



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektronische, mechatronische
und informationstechnische Berufe

Schutz durch DIN VDE

Lehrbuch zu den Lernfeldern

- Elektrische Installationen planen und ausführen
- Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten

18. völlig überarbeitete und erweiterte Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 30383

Autoren von Schutz durch DIN VDE:

Hartmut Fritsche	Dipl.-Ing. (FH)	Massen
Gregor Häberle	Dr.-Ing.	Friedrichshafen
Heinz Häberle	Dipl.-Gewerbelehrer, VDE	Kressbronn
Dietmar Schmid	Dipl.-Ing.	Biberach an der Riß

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, 73760 Ostfildern.

Auszüge aus DIN-Normen mit VDE-Klassifikation sind für die angemeldete limitierte Auflage wiedergegeben mit Genehmigung 362.017 des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.. Für weitere Wiedergaben oder Auflagen ist eine gesonderte Genehmigung erforderlich. Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE VERLAG GMBH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin, www.vde-verlag.de, oder der Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin erhältlich sind."

ISBN 978-3-8085-3515-8

18. Auflage 2018

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: der Firmen BEHA-Amprobe, 79286 Glottertal (Messgerät links) und Siemens, 80333 München (Messgerät rechts), sowie Autorenfoto in Anlagen der EnBW Energie Baden-Württemberg AG.

Satz: Dipl. Des. Susanne Beckmann, 59514 Welver

Druck: UAB BALTO Print, LT-08217 Vilnius

Vorwort zur 18. Auflage

Die Ausbildung der verschiedenen elektronischen bzw. informationstechnischen sowie mechatronischen Berufe enthält in fast allen dieser Berufe die Lernfelder „Elektrische Installationen planen und ausführen“ sowie „Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten“. Der in der Ausbildung breiter gewordene Gebrauch der beiden Lernfelder verursachte wieder wie schon bei der 17. Auflage eine Überarbeitung und Erweiterung des Buches mit dem Ziel, die Informationen zu den beiden Lernfeldern vor allem dem Lernenden zu bieten.

Dabei ist das Ziel, die Fachkompetenz anhand des Zugangs zu den elektrotechnisch wichtigsten Normen zu erreichen. Bei neueren VDE-Bestimmungen ist die Verbindung zu internationalen Normen, insbesondere zu IEC-Normen, sehr eng, sodass zahlreiche Verweise auf diese Normen für den versierten Fachmann unabdingbar und sehr informationsreich sind. Andererseits erschweren die zahlreichen Hinweise dem Lernenden und weniger Versierten das Verständnis, weil er zu den genannten ergänzenden Normen kaum Zugang hat. Deshalb sind im vorliegenden Buch bei den jeweiligen Themen die wichtigsten Inhalte der ergänzenden Normen enthalten. Zahlreiche Beispiele und didaktisch aufbereitete Bilder erleichtern den Zugang zu den fachlichen Bestimmungen. Auf diese Weise ist das Buch ein Lehrbuch, das die wichtigsten Inhalte durch Heranführung an die Normen der Reihe VDE 0100 und deren Ergänzungen enthält.

Neu aufgenommen oder durch weitgehend neue Inhalte ersetzt wurden folgende Teile:

- 510 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel bezüglich Allgemeine Bestimmungen,
- 525 Spannungsfall in Verbraucheranlagen bezüglich maximale Spannungsfälle,
- 529 Ergänzung aus Beiblättern bezüglich Zuordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen und Strombelastbarkeit bei Lastströmen mit Oberschwingungen,
- 534.3 Weitere Anforderungen zum Schutz bei transienten Überspannungen,
- 600.11 Wiederkehrende Prüfung,
- 710 Medizinisch genutzte Bereiche,
- 801 Energieeffizienz,
- 802 Kombinierte Erzeuger-Verbraucheranlagen.

Stark überarbeitet wegen geänderter Bestimmungen oder neuer Begriffe und mit verbesserter didaktischen Aufbereitung wurden folgende Teile:

- 200.10 Fähigkeiten von Personen,
- 410 bezüglich Gefährdungsbereiche für DC,
- 447 Kabelmanagementsysteme,
- 460 bezüglich betriebsmäßiges Schalten, Handlungen im Notfall,
- 530.4 Schutz gegen elektrischen Schlag,
- 534 Überspannungs-Schutzeinrichtungen SPDs,
- 557.5 Anforderungen an Messstromkreise,
- 557.7 Funktionale Sicherheit,
- 712 Photovoltaik Stromversorgungssysteme.

Wegen der Bedeutung der englischen Fachsprache wurden die nummerierten Überschriften auch in Englisch angegeben. Hinweise auf weitere Informationen wurden bei zahlreichen Abschnitten durch Angabe von Web-Adressen gegeben. Die erhöhte Farbigkeit von zahlreichen Bildern ermöglicht den leichteren Zugang zum Verständnis der Maßnahmen und Vorgänge. Verlag und Autoren danken für die zahlreichen Benutzerhinweise, die zu einer Verbesserung des Buches führten. Konstruktive Vorschläge zur weiteren Optimierung werden dankbar entgegen genommen. Diese können auch mit E-Mail gerichtet sein an lektorat@europa-lehrmittel.de.

Inhaltsverzeichnis

1	Teile der DIN VDE 0100	9	421	Schutz gegen elektrisch verursachte Brände.	41
100	Errichten von Niederspannungsanlagen	9	421.1	Allgemeine Anforderungen	41
11	Anwendungsbereich	9	421.2	Oberflächentemperatur	41
12	Hinweise auf Normen	9	421.3	Funken und Lichtbögen	41
13	Grundsätze	10	421.4	Abstände	42
20	Begriffe	11	421.5	Entzündbare Flüssigkeiten	42
30	Allgemeine Merkmale	11	421.6	Umhüllungen	42
31	Stromversorgung und Aufbau der Anlage	11	422	Maßnahmen bei besonderen Brandrisiken	43
33	Verträglichkeit	17	422.1	Allgemeines	43
34	Instandhaltung	18	422.2	Evakuierung im Notfall	43
35	Stromversorgungen für Sicherheitszwecke	18	422.3	Feuergefährdete Betriebsstätten	43
200	Begriffe von Niederspannungsanlagen.	20	422.4	Räume und Orte mit brennbaren Baustoffen	44
200.1	Allgemeines	20	422.5	Ausbreitung von Feuer in Bauten	46
200.2	Kenngößen von elektrischen Anlagen	20	422.6	Orte für unersetzbare Güter	46
200.3	Spannungen und Ströme	21	423	Schutz gegen Verbrennungen	47
200.4	Elektrischer Schlag und Schutzmaßnahmen	22	424	Schutz gegen Überhitzung.	47
200.5	Erdung und Erdverbindung	23	424.1	Gebläse-Heizsysteme	47
200.6	Elektrische Stromkreise	25	424.2	Heißwasser- oder Dampferzeuger	47
200.7	Kabel- und Leitungsanlagen	26	424.3	Raumheizgeräte	47
200.8	Andere Betriebsmittel	26	430	Schutz bei Überstrom	48
200.9	Trennen und Schalten	27	430.1	Anwendungsbereich	48
200.10	Fähigkeit von Personen	27	430.2	Normungshinweise	48
200.11	Nationale Begriffe (Anhang)	27	430.3	Allgemeine Anforderungen	48
410	Schutz gegen elektrischen Schlag.	29	431	Anforderungen je nach Stromkreis.	49
410.1	Anwendungsbereich	29	431.1	Schutz der Außenleiter	49
410.2	Allgemeine Anforderungen	30	431.2	Schutz des Neutralleiters	49
411	Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	31	431.3	Schalten des Neutralleiters bei 3AC	50
411.1/2	Allgemeine Anforderungen	31	432	Art der Schutzeinrichtungen	50
411.3	Anforderungen an den Fehlerschutz	31	432.1	Maßnahmen für Überlastschutz- und Kurzschluss- schutz	50
411.4	Fehlerschutz in TN-Systemen	32	432.2	Einrichtungen nur für den Überlastschutz	50
411.5	Fehlerschutz in TT-Systemen	33	432.3	Einrichtungen nur für den Kurzschlusschutz	50
411.6	Fehlerschutz in IT-Systemen	34	433	Schutz bei Überlastströmen.	50
411.7	Fehlerschutz bei FELV	35	433.1	Koordination der Betriebsmittel	50
412	Doppelte oder verstärkte Isolierung	35	433.2	Anordnung der Überlastschutzeinrichtungen	57
413	Schutztrennung	35	433.3	Verzichten auf den Überlastschutz	58
414	Schutz durch SELV oder PELV	36	433.4	Überlastschutz bei parallelen Leitern	59
415	Zusätzlicher Schutz	37	434	Schutz bei Kurzschlussströmen	59
415.1	Zusätzlicher Schutz durch RCDs	37	434.1	Bestimmung der Kurzschlussströme	59
415.2	Zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich	38	434.2	Anordnung der Überstrom-Schutzeinrichtungen für den Kurzschlusschutz	62
416	Schutz in elektrotechnisch überwachten Anlagen	39	434.3	Verzichten auf den Kurzschlusschutz	62
416.1	Fehlerschutz durch nicht leitende Umgebung	39	434.4	Sonderbestimmungen	63
416.2	Fehlerschutz durch örtlichen Schutzpotenzial- ausgleich	39	442	Schutz von Niederspannungsanlagen bei Netzfehlern	65
416.3	Schutztrennung mit mehreren Verbrauchsmitteln	39	442.1	Anwendung	65
420	Schutz gegen thermische Auswirkungen.	41	442.2	Überspannungen im Niederspannungsnetz bei Erdschluss der Hochspannungsseite	65
420.1	Anwendungsbereich	41	442.3	Beanspruchungsspannung bei Neutralleiterbruch	67
420.2	Normungshinweise	41	442.4	Beanspruchungsspannung beim IT-System mit Neutralleiter	67
420.3	Begriffe	41	442.5	Beanspruchungsspannung bei Kurzschluss zwi- schen Neutralleiter und Außenleiter	67

