein.

**Kabel- und Leitungsanlagen** müssen aus Kabeln oder Leitungen aus Kupfer mit einem Mindestquerschnitt von  $1,5 \text{ mm}^2$  bestehen. Wenn die Gefahr einer mechanischen Beschädigung besteht, müssen **bewehrte** Kabel/Leitungen verwendet werden. **Flexible** Kabel/Leitungen dürfen im öffentlich zugänglichen Bereich nur verwendet werden, wenn sie gegen mechanische Beschädigung geschützt sind.



Bild 1: Leuchtröhrenanlage für Spannung bis AC 1000 V

Kabel und Leitungen müssen für Ausstellungen, Shows und Stände besonders widerstandsfähig sein.

Wenn in der Anlage ein **Feueralarmsystem** installiert ist, sind z. B. die Typen H05VV, H05VVF, H05RRF oder NYM anwendbar. Ohne Feueralarmsystem sind flammwidrige Kabel/Leitungen oder solche mit kleiner Rauchentwicklung erforderlich, z. B. H07ZZF, NHMH, NHXH, oder aber die Kabel/Leitungen müssen in Rohren bzw. Kanälen verlegt sein, die eine Schutzart von mindestens IP4X haben. [www.lappkabel.de](http://www.lappkabel.de), [www.conrad.de](http://www.conrad.de)

**Elektrische Verbindungen** dürfen nur für Anschlüsse innerhalb eines Stromkreises vorgenommen werden. Dabei muss es sich um **Steckverbinder** handeln oder um Verbindungen in einem Gehäuse von mindestens IP4X.

**Beleuchtungsanlagen** müssen so ausgeführt sein, dass eine Verletzung von Personen oder eine Entzündung von Werkstoffen ausgeschlossen ist. Das gilt insbesondere für Leuchten im Handbereich. Bei Außenbeleuchtung kann die Schutzart IP33 erforderlich sein (Teil 714).

**Lampenfassungen für Durchdringungsanschlusstechnik** dürfen nur verwendet werden, wenn die Lampenfassung nach Anschluss nicht mehr von der Leitung entfernt werden kann. Deshalb dürfen nur fabrikfertige Illuminationsflachleitungen verwendet werden.

**Anlagen mit Entladungslampen** zur Beleuchtung oder als Ausstellungsobjekt unterliegen bei Nennspannung über AC 230 V/400 V verschärften Bedingungen. Das trifft für alle Arten von Hochspannungs-Leuchtröhren mit Nennspannungen bis 7,5 kV/15 kV zu. Für Lichtwerbeanlagen mit Leerlaufspannung bis AC 1000 V oder DC 1500 V gilt DIN VDE 0100-719 (**Bild 1**).

## 730 Landanschluss für Binnenschifffahrt

### Onshore Connections for Inland Navigation Vessels

Der volle Titel von DIN VDE 0100-730:2016-06 lautet: Elektrischer Landanschluss für Fahrzeuge der Binnenschifffahrt/Onshore units of electrical shore connections for inland navigation vessels.

#### 730.1 Anwendungsbereich

##### Scope

Die besonderen Anforderungen dieser Norm gelten für die elektrischen Anlagen des Landanschlusses bzw. des Liegeplatzes für die gesamte Binnenschifffahrt, also für Binnenschifffahrt zugelassene Handelsschiffe, Sportboote und Freizeitschiffe. Sie gelten nicht für die Errichtung von Bordnetzen der genannten Fahrzeuge. Die Bestimmungen für Marinas sind ähnlich, weichen aber in Einzelheiten ab (Teil 709).

#### 730.2 Normungshinweise

##### References to Standards

Es gelten für die Anwendung von Teil 730 im gesamten Bereich zahlreiche weitere Normen, z. B. über Steckvorrichtungen für industrielle Anwendung (**Bild 1**) oder Schutzarten IP durch Gehäuse (Seite 255). Für Schutzmaßnahmen gelten besonders die Teile 410 und 430.

#### 730.3 Begriffe

##### Definitions

**Binnenschiff** nennt man ein Schiff, welches eine Zulassung für Binnengewässer (im Festland liegende Flüsse, Ströme und Seen) hat.

**TN-S-Systeme** (Seite 13) müssen verwendet werden. TN-C Systeme sind ebenso nicht zulässig wie TT- und IT-Systeme (Seite 15).

**Stromversorgung** erfordert eine dreiphasige Nennspannung von 400 V mit 50 Hz.

#### 730.4 Schutzmaßnahmen

##### Protective Measures

##### Schutz gegen elektrischen Schlag

**Basisschutz** darf nur durch Isolierung, z.B. nicht leitendes Gehäuse, erfolgen.

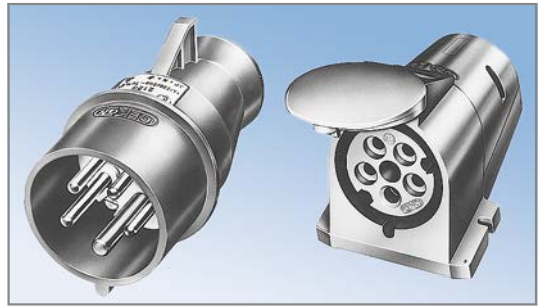


Bild 1: Fünfpolige Steckvorrichtung für industrielle Anwendung

Unzulässig sind also alleiniger Basisschutz durch

- Schutz durch Hindernisse,
- Anordnung außerhalb des Handbereiches,
- nicht leitende Umgebung und
- erdfreien örtlichen Schutzpotenzialausgleich.

**Schutztrennung** ist nur zulässig bei festem Anschluss des Trenntransformators an die Stromkreise.

**Schutzleiter PE des Schiffes** mit Versorgung über Trenntransformator darf nicht mit dem PE der Landseite verbunden sein, damit keine galvanischen Korrosionsströme zwischen Schiff und Metallteilen der Landseite auftreten (**Bild 1, folgende Seite**).

**Fehlerschutz** erfolgt für den Liegeplatz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im Fehlerfall mittels RCDs (Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen).

**Überstromschutz** erfordert für jeden Liegeplatz Überstromschutzeinrichtungen in Form von Leitungsschutzschaltern oder Schmelzsicherungen.

#### 730.5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel

##### Selection and Erection of Electric Equipment

**Besondere Aufmerksamkeit** verlangt die Wahrscheinlichkeit von leicht entzündlichem Brennstoff, von Korrosionsströmen und von möglichen Beschädigungen. Deshalb muss die Schutzart mindestens IP44 (Seite 255) betragen.

##### Kabel- und Leitungsanlagen

Bei **Liegeplätzen** und **Häfen** liegen für die Wasserfahrzeuge **Verteilungsstromkreise** vor. Für diese sind anwendbar

- unterirdisch verlegte Kabel/Leitungen,
- oberirdisch verlegte Kabel/Leitungen,
- Kabel/Leitungen aus isolierten Leitern in einem Kabel/Leitungssystem.