443	Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Störungen oder von Schaltvorgängen	68	522	Umgebungseinflüsse	89
443.1	Allgemeines	68	522.1	Umgebungstemperatur	90
443.2	Überspannungskategorien	68	522.2	Äußere Wärmequellen	90
443.3	Vorkehrungen gegen Überspannungen	69	522.3	Wasser oder hohe Feuchtigkeit	90
443.4	Überspannungsschutz in Freileitungen	69	522.4	Auftreten von festen Fremdkörpern	90
444	Schutz bei Störspannung und elektromagnetischen Störgrößen	70	522.5	Auftreten von Korrosion	90
444.0	Einleitung	70	522.6	Mechanische Beanspruchungen	90
444.1	Anwendungsbereich	70	522.7	Beanspruchung durch Schwingungen	91
444.2	Normungshinweise	70	522.8	Andere mechanische Beanspruchungen	91
444.3	Begriffe	70	522.9	Pflanzen oder Schimmelbewuchs	91
444.4	Reduzierung elektromagnetischer Störungen	70	522.10	Vorhandensein von Tieren	91
444.5	Erdung und Potenzialausgleich	73	522.11	Sonneneinstrahlung	91
444.6	Getrennte Verlegung der Stromkreise	75	522.12	Erdbeben	91
444.7	Kabelmanagementsysteme	76	522.15	Gebäudeausführung	91
450	Schutz gegen Unterspannung	78	523	Strombelastbarkeit	91
450.1	Allgemeines	78	524	Querschnitt von Leitern	92
450.2	Unterspannungs-Schutzeinrichtungen	78	525	Spannungsfall in Verbraucheranlagen	92
450.3	Anforderungen	78	526	Elektrische Verbindungen	97
460	Trennen und Schalten	79	527	Begrenzung von Bränden	98
461	Einführung und Allgemeines	79	528	Nähe zu anderen technischen Anlagen	100
462	Trennen	79	529	Ergänzungen aus Beiblättern	102
463	Betriebsmäßiges Schalten (Steuern)	79	529.1	Zuordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	102
464	Ausschalten für mechanische Wartung	80	529.2	Strombelastbarkeit bei Lastströmen mit Oberschwingungen	103
465	Handlungen im Notfall	80	530	Schalt- und Steuergeräte	107
510	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Allgemeine Bestimmungen	82	530.1	Anwendungsbereiche	107
510	Einleitung	82	530.2	Hinweis auf andere Normen	107
511	Normung	82	530.3	Allgemeine Anforderungen	107
512	Betriebsbedingungen und äußere Einflüsse	82	530.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	107
513	Zugänglichkeit	83	530.5	Schutz gegen thermische Einflüsse und vorbeugender Brandschutz	109
514	Kennzeichnung	83	530.6	Schutz bei Überstrom	110
515	Vermeiden gegenseitiger nachteiliger Beeinflussung	84	530.7	Schutz bei Spannungsstörungen	111
516	Schutzleiterströme	85	530.8	Koordination von Schutzeinrichtungen	111
520	Kabel- und Leitungsanlagen, Einleitung	86	530.9	Trennen und Schalten	111
520.1	Anwendungsbereich	86	530.10	Neue Bestimmungen	113
520.2	Normungshinweis	86	530.11	Einrichtungen zum Überwachen	113
520.3	Begriffe	86	530.12	Weitere Neuheiten	113
520.4	Allgemeines	86	534	Überspannungs-Schutzeinrichtungen SPDs	114
521	Arten von Kabel- und Leitungsanlagen	86	534.1	Allgemeines	114
521.1	Verlegearten	86	534.2	Auswahl und Errichtung von SPDs	114
521.3	Beispiele von Verlegearten	86	534.3	Weitere Anforderungen zum Schutz bei transienten Überspannungen	117
521.4	Stromschienensysteme	86	540	Erdungsanlagen, Schutzleiter, Schutzpotenzialausgleichsleiter	119
521.5	Vermeidung von Wirbelströmen	86	541	Allgemeines	119
521.6	Rohr-, Kanal-, Trägersysteme	86			
521.7	Mehrere Stromkreise in einem Kabel	87			
521.8	Anordnung der Stromkreisleiter	87			
521.9	Verwendung flexibler Leitungen	87			
521.10	Errichten von Kabeln/Leitungen	87			
521.11	Kurzschluss- und erdschlusssicheres Verlegen	89			
521.12	Verlegen in Beton	89			
521.13	Kabel in unterirdischen Kanälen und Schutzrohren	89			
521.14	Verlegen bei erhöhtem Brandrisiko	89			

Die Isolation gegen Erde wird durch eine Isolationsüberwachungseinrichtung überwacht, z. B. durch Überwachung des Schutzleiterstromes (Abschnitt 1.410).

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 Neutralleiter. 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.

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.

In DC-Systemen wird der Minuspol geerdet.

Beim TN-S-DC-System ist der geerdete Außenleiter, z. B. L-, oder der geerdete Mittelleiter in der gesamten Anlage vom Schutzleiter getrennt (Bild 3). Das System und die Betriebsmittelkörper sind hier gemeinsam geerdet.

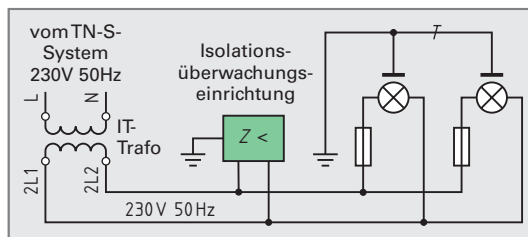


Bild 1: IT-System mit Isolationsüberwachungseinrichtung

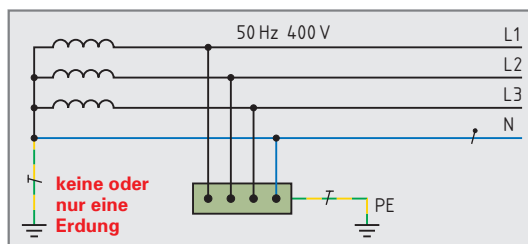


Bild 2: TT-System

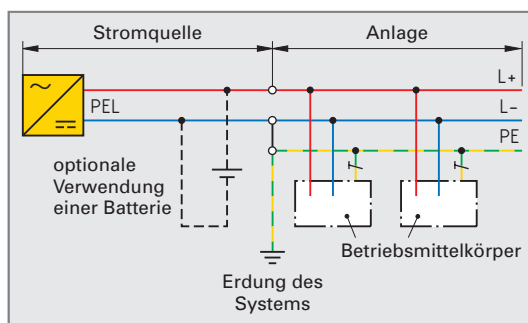


Bild 3: TN-S-DC-System

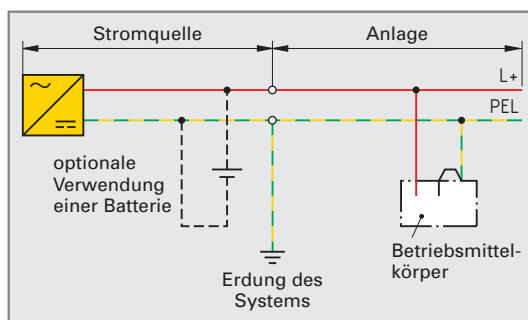


Bild 4: TN-C-DC-System

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 Sperren 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 oder Ausschalten der Energieversorgung eines Anlagenteils. Hier ist Trennen nicht immer erforderlich.

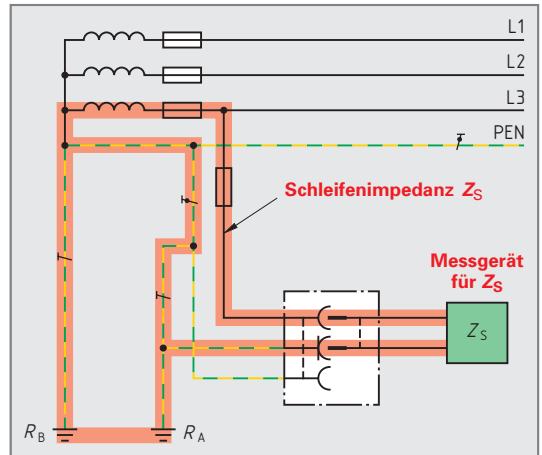


Bild 1: Messung der Schleifenimpedanz beim TN-C-System

Elektrofachkräften die elektrotechnisch unterwiesenen Personen tätig sein.

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

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.

416 Schutz in elektrotechnisch überwachten Anlagen

Protection in electrically Supervised Installations

Unter elektrotechnisch überwachten Anlagen (kein Begriff der VDE 0100) verstehen wir Anlagen, die von „Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen betrieben und überwacht werden“ (Normbegriff).

Für diese Anlagen gibt es außer den üblichen Schutzmaßnahmen weitere.

416.1 Fehlerschutz durch nicht leitende Umgebung

Fault Protection by Non-Conducting Environment

Für diesen Schutz in elektrotechnisch überwachten Anlagen müssen

- alle Betriebsmittel einen Basisschutz haben,
- die leitfähigen Körper so angeordnet sein, dass Personen nicht gleichzeitig zwei Körper oder einen Körper und ein fremdes leitfähiges Teil berühren können (**Bild 1**),
- die leitfähigen Umgebungen ohne Schutzleiter sein.

Eine Isolierung zur Verhinderung der Berührung muss mechanisch fest sein und eine Prüfspannung von 2000 V aushalten. Der Ableitstrom darf nicht größer als 1 mA sein. Der Widerstand von isolierenden Fußböden und Wänden muss nach Teil 1.610 gemessen werden und darf nicht überschreiten

- 50 kΩ bei Anlagen-Nennspannung bis 500 V,
- 100 kΩ bei Anlagen-Nennspannung > 500 V.

416.2 Fehlerschutz durch örtlichen Schutzpotenzialausgleich

Fault Protection by Local Protective Bonding

Im Unterschied zum *zusätzlichen Schutzpotenzialausgleich* erfolgt hier der Fehlerschutz nur durch einen Schutzpotenzialausgleich mit beschränkter Ausdehnung, also z. B. im selben Raum. Für diesen Schutz in elektrotechnisch überwachten Anlagen müssen

- alle Betriebsmittel einen Basisschutz haben,
- alle gleichzeitig berührbaren Körper und fremde leitfähige Teile durch Schutzpotenzial-Ausgleichsleiter verbunden sein (**Bild 2**, vorhergehende Seite),
- das Schutzpotenzial-Ausgleichssystem ohne Verbindung zur Erde sein,

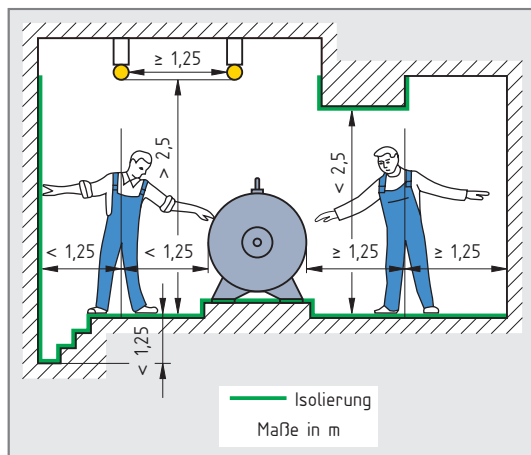


Bild 1: Fehlerschutz durch nicht leitende Umgebung

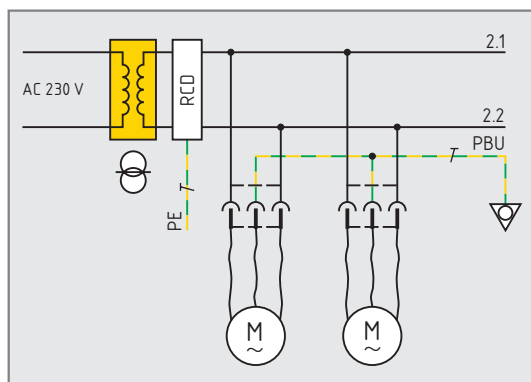


Bild 2: Schutztrennung mit mehreren Verbrauchsmitteln

- Personen vor Potenzialunterschieden geschützt sein, insbesondere beim Eintreten in diese Anlage.

416.3 Schutztrennung mit mehreren Verbrauchsmitteln

Protective Separation with some Loads

Für diesen Schutz in elektrotechnisch überwachten Anlagen sind folgende Bedingungen einzuhalten:

- Alle Betriebsmittel müssen einen Basisschutz haben.
- Der getrennte Stromkreis muss vor Beschädigung geschützt werden, z. B. durch Verlegen in Isolierrohren.
- Die Körper des getrennten Stromkreises sind miteinander durch isolierte, nicht geerdete Schutzpotenzial-Ausgleichsleiter zu verbinden (**Bild 2, Tabelle 1, folgende Seite**).
- Alle Steckdosen müssen Schutzkontakte haben, an welche das Schutzpotenzial-Ausgleichssystem anzuschließen ist.

Rauchwarnmelder RWM

Der Schutz durch Brandschutzschalter (Seite 42) ist hervorragend, jedoch aufwendig. Mit kleineren Kosten ist ein Schutz durch Rauchwarnmelder RWM möglich, die auch Rauchmelder genannt werden (**Bild 1**).

RWM sind in Deutschland in den meisten Bundesländern gesetzliche Pflicht bei Brandgefahr, auch in Wohnungen. Die Stromversorgung erfolgt meist durch 9-V-Batterien, die eine Lebensdauer von bis etwa 10 Jahren haben, oft aber auch nur von einem Jahr. RWM geben bei entstehenden Bränden infolge der auftretenden Rauchentwicklung akustisch Alarm. Der Überwachungsbereich beträgt etwa 40 m².

Die Montage der RWM erfolgt meist an der Raumdecke in der Mitte des Überwachungsgebietes.

RWM sind an der Decke von Wohnungen zu befestigen, vor allem in

- Schlafräumen,
- Fluren und
- Treppenhäusern.

Da sie ständig in Betrieb sind, sind die Batterien nach einiger Zeit, die verschieden ist, verbraucht. RWM müssen deshalb spätestens jährlich überprüft werden.

Zur Prüfung der Funktion genügt meist die Betätigung einer Taste. Dann gibt der RWM ein Signal ähnlich wie bei einer Branderkennung.

Die **Senorik** der RWM besteht aus einer LED oder IRED, deren Strahlung erst durch Rauch zu einer Fotodiode als Empfänger gelangt (**Bild 2**). Bei manchen RWM ist zusätzlich ein thermischer Sensor enthalten, der eine *Temperaturzunahme* meldet.

Funk-Rauchwarnmelder enthalten zusätzlich einen Transceiver (Sende-Empfänger) und eine Antenne (**Bild 3**). Dadurch können Funk-RWM Alarme an andere Funk-RWM geben oder von diesen erhalten. Die Stromversorgung erfolgt über leistungsfähige Batterien oder vom Netz. Die Signalübertragung (Vernetzung) erfolgt durch Funk oder über Leitung.

Die Vernetzung mehrerer RWM erfolgt am einfachsten über Funk. Verschiedene Funk-RWM müssen dann aber kompatibel (miteinander verträglich) sein. Nach Herstellerangaben sollten RWM etwa aller 10 Jahre durch neue ersetzt werden.

Rauchwarnmelder sind jährlich auf ihre Funktion zu prüfen.

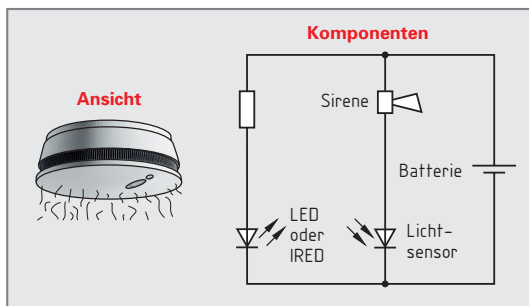


Bild 1: Rauchwarnmelder ww.gira.de

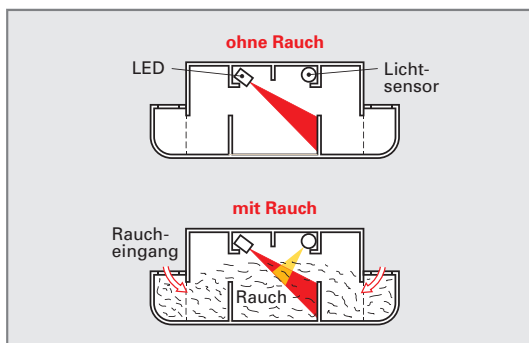


Bild 2: Wirkungsweise des Rauchsensors

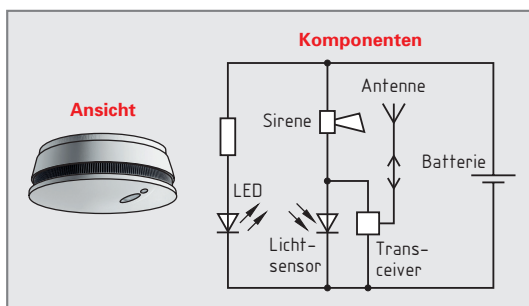


Bild 3: Funk-Rauchwarnmelder

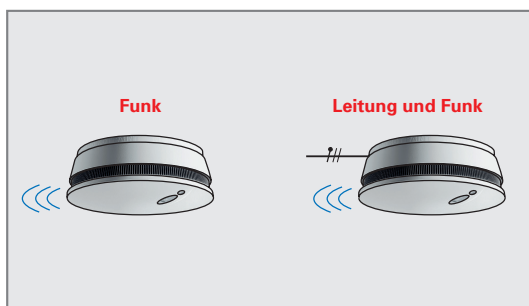


Bild 4: Vernetzung von Funk-RWM

422.5 Ausbreitung von Feuer in Bauten

Expansion of Fire in Buildings

Die Ausbreitung von Feuer in Bauten wird unterstützt durch

- Form und Ausdehnung, z. B. tritt in Hochhäusern eine Luftströmung wie bei einem Kamin auf (Kamineffekt) oder
- anlagentechnische Einrichtungen, z. B. Ventilatoren zur Belüftung.

Die Ausbreitung des Feuers wird gehemmt durch

- nicht brennbares Material, z. B. Zement, und
- Brandschottung (**Bild 1**).

Besondere Aufmerksamkeit erfordern Leitungen, die durch Wände führen. Selbst wenn die Wand feuerfest ist, kann durch Leitungen der Brand weitergeleitet werden. Deshalb sind Leitungen in Wanddurchführungen feuerhemmend einzubetten (**Bild 2**). Weitere Information www.z-z.de.

422.6 Orte für unersetzbare Güter

Locations of indispensable Goods

Zu solchen Orten gehören Gebäude, Räume und Teile von Räumen, z. B. von Bahnhöfen, Flughäfen, Rechenzentren und Museen. An diesen Orten müssen Kabel/Leitungen brandsicher sein. Zu verlegen sind Kabel/Leitungen

- mit mineralischer Isolierung,
- mit verbessertem Verhalten im Brandfall (**Tabelle 1, Seite 44**),
- in nicht brennbaren Wänden, Decken und Fußböden oder
- in Bereichen, die einem Feuer 30 min lang widerstehen, bei Treppen für den Rettungsfall sogar 90 min.

Stegleitungen dürfen nicht verlegt werden. PEN-Leiter sind vor den Orten mit unersetzbaren Gütern in PE und N aufzuteilen (**Bild 3**). Elektrische Betriebsmittel müssen an den genannten Orten mindestens die Schutzart IP4X haben. Die elektrischen Anlagen müssen außerhalb der Nutzungszeit abschaltbar sein. Die Schalter müssen dem Zugriff unbefugter Personen entzogen sein. Es sind *Neutralleiter-Trennklemmen* zu verwenden, um die Isolationsmessung zu vereinfachen (**Bild 1, folgende Seite**). Elektrische Heizungssysteme müssen durch Schutztemperaturbegrenzer geschützt sein.

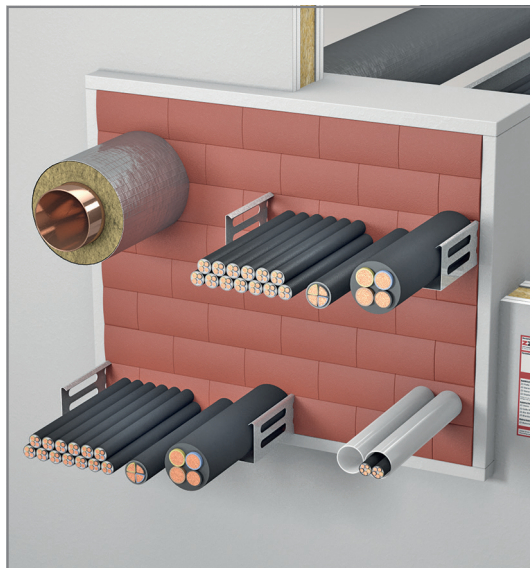


Bild 1: Brandschottung durch ZZ-Steine von Zapp-Zimmermann GmbH

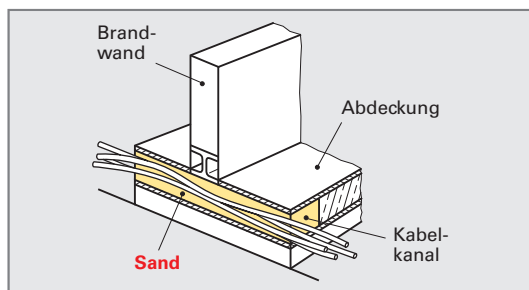


Bild 2: Feuerhemmende Abtrennung bei durchgeführten Leitungen

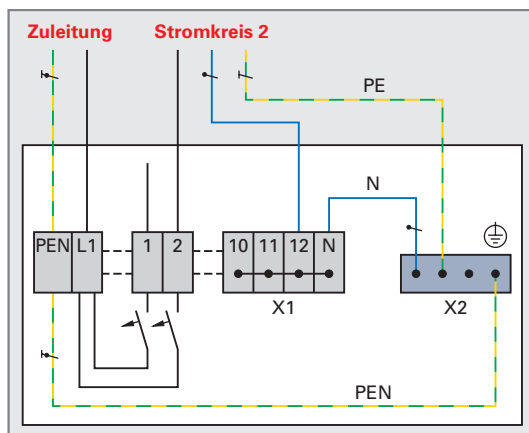


Bild 3: Aufteilung des PEN-Leiters vor einer feuergefährdeten Betriebsstätte

Bemessungswerte I_n der Leitungen mit 90 °C - Isolierung

Tabelle 1: Strombelastbarkeit I_n von festverlegten Leitungen bei **drei stromführenden Adern, Betriebstemperatur am Leiter 90 °C, Umgebungstemperatur Luft 30 °C im Erdboden 20 °C (nach DIN VDE 0298 Teil 4)**

Querschnitt mm ² 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	16,5	19,5	20	22	21	23
2,5	22	26	28	30	28	32
4	30	35	37	40	36	42
6	38	44	48	52	44	54
10	51	60	66	71	58	75
16	68	80	88	96	75	100
25	89	105	117	119	96	127
35	109	128	144	147	115	158
50	130	154	175	179	135	192

Weitere Werte siehe DIN VDE 0298 Teil-4.

Tabelle 2: Strombelastbarkeit I_n von festverlegten Leitungen bei **zwei stromführenden Adern, Betriebstemperatur am Leiter 90 °C, Umgebungstemperatur Luft 30 °C im Erdboden 20 °C (nach DIN VDE 0298 Teil 4)**

Querschnitt mm ² 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	18,5	22	23	24	25	26
2,5	25	30	31	33	33	36
4	33	40	42	45	43	49
6	42	51	54	58	53	63
10	57	69	75	80	71	86
16	76	91	100	107	91	115
25	99	119	133	138	116	149
35	121	146	164	171	139	185
50	145	175	198	209	164	225

Weitere Werte siehe DIN VDE 0298 Teil-4.

Verwendet man für die Leitungen Isolierstoffe mit Wärmebeständigkeit von 90 °C, so ist die zulässige Strombelastbarkeit I_n etwas höher als bei 70 °C-Leitungen (**Tabellen 1 und 2**). Beide Tabellen dürfen für Leitungen angewendet werden, die ausdrücklich für eine Betriebstemperatur von 90 °C geeignet sind.

Strombelastbarkeitstabellen für 90 °C-Leitungen dürfen bei 70 °C-Leitungen nicht angewendet werden.

Die Leitungen für 90 °C darf man dagegen auch nach den Strombelastbarkeitstabellen für 70 °C verlegen, weil dann die zulässige Erwärmung nicht erreicht wird.

Leitungen für 90 °C sind meist an der Bezeichnung erkennbar (**Tabelle 1, folgende Seite**).

Beispiel 1:

Die Zuleitung zu einer Drehstrom-Unterverteilung ist in einer bestehenden Anlage als Aderleitung unter Putz verlegt. Es ist mit einer Stromstärke von 45 A und einer Umgebungstemperatur von 30 °C zu rechnen. a) Welchen Bemessungsstrom muss die vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung haben? b) Welcher Querschnitt ist für die 90 °C-Aderleitung mindestens erforderlich?

Lösung:

- Die Überstrom-Schutzeinrichtung muss einen Bemessungsstrom oberhalb von 45 A haben, erforderlich ist also eine **50-A-Überstrom-Schutzeinrichtung**.
- Aderleitung unter Putz ist Gruppe B1. Nach Tabelle 1 sind bei drei stromführenden Adern von bis 66 A also erforderlich **10 mm²**.

Bei *flexiblen Leitungen* hängt die Strombelastbarkeit von der Leitungsisolierung (PVC oder Gummi) ab und teilweise von der Aderzahl (**Tabelle 2**).

Ermittlung der Strombelastbarkeit I_z

Die in den Tabellen je 1 und 2 der beiden vorhergehenden Seiten genannte Strombelastbarkeit I_r betrifft den idealen Fall, dass die Abfuhr der Stromwärme nicht behindert ist und keine zusätzliche Wärme auftritt, z.B. durch Häufung von Leitungen.

Die reale Strombelastbarkeit I_z einer Leitung ist oft durch widrige Umstände kleiner als die Tabellenwerte der Strombelastbarkeit I_r .

Man erhält I_z mittels Anwendung von *Umrechnungsfaktoren*, genannt oft *Reduktionsfaktoren*, z.B. bei Häufung von Leitungen, höheren Umgebungstemperaturen und Auftreten von Oberschwingungen.

Werden einadrige oder mehradrige Leitungen in enger räumlicher Nachbarschaft oder unter der Decke angeordnet, so liegt eine *Häufung* vor. Bei Häufungen ist die Strombelastbarkeit I_r mit einem Umrechnungsfaktor malzunehmen (**Formel 1**). Der Umrechnungsfaktor hängt von der Anzahl der gehäuftten Leitungen und der Anordnung der Leitungen ab (**Tabellen 1 und 2, folgende Seite**).

Ist der erforderliche Strom bekannt und die Leitung gesucht, so muss der Bemessungslaststrom I_r mit **Formel 2** berechnet werden, um aus der Strombelastbarkeitstabelle die Leitung entnehmen zu können.

Tabelle 1: Leitungsmaterial für 90°C

Benennung	Bezeichnung
Wärmebeständige Verdrahtungsleitung mit thermoplastischer PVC-Isolierung	H05V2-U H05V2-R H05V2-K
Halogenfreie, raucharme Verdrahtungsleitung mit vernetzter Isolierung	H05Z-U H05Z-R H05Z-K
Halogenfreie, raucharme Aderleitung mit vernetzter Isolierung	H07Z-U H07Z-R H07Z-K
Installationskabel mit Isolierung aus vernetztem PET	NI2XY
Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall	N2XH N2XY

Strombelastbarkeit

$$I_z = k \cdot I_r$$

1

Bemessungsstrombelastbarkeit

$$I_r = \frac{I_z}{k}$$

2

k Umrechnungsfaktor (auch F , f)

I_r Bemessungsstrombelastbarkeit (Strombelastbarkeit bei 30°C ohne Häufung)

I_z Strombelastbarkeit

Tabelle 2: Strombelastbarkeit I_r flexibler Leitungen für Umgebungstemperaturen 30°C

Isolierung	PVC oder Gummi	PVC oder Gummi		PVC oder Gummi, wärmebeständig	
Art	einadrig	für Haus- oder Handgeräte		nicht für Haus- oder Handgeräte	
Stromführenden Adern	1	2	3	2	3
Querschnitt in mm ²	Bemessungsstrombelastbarkeit I_r in A				
0,5	–	3	3	–	–
0,75	15	6	6	12	12
1	19	10	10	15	15
1,5	24	16	16	18	18
2,5	32	25	20	26	26
4	42	32	25	34	34

Weitere Werte siehe DIN VDE 0298 Teil 4.

Vermeidung von Induktion. Zur Unterdrückung der induktiven Kopplung zwischen Störquelle und Störsenke müssen Induktionsschleifen nach Bild 2, Seite 70, 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.

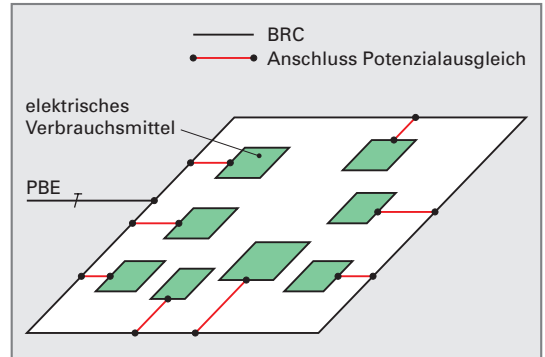


Bild 1: Potenzialausgleichsringleiter BRC

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.

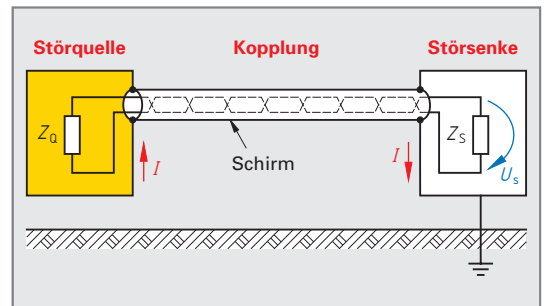


Bild 2: Beseitigung der Kopplungen zwischen Störquelle und Störsenke

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.

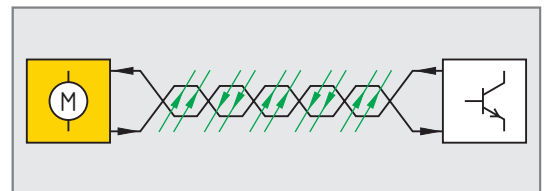


Bild 3: Magnetfelder einer verdrehten Doppeladerleitung

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.

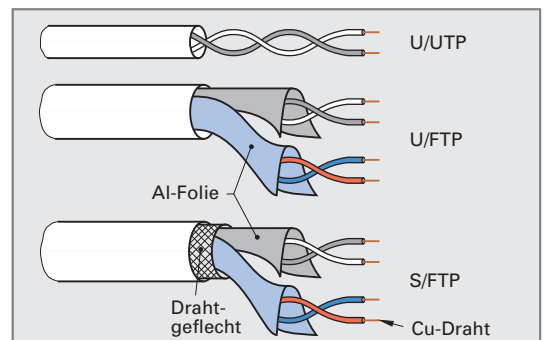


Bild 4: Twisted-Pair-Leitungen

Metallische Systeme bieten einen Schutz gegen elektromagnetische Störungen.

Nichtmetallische Systeme bieten keinen Schutz gegen elektromagnetische Störungen von Wellenlängen über dem mittleren Pikometerbereich.

Nichtmetallische Systeme kommen für Glasfaserleitungen in Betracht.

Beim Kabeltragsystem soll die mit Kabeln belegte Höhe kleiner sein als die Höhe der Seitenwände. Die Schirmung ist nämlich im unteren Raum nach den Ecken hin besonders groß (**Bild 1**).

EMV-Maßnahmen

Metallische oder Metall enthaltende Managementsysteme müssen auf dem gesamten Verlegeweg geerdet sein. Deshalb sind sie am Anfang und am Ende mit dem Potenzialausgleichssystem zu verbinden. Bei einem Verlegeweg über 50 m sind zusätzliche Verbindungen dazwischen empfohlen. Die Durchgängigkeit von Anfang bis Ende muss sicher sein, z. B. durch Schweißen.

Die Form der Abschnitte eines Kabeltragsystems soll über die gesamte Länge gleich sein, auch beim Durchqueren von Wänden (**Bild 2**). Höchstens dürfen dabei einzelne Fenster (Stellen schwächeren Schutzes) entstehen. Die Verbindung mit einzelnen Leitern erhöht bei Störfrequenzen über 1 MHz die Impedanz des Funktionspotenzialausgleichs so stark, dass er wirkungslos gegen EMI's ist.

Wiederholung und Vertiefung

1. Wodurch werden elektromagnetische Störungen hervorgerufen?
2. Was versteht man unter EMV?
3. Erklären Sie die Kurzform EMI.
4. Auf welche grundsätzliche Weise erfolgt die Übertragung von EMI's?
5. Wodurch tritt eine induktive Kopplung ein?
6. Bei welchen Leitern ist die induktive Kopplung klein?
7. Wo kann kapazitive Kopplung eintreten?
8. Auf welche Weise bekämpft man elektromagnetische Störungen?
9. Nennen Sie drei Möglichkeiten, um elektromagnetische Kopplungen zu verringern.
10. Warum sollen geschirmte Leitungen nur an einer Stelle geerdet werden?
11. Welche Aufgabe hat eine Potenzialausgleichsleitung?

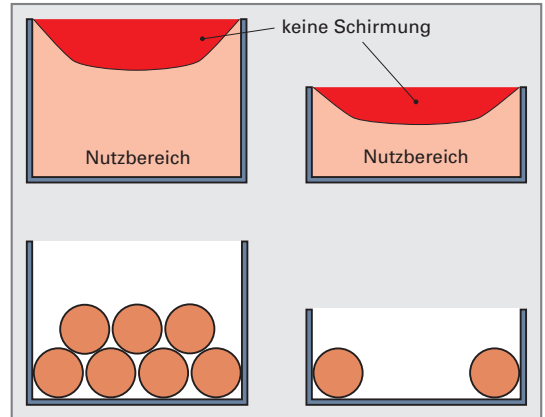


Bild 1: Schirmwirkung und empfohlener Nutzbereich eines metallenen Kabeltragsystems in U-Form

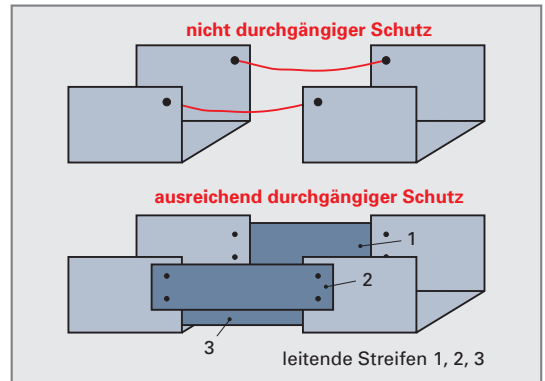


Bild 2: Beispiel der Durchgängigkeit eines metallenen Kabeltragsystems

12. Auf welche Weise kann die Wirkung einer Schirmung verstärkt werden?
 13. Nennen Sie die beiden Arten des Potenzialausgleichs.
 14. Wo erfolgt die Erdung einer Funktionspotenzialausgleichsleitung?
 15. Wie wird eine Haupterdungsschiene erweitert?
 16. Warum ist der Funktionspotenzialausgleich in Anlagen mit IT-Betriebsmitteln erforderlich?
 17. Welches Leitungssystem der Stromversorgung muss in Anlagen der IT-Technik angewendet werden? ☐
1. TN-S-System,
 2. TT-System,
 3. TN-C-S-System,
 4. TN-C-System,
 5. SELV oder PELV.

522.7 Beanspruchung durch Schwingungen

Wenn Schwingungen auftreten können, müssen Kabel- und Leitungsanlagen so errichtet sein, dass sie das aushalten. So muss der feste Anschluss von abgehängten Leuchten mittels flexibler Leitungen erfolgen.

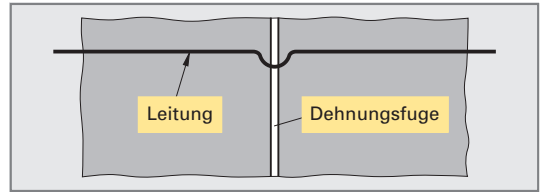


Bild 1: Leitungsführung bei Bewegungsfugen (Dehnungsfugen)

522.8 Andere mechanische Beanspruchungen

Kabel und Leitungsanlagen müssen während ihrer Errichtung, Nutzung und Instandhaltung auftreten- de mechanische Belastungen aushalten können. Insbesondere darf die Belastung durch Zug, z. B. beim Einziehen in Rohre, nicht zu groß sein (**Tabelle 1, vorhergehende Seite**).

Beispiel:

Eine Aderleitung $5 \times 2,5 \text{ mm}^2$ wird in ein Rohr einge- zogen. Wie groß darf die Zugkraft F höchstens sein?

Lösung:

$$F = 5 \cdot 2,5 \text{ mm}^2 \cdot 50 \text{ N/mm}^2 = 625 \text{ N}$$

522.9 Pflanzen- oder Schimmelbewuchs

Wenn Aussicht besteht, dass etwas derartiges ein- tritt, so muss dafür gesorgt sein, dass die Anlage betriebsbereit bleibt. Das ist möglich durch

- Kabel- und Leitungsverlegung so, dass Entfer- nung des Bewuchses möglich ist oder
- geschlossene Verlegeart in Elektroinstallations- rohren oder -kanälen, die von Zeit zu Zeit gerei- nigt werden.

522.10 Vorhandensein von Tieren

Maßnahmen gegen Schädigung durch Tiere sind

- Kabel und Leitungen mit erhöhten mechani- schen Eigenschaften,
- zusätzlicher mechanischer Schutz oder
- anderer Verlegeort.

522.11 Sonneneinstrahlung

Wenn erhebliche direkte Sonneneinstrahlung vor- liegt, vor allem mit großem UV-Anteil, z. B. im Ge- birge, müssen Kabel und Leitungen UV-fest sein, z. B. nicht mit PVC isoliert sein. Ein Schutz gegen Schädigung ist auch eine Abschattung oder Abde- ckung der direkten Sonnenstrahlen.

522.12 Erdbeben

In erdbebengefährdeten Gebieten müssen sein

- Befestigungen am Gebäude möglichst stabil,

Tabelle 1: Mindestquerschnitte von Leitern
vgl. VDE 0100-520

Art	Anwen- dung	Werk- stoff	Querschnitt mm ²
festе Verlegung			
Kabel und Leitungen	LSK	Cu Al	1,5 10
	MSK	Cu	0,5 ; bei Elektronik 0,1
blanke Leiter	LSK	Cu Al	10 16
	MSK	Cu	4
bewegliche Verbindungen			
flexible Leitungen und Kabel	je nach BM	Cu	0,75 oder nach BM-Norm
BM Betriebsmittel, LSK Leistungsstromkreis, MSK Melde- und Steuerstromkreis			

- Verbindungen zwischen fest verlegten Kabeln und Leitungen mit Sicherheitseinrichtungen be- weglich, z. B. durch flexible Leitungen.

522.13 und 522.14

Beschrieben in 522.7, 522.8 und Teil 1.420.

522.15 Gebäudeausführung

Wenn unbeabsichtigte Gebäudebewegungen zu erwarten sind, z. B. Ausdehnungen durch Wärme, müssen die Befestigungen der Leitungen und Ka- bel so ausgeführt sein, dass sie sich der Bewegung anpassen können und nicht mechanisch bean- sprucht werden (**Bild 1**).

523 Strombelastbarkeit

Ampacity

Siehe Teil 1.430

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.

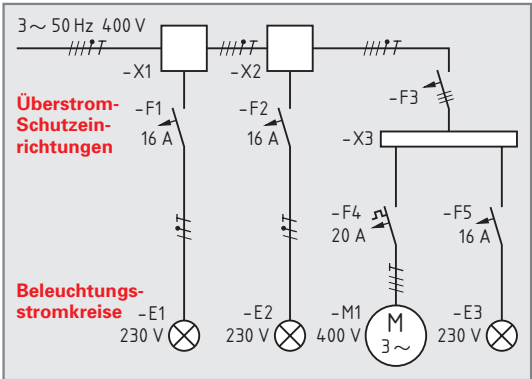


Bild 1: Aufteilung eines Drehstrom-Stromkreises

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

Entsprechend darf der Neutraleiter nur für *einen* Hauptstromkreis verwendet werden. Davon gibt es aber eine wichtige Ausnahme. Aus einem Drehstromkreis mit einem Neutraleiter dürfen Einphasen-Wechselstromkreise mit je einem Außenleiter und Neutraleiter 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			

Nähe zu nicht elektrischen technischen Anlagen

Elektrische Anlagen in der Nähe von nicht elektrischen technischen Anlagen müssen so sicher errichtet werden, dass keine Anlagen beeinträchtigt werden. Elektrische Anlagen müssen dort also je nach Art der Anlage aushalten

- Wärme und Rauch,
- Wasser durch Kondensation und Dampf,
- Bewegungen und Erschütterungen.

Der Schutz der elektrischen Anlage kann z. B. erfolgen durch

- geeignete Betriebsmittel,
- Einhalten von Abständen,
- schützende Umhüllungen.

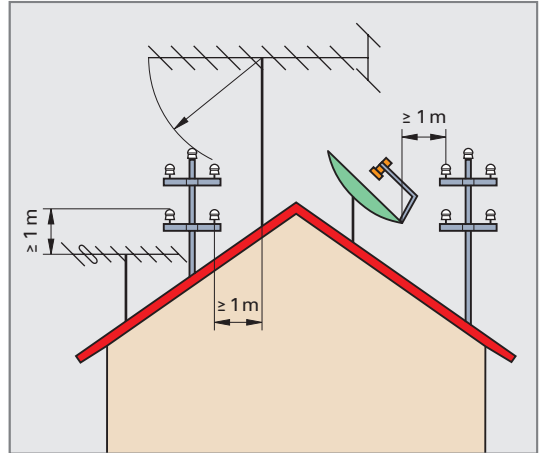


Bild 1: Näherungen (Abstände) bei einer Antennenanlage

Kreuzungen und Näherungen

Zwischen Starkstrom-Freileitungen bis AC 1000 V und Antennenanlagen ist ein Abstand von mindestens 1 m einzuhalten (**Bild 1**).

Bei Kreuzungen und Näherungen von unterirdischen Fernmelde-Kabellinien mit Starkstromkabeln sind erforderlich:

- Mindestabstand von 100 mm oder
- bei Näherungen Feuer hemmende Zwischenlage zwischen den Kabeln, z. B. Kabelschutzhauben, oder
- bei Kreuzungen mechanischer Schutz zwischen den Kabeln, z. B. Kabelschutzhauben.

Werden Starkstromkabel in Sand neben im Verband angeordneten Rohren für Fernmeldekabel verlegt, beträgt der Mindestabstand 300 mm. Dadurch soll verhindert werden, dass Sand aus den Zwischenräumen der Rohre ausrieselt. Der Abstand darf auf 100 mm verkleinert werden, wenn der Zwischenraum durch Mörtel ausgefüllt ist.

Bei Näherungen von Starkstromkabeln an unterirdische Bauteile von Fernmeldelinien, z. B. Anker, Streben oder Erder, ist der Mindestabstand 800 mm. Dieser Abstand darf unterschritten werden, wenn das Kabel mechanisch geschützt wird, z. B. durch Kabelschutzrohre. Der Schutz muss mindestens 500 mm über die Näherungsstelle hinausragen.

Wiederholung und Vertiefung

1. Unter welchen Bedingungen kann eine Mantelleitung im Erdboden verlegt werden?
2. In welchem Fall werden flexible Leitungen für feste Verlegung verwendet?

3. Wie groß muss der Biegeradius eines Kabels NYY mit dem Außendurchmesser von 55 mm mindestens sein, wenn ohne Hilfsmittel bei 20°C nur einmal gebogen wird?
4. Welche Kabel und Leitungen sind für die Verlegung in Beton geeignet?
5. Welche Leitungen bezeichnet man als „mechanisch geschützt“?
6. In welchen Fällen darf bei der Verlegung unter Putz eine Leitung schräg verlegt werden?
7. Warum brauchen flexible Leitungen an ihren Anschlussstellen eine Zugentlastung?
8. Wie groß ist der Mindestquerschnitt der Leiter bei Mantelleitung und fester Verlegung?
9. Wie groß ist bei fester Verlegung der Mindestquerschnitt für den Steuerstromkreis eines Schützes?
10. Wie groß darf bei einem 400-V-Netz der Spannungsfall vom Zähler bis zum Verbrauchsmittel höchstens sein?
11. Bis zu welchem Nennquerschnitt dürfen in Dosen lose Klemmen verwendet werden?
12. Wodurch wird verhindert, dass bei Durchführungen von Leitungen durch Brandschutzwände im Brandfall das Feuer über die Durchführung weiter geführt wird?

VDE 0100-520 Beiblatt 3

529.2 Strombelastbarkeit bei Lastströmen mit Oberschwingungen

Ampacity at Load Currents with Harmonics

529.2.1 Begriffe

Definitions

Man spricht von *Sinusspannung*, wenn der zeitliche Verlauf $u = u(t)$ einer Spannung die *Sinusform* (lat. sinus = Busen) hat. Die großen Generatoren in Kraftwerken sind so gebaut, dass sie die *Sinusspannung* bzw. den *Sinusstrom* mit einer Frequenz von 50 Hz liefern.

Im 50-Hz-Netz bezeichnet man die 50-Hz-Schwingung der Spannung als *Grundschwingung* oder 1. *Teilschwingung*. Kleine Generatoren oder Wechselrichter von PV-Anlagen liefern keine Sinusspannung, sondern z.B. eine *Rechteckspannung*, deren Grundschwingung 50 Hz beträgt. Man nennt diese dann 50-Hz-Rechteckspannung (**Bild 1**).

Der französische Physiker und Mathematiker Fourier (1768 bis 1830) fand heraus, dass jede periodische Schwingung aus einer Überlagerung von Sinusschwingungen besteht. Die Periodendauern dieser Schwingungen verhalten sich wie 1 : 2 : 3 : 4 : 5 usw. Summiert man zwei Sinuslinien verschiedener Periodendauern, so erhält man eine periodische Linie, die nicht sinusförmig ist. (**Bild 2**). Die Rechteckspannung Bild 1 besteht also aus Schwingungen der Ordnungszahl 1 und weiterer Ordnungszahlen.

Schwingungen mit ganzzahligen Ordnungszahlen (Formelzeichen v , griech. Kleinbuchstabe nü) mit $v > 1$ nennt man *Oberschwingungen* OS oder *Harmonische*. Die Ordnungszahl einer OS ist das ganzzahlige Verhältnis der Frequenz der OS zur Frequenz der Grundschwingung (Grundfrequenz).

Der Oberschwingungsanteil, z.B. Strom in einer Leitung, ist Effektivwert gesamter Strom minus Effektivwert Grundschwingungsstrom. Der Oberschwingungsanteil wird meist in % vom gesamten Strom angegeben und wird als *Verzerrungsstrom* oder auch als *THD-Wert* bezeichnet (THD von Total Harmonic Distortion).

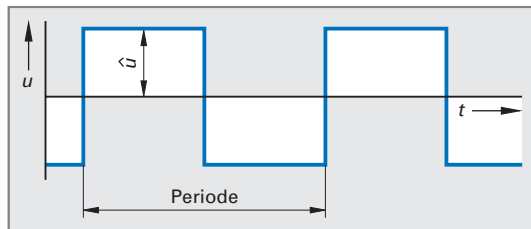


Bild 1: Rechteckspannung

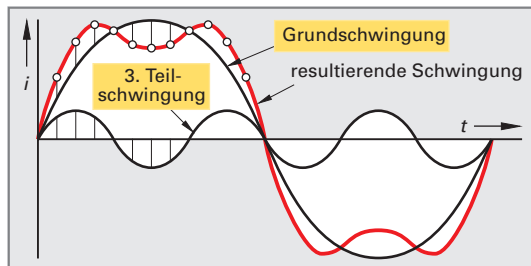


Bild 2: Addition zweier Sinusströme zu einem nicht sinusförmigen Strom

Lineare Lasten sind Betriebsmittel, deren Impedanz eine konstante Größe ist, z.B. ein Wirkwiderstand oder ein Blindwiderstand. Nichtlineare Lasten nennt man Betriebsmittel, deren Impedanz eine von fremden Parametern abhängige Größe ist, z.B. ein temperaturabhängiger Widerstand oder eine Diode. Nichtlineare Lasten nehmen an Sinusspannung einen nicht sinusförmigen Strom auf. Sie verzerren also den Sinusstrom durch Oberströme. Fast alle elektronischen Betriebsmittel, Baugruppen oder Geräte sind nichtlineare Lasten.

529.2.2 Oberschwingungsstrom im Neutralleiter

Harmonic Current of Neutral

Die Speisung elektrischer Anlagen erfolgt meist über vier- oder fünfadrigem Leitungen. Dadurch gehen zuletzt alle Außenleiterströme durch den Neutralleiter. Im günstigsten Fall sind die Lasten der drei Außenleiter symmetrisch (gleich groß) und linear. Dann ist der Neutralleiter stromlos oder bei einer Außenleiter-Abschaltung nicht stärker als ein Außenleiterstrom.

Bei Belastung der drei Außenleiter mit nichtlinearen Lasten kann die Belastung des Neutralleiters größer als die Belastung eines Außenleiters werden (**Bild 1, folgende Seite, Bild 1, Seite 110**).

600 Prüfungen Verifications

Außer der bisher im Teil 610 enthaltenen Erstprüfung sind jetzt im Teil 600 auch die Wiederholungsprüfungen enthalten. Nachfolgend sind hinter den Abschnittsüberschriften in Klammern die Abschnitte der Norm angegeben.

600.1 Anwendungsbereich (6.1)

Scope

Der Teil 600 enthält die Anforderungen, nach denen in Niederspannungsanlagen die Übereinstimmung mit den übrigen Teilen der DIN VDE 0100, insbesondere mit dem Teil 410, geprüft werden.

600.2 Hinweis auf andere Normen (6.2)

Reference to other Standards

Außer den hier aufgeführten Bestimmungen gelten alle weiteren Bestimmungen von DIN VDE 0100, insbesondere die Teile 200, 410, 430, 444 und 540.

600.3 Zusätzliche Begriffe (6.3)

Additional Definitions

Zu den Begriffen vom Teil 200 kommen nur wenige hinzu.

Prüfung sind alle Maßnahmen, mit denen die Übereinstimmung mit der VDE 0100 überprüft wird.

Die Prüfung besteht aus Besichtigen, Erproben und Messen sowie Erstellen eines Prüfungsberichtes.

Besichtigen ist die Untersuchung einer Anlage mit den natürlichen Sinnen des Menschen, z. B. Augen und bei Bedarf Gehör.

Erproben und Messen ist die Durchführung von Maßnahmen zum Nachweis der einwandfreien Funktion.

Prüfbericht ist der schriftliche Bericht der Ergebnisse aus Besichtigen, Erproben und Messen.

Instandhaltung ist die Tätigkeit, mit der Anlagenteile für die vorgesehene Funktion erhalten oder dorthin zurückgebracht werden.

600.4 Erstprüfung (61)

Initial Verification

Die Erstprüfung ist unter den allgemeinen Sicherheitsmaßnahmen durchzuführen. Dabei dürfen keine Unfallgefahren, Brandgefahren oder Explosionsgefahren auftreten. Deshalb muss die Prüfung durch eine Elektrofachkraft erfolgen, die für

Tabelle 1: Normen für Messgeräte zum Prüfen von Schutzmaßnahmen
vgl. DIN VDE 0100-600:2017-6

Messaufgabe	Norm
Isolationswiderstand	VDE 0413-2
Schleifenimpedanz	VDE 0413-3
Widerstand von Schutz-, Erdungs und Schutzpotenzialausgleichsleitern	VDE 0413-4
Erdungswiderstand	VDE 0413-5
Schutzmaßnahmen an RCDs	VDE 0413-6
Drehfeldrichtung	VDE 0413-7
Spannungsmessung, Strommessung	VDE 0411-1

die Prüfung geeignet ist, z. B. durch eine spezielle Ausbildung oder entsprechende Erfahrung. Insbesondere müssen Prüfgeräte und Messgeräte verwendet werden, die den VDE-Bestimmungen entsprechen (**Tabelle 1**).

Die Erstprüfung muss so durchgeführt werden, dass keine Gefahren entstehen.

600.5 Besichtigen (61.2)

Inspecting

Das Besichtigen ist vor der Inbetriebnahme und dem Erproben durchzuführen. Dabei ist zu untersuchen, ob die Betriebsmittel

- den Sicherheitsanforderungen der Betriebsmitternormen entsprechen, z. B. anhand von Herstellerangaben,
- entsprechend VDE 0100 ausgewählt und errichtet sind,
- ohne sichtbare Beschädigungen sind.

Das Besichtigen muss mindestens umfassen:

- Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag,
- Schutz gegen thermische Einflüsse, z. B. Brandabschottungen,
- Auswahl von Kabel und Leitungen hinsichtlich Strombelastbarkeit und Spannungsfall,
- Auswahl und Einstellung von Schutzgeräten und Überwachungsgeräten, z. B. Motorschutzschalter und RCDs,
- Kennzeichnung der Schutzleiter und Neutralleiter,
- Vorhandensein von Schaltungsunterlagen,
- Kennzeichnung der Stromkreise, Schutzeinrichtungen und dergleichen,
- leichte Zugänglichkeit der Betriebsmittel wegen der Instandhaltung.

708 Caravanplätze, Campingplätze und ähnliche Bereiche

Caravan Parks, Camping Parks and similar Areas

708.1 Allgemeines

General

Campingplatz ist der Teil eines Geländes, welches mehrere Caravan-Stellplätze umfasst (**Bild 1**). *Caravan-Stellplatz* ist die Stelle auf dem Campingplatz, die von einem bewohnbaren Freizeitfahrzeug (siehe auch Teile 721, 754) oder Zelt belegt werden kann.

Die besonderen Anforderungen von Teil 708 sind nicht anzuwenden für die innere elektrische Anlage von bewohnbaren Freizeitfahrzeugen.

Elektrischer Speisepunkt (Versorgungseinheit) für einen Caravan-Stellplatz ist ein elektrisches Betriebsmittel, um die Versorgungsleitungen der Freizeitfahrzeuge an das Netz anzuschließen bzw. von diesem zu trennen (**Bild 2**).

708.2 Besondere Begriffe

Special Items

Caravan, Motorcaravan, Mobilheim, Parkwohnheim siehe Abschnitt 1.721.

708.3 Stromversorgung

Power Supply

Die Stromversorgung für ein Freizeitfahrzeug erfolgt ab Speisepunkt über eine Anschlussleitung (**Bild 3**). Die Stromversorgung der Speisepunkte erfolgt durch im Erdreich verlegte Kabel oder durch frei gespannte Leitungen. Zu bevorzugen sind unterirdisch verlegte Verteilungsstromkreise. Für die Versorgung von bewohnbaren Freizeitfahrzeugen darf die Nennversorgungsspannung der Anlage bei Einphasen-Wechselstrom 230V oder bei Dreiphasen-Wechselstrom (Drehstrom) 400V nicht überschreiten.



Bild 1: Blick auf Campingplatz

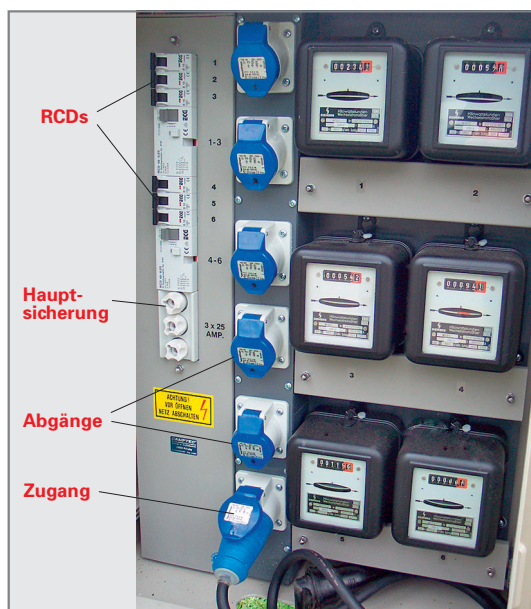


Bild 2: Elektrischer Speisepunkt für Caravan-Stellplätze

Unterirdisch verlegte Kabel müssen mindestens in einer Tiefe von 0,5 m verlegt werden (**Bild 1, folgende Seite**). Dies gilt nicht für Kabel mit zusätzlichem

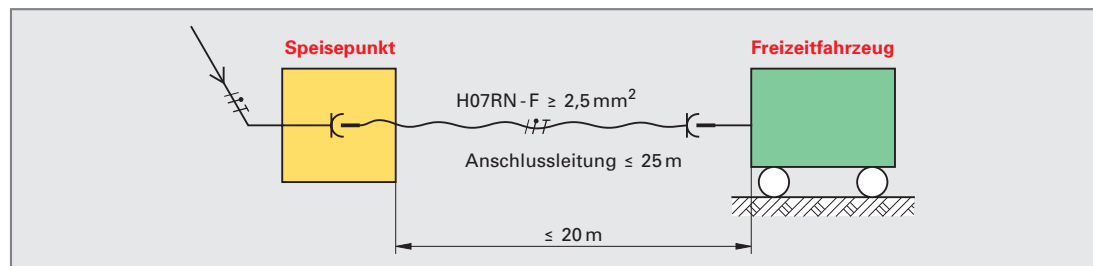


Bild 3: Stromversorgung auf Campingplätzen

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 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. VDE 0100-710: 2012-10

Erklärung	Beispiele
Gruppe 0	
Bereich, in dem die Stromversorgung ohne Schaden für Patienten abgeschaltet werden kann. Anwendungsteile werden nicht eingesetzt.	Aufenthaltsräume, in denen keine oder nur solche elektromedizinischen Geräte eingesetzt werden, die auch außerhalb von medizinisch genutzten Bereichen verwendet werden dürfen.
Gruppe 1	
Bereich, in dem die Stromversorgung ohne Schaden für Patienten kurz abgeschaltet werden kann.	Bettenräume, Massageräume, Praxisräume, Therapieräume, Entbindungsräume.
Gruppe 2	
Bereiche, in denen die Stromversorgung nicht abgeschaltet werden darf. Untersuchung und Behandlung dürfen nicht unterbrochen werden.	Operationsräume, Intensivstationen, Endoskopieräume, Aufwchräume, 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 und die Sicherheitsstromversorgung. In der Gebäudehauptverteilung für die Sicherheitsstromversorgung wird die Spannung gemessen. Bei Unterschreitung der Spannung wird auf die zweite (zusätzliche) Sicherheitsstromversorgung (ZSV) umgeschaltet (Seite 192).

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

Nachweise und die Prüffristen (Prüfintervalle) dafür aufmerksam machen.

Hinweise zu wiederkehrenden Prüfungen

Der monatliche Funktionstest der Sicherheitsstromversorgung ist bei 80 % bis 100 % Nennleistung durchzuführen.

Der jährliche Funktionstest der Sicherheitsstromversorgung mit Verbrennungsmaschinen ist durchzuführen, bis die Nennbetriebstemperatur erreicht ist.

Die Verfahren für die wiederkehrenden Prüfungen sind mit dem medizinischen Personal abzustimmen, um das Risiko für die Patienten zu minimieren. In der Betriebsanleitung ist der Betreiber auf die notwendigen wiederkehrenden Prüfungen hinzuweisen.

Wiederholung und Vertiefung

1. Warum sind in den medizinisch genutzten Bereichen erhöhte Sicherheitsanforderungen zu erfüllen?
2. Wozu dienen medizinische elektrische Geräte?
3. Nach welchem Grundsatz erfolgt die Nummerierung der Gruppen 0,1 und 2?
4. Nennen Sie vier Räume, die zur Gruppe 1 gehören.
5. Geben Sie vier Räume an, die zur Gruppe 2 gehören.
6. Welche medizinischen elektrischen Geräte dürfen in Bereichen der Gruppe 0 eingesetzt werden?
7. Geben Sie zwei Beispiele für ambulante medizinische Bereiche an.
8. Welche Bedeutung hat der Hauptverteiler für medizinisch genutzte Bereiche?
9. Welche Verteilungssysteme kommen in medizinisch genutzten Bereichen hinter dem Hauptverteiler vor?
10. An welcher Stelle ist bei einem 400-V-Kabelanschluss des Gebäudes der PEN-Leiter spätestens aufzuteilen in PE und N?
11. Wie hoch darf in einem Bereich der Gruppe 0 die Bemessungsspannung eines SELV-Verbrauchsmittels höchstens sein?
12. Wie groß ist die höchstzulässige Bemessungsspannung eines SELV-Verbrauchsmittels in einem Bereich der Gruppe 1?
13. Wie groß darf bei Schutz durch Abschaltung die bestehen bleibende Berührungsspannung höchstens sein?
14. Wie groß darf der Bemessungsdifferenzstrom I_{AN} einer RCD für den Schutz eines Steckdosen-Stromkreises in einem Raum der Gruppe 1 höchstens sein?
15. Für welche Aufgaben darf in einem Raum der Gruppe 1 eine RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 300 mA verwendet werden?
16. In welchen Bereichen ist das IT-System bindend vorgeschrieben?
17. Für welche Verbrauchsmittel muss das IT-System angewendet werden?
18. Wie groß darf beim IT-System die Ausgangsspannung des Transformators höchstens sein?
19. In welchen Bereichen muss ein zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich vorgenommen werden?
20. Warum sollen die Schutzpotenzialausgleichsleiter der Verbrauchsmittel an einer Schutzpotenzialausgleichsschiene sternförmig angeschlossen und nicht von Verbrauchsmittel zu Verbrauchsmittel durchgeschleift werden?
21. Unter welchen Bedingungen ist in einem Bereich der Gruppe 2 die Schutztrennung zulässig?
22. Warum dürfen an Untersuchungsplätzen für EKG und EEG keine merklichen magnetischen Wechselfelder auftreten?
23. Nennen Sie vier Betriebsmittel, die in einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte untergebracht sein müssen.
24. Wie groß sind die kleinste und die größte zulässige Nennleistung von Transformatoren für das IT-System?
25. Warum dürfen bei einem IT-System nicht beliebig große Transformatoren eingesetzt werden?
26. Welche Aufgabe haben selbsttätige Umschalt-einrichtungen für medizinisch genutzte Bereiche?
27. Welche Arten der Sicherheitsstromversorgungen unterscheidet man?
28. Unter welchen Umständen erfolgt die Umschaltung der SSV-Anlage auf die Sicherheits-Stromquelle?

Alle Steckdosenstromkreise bis 32 A und alle Endstromkreise außer Endstromkreise für die Notbeleuchtung müssen mit einer RCD 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 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 500 V 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 Schutteinrichtung 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 Schutteinrichtungen 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, NHXHX, oder aber die Kabel/Leitungen müssen in Rohren bzw. Kanälen verlegt sein, die eine Schutzart von mindestens IP4X haben. www.lappkabel.de, 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 VDE 0100-719 (Bild 1).

Schneidklemmen dürfen zum Herstellen von Anschlüssen nicht angewendet werden.

Die Stromquellen für SELV und ihre Schutzrichtungen müssen angemessen befestigt oder mechanisch abgestützt werden. Ihre elektrischen Anschlussstellen dürfen keiner mechanischen Belastung unterliegen. Eine Überhitzung der Betriebsmittel infolge ihrer Isolierung ist zu verhindern. Schutzrichtungen müssen leicht zugänglich sein. Sie dürfen oberhalb von abnehmbaren oder leicht zugänglichen Zwischendecken angebracht werden, sofern ein Hinweis über ihr Vorhandensein und ihre Anordnung gegeben ist.

Infolge der Vielzahl der verfügbaren Komponenten für ein 12-V-Niedervolt-Schienensystem kann die Kleinspannungsbeleuchtungsanlage entsprechend den vorhandenen Raumgegebenheiten gestaltet werden (**Tabelle 1**). Gleiches gilt für eine Ausführung durch flexible Leiter oder durch ein Kleinspannungsbeleuchtungssystem (**Tabelle 2**).

Wiederholung und Vertiefung

1. Welche Schutzmaßnahme gegen elektrischen Schlag ist bei Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen vorgeschrieben?
2. Welche Spannungen sind bei Verwendung blanker Leiter maximal erlaubt?
3. Unter welchen Voraussetzungen ist das Parallelschalten von Transformatoren auf der Sekundärseite erlaubt?
4. Für welche Transformatoren dürfen selbst zurücksetzende Überstrom-Schutzrichtungen verwendet werden?
5. Nennen Sie die Anforderungen der besonderen Schutzrichtung gegen Brandgefahr.
6. Unter welchen Voraussetzungen dürfen blanke Leiter verwendet werden?
7. Welche Last müssen tragende Leiter und Hängemittel für Leuchten mindestens tragen können?
8. Worauf ist beim Installieren von Stromquellen für SELV und deren Schutzrichtungen zu achten?
9. Was versteht man unter einem Einspeiser bei Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen?
10. Was versteht man unter einem isolierenden Verbinder bei Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen?

Tabelle 1: Komponenten für 12-V-Schienensystem

Komponente	Erklärung
Niedervolt-schiene	Niedervoltschienen mit Längen von z. B. 1 m oder 2 m dienen zur Befestigung und Stromversorgung der Leuchten/Lampen. Mittels einer Biegevorrichtung kann die Niedervoltschiene nach Wunsch geformt werden.
Endkappe	Wird auf das freie Ende einer Niedervoltschiene übergezogen.
Längsverbinder	Mit einem Längsverbinder werden zwei Niedervoltschienen verbunden.
Isolierender Verbinder	Zum Trennen von Stromkreisen mit jeweils eigenen Transformatoren wird zwischen zwei Niedervoltschienen ein Isolierverbinder gesetzt.
Einspeiser	Dient zur Spannungseinspeisung in das Schienensystem. Er wird an der Niedervoltschiene angebracht und an den Ringkerntransformator angeschlossen.
Ringkern-transformator	Wird mit 230 V versorgt und erzeugt die für das Niedervolt-Schienensystem benötigten 12 V.
Decken-abhängung	Mittels Deckenabhängungselementen werden die Niedervoltschienen an die Decke montiert.
Flexverbinder	Erlauben eine Schienenführung um Ecken mit Winkeln bis zu 90°.
Leuchten	Unterschieden werden Glasleuchten für Halogen-Stiftsockellampen, Spotleuchten für Halogen-Kaltlicht-Spiegellampen und Pendelleuchten für Halogen-Stiftsockellampen oder Halogen-Kaltlicht-Spiegellampen.

Tabelle 2: Komponenten für 12-V-Stangensystem

Komponente	Erklärung
Stange	Das Stangensystem wird aus einzelnen Stangen der Länge z. B. 700 mm zusammengestellt. Neben geraden Stangen gibt es auch Stufenstangen und Bogenstangen.
Winkel	Mit einem Winkel kann das Stangensystem mit einem 90°-Winkel senkrecht oder waagrecht verlegt werden.
Verbindungsstecker	Dienen zum mechanischen und elektrischen Verbinden der Stangen.
Isolierende Steckverbinder	Ermöglichen ein getrenntes Schalten von Stromkreisen im Stangensystem.
Endstücke	Sorgen für einen optisch schönen Abschluss des Stangensystems.
Einspeiser	Besteht aus zwei Leitungen mit Anschlusselementen für die Stangen und an den Ringkerntransformator.
Ringkern-transformator	Siehe Tabelle 1.
Deckenabhängung	Siehe Tabelle 1.
Leuchten	Siehe Tabelle 1.

Überhitzung von Flächenheizungen wird durch Begrenzung der Temperatur auf höchstens 80°C vermieden durch

- Errichtung des Heizungssystems nach Herstellerangaben oder
- Einbau von Schutzeinrichtungen (**Bild 3, vorhergehende Seite**).

Heizeinheiten müssen unlösbar mittels Kaltleitungen verbunden werden, z. B. durch Quetschverbindungen, und dürfen Dehnungsfugen nicht kreuzen.

Bei *Wand-Flächenheizungen* ist die Gefahr einer Beschädigung der Heizleitung besonders groß, weil an Wänden oft nachträglich Bilder oder sonstige Gegenstände angehängt werden. Durch ein Befestigungsmittel (Nagel oder Dübel mit Schraube) kann dann ein unvollkommener Kurzschluss hervorgerufen werden, der zur Überhitzung führt (**Bild 1**). Deshalb müssen Heizeinheiten ohne Metallmantel mit einer metallenen Umhüllung oder einem feinmaschigen Metallgitter versehen werden. Diese Elemente sind an den Schutzleiter PE der Installation anzuschließen. Bei der Durchdringung mittels Nagel wird dann von der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung der Strom abgeschaltet (**Bild 2**).

Wand-Flächenheizungen erfordern wegen erhöhter Beschädigungsgefahr einen stärkeren mechanischen Schutz als Fußboden- oder Deckenflächenheizungen.

Heizeinheiten dürfen das angrenzende Material, insbesondere Holz, nicht übermäßig erhitzen. Dies kann durch Verwendung von Heizelementen erreicht werden, die selbsttätig die Temperatur begrenzen, oder durch Abtrennung mittels hitzebeständigem Material, z. B. durch Verlegung der Heizleitung auf einer Metallfolie in einem metallenen Installationsrohr, oder durch Abstand von mindestens 10 mm in Luft vom endzündbarem Material (**Bild 1, folgende Seite**).

753.5 Auswahl und Errichtung der elektrischen Betriebsmittel

Selection and Erection of Electric Equipment

Es dürfen nur genormte Heizelemente und Heizleitungen verwendet werden. Der Hersteller der Heizelemente gibt nach der jeweiligen Betriebsmittelnorm Anweisungen für die Anwendung bei der Errichtung.

Heizeinheiten für Fußbodenheizungen in Beton oder Estrich müssen mindestens der Schutzart IPX7 genügen, für Deckenheizungen mindestens IPX1.

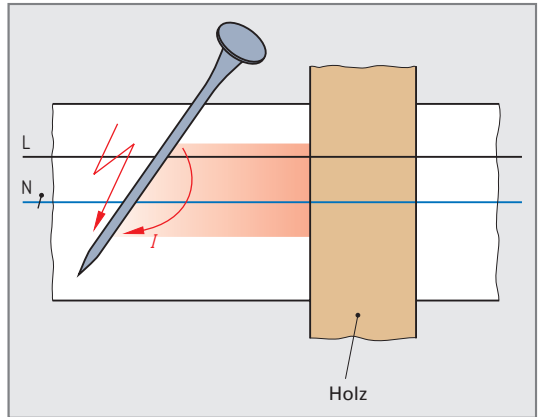


Bild 1: Überhitzung infolge Durchdringung

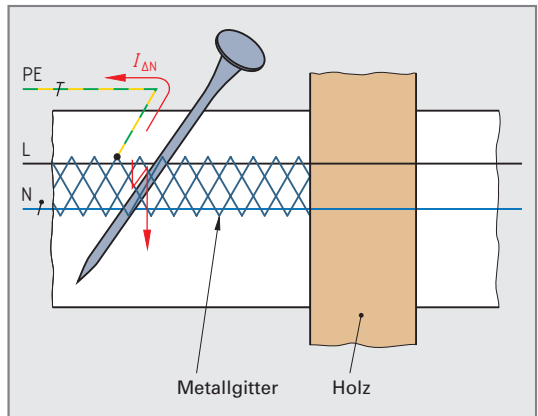


Bild 2: Vermeidung von Überhitzung bei Wand-Flächenheizung

Dokumentation

Der Errichter muss für jedes Heizungssystem in einem Plan dokumentieren:

- Bauart der Heizeinheiten,
- Zahl der Heizeinheiten,
- Abmessung der Heizeinheiten,
- Anordnung der Heizeinheiten,
- Lage der Heizeinheiten,
- Lage der Verbindungsboxen,
- Heizleistung,
- Leiter, Leiterquerschnitt, Schirm,
- beheizte Fläche,
- Bemessungsspannung,
- Bemessungswiderstand der Heizeinheit,
- Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung,
- Bemessungsdifferenzstrom der RCD.

Dieser Plan muss im oder am Stromkreisverteiler für das Heizungssystem hinterlegt sein.