

Arbeitskreis Sicherheitsingenieure österreichischer EVUs, Mellach, AT
29. September 2011

*Elektroschutz in sensiblen Bereichen
(Baustellen, Stollen, Behälter, ...)*

Alfred Mörx



diam-consult
Ingenieurbüro für Physik
Pretschgasse 21/2/10
A-1110 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-769-67-50-12
Fax.: +43-(0)1-769-67-50-20
Email: management@diamcons.com
www.diamcons.com



Inhalt

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Der Sicherheitsbegriff im österreichischen Elektrotechnikrecht | 4 |
| 1.1 | Abgrenzung von elektrischen Betriebsmitteln und elektrischen Anlagen | 4 |
| 1.2 | ETV- 2002 und SNT-Vorschriften | 4 |
| 2 | Das österreichische ArbeitnehmerInnenschutzgesetz..... | 5 |
| 3 | Internationale Kennzeichnung von Netzsystemen..... | 5 |
| 4 | (Dreistufiges) Schutzkonzept | 8 |
| 4.1 | Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) | 10 |
| 4.2 | Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) | 10 |
| 4.2.1 | Einteilung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren | 10 |
| 4.3 | Zusatzschutz (Schutz bei direktem Berühren) | 11 |
| 4.4 | Wirksamkeit der angewendeten Schutzmaßnahmen..... | 11 |
| 5 | Wirksamkeit der Schutzmaßnahme Nullung | 11 |
| 5.1 | Ausschaltbedingung für Verteilungsleitungen in Verbraucheranlagen..... | 12 |
| 5.1.1 | Ausschaltbedingung für Endstromkreise bis einschließlich 32 A Nennstrom ... | 13 |
| 5.2 | Das Problem „langer Leitungen“ | 13 |
| 6 | Schutzmaßnahme Schutztrennung und Ersatzstromversorgungsanlagen..... | 14 |
| 6.1 | Einleitung..... | 14 |
| 6.2 | Risikobetrachtung und Schutzmaßnahmen | 15 |
| 6.3 | Schutzmaßnahme Schutztrennung | 15 |
| 6.3.1 | Wodurch ergibt sich die Schutzwirkung der Schutztrennung?..... | 16 |
| 6.3.2 | Maßnahmen im Sekundärkreis | 16 |
| 6.3.3 | Schutztrennung für Service- und Montagearbeiten..... | 19 |
| 6.3.4 | Wann wirkt die Schutztrennung nicht? | 20 |



| | | |
|-------|--|----|
| 6.3.5 | Zusammenfassung | 20 |
| 7 | Prüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen..... | 21 |
| 8 | Baustellen, Provisorien und verwandte Bereiche | 22 |
| 8.1 | Schutzmaßnahmen | 22 |
| 8.2 | Einrichtungen zum Freischalten | 22 |
| 8.3 | Speisepunkte, Baustromverteiler | 23 |
| 8.4 | Installationsregeln | 24 |
| 8.5 | Installationsmaterial und Verbrauchsgeräte | 25 |
| 9 | Begrenzte, leitfähige Räume..... | 25 |
| 9.1 | Elektrische Gefährdungen, Schutzmaßnahmen | 26 |
| 9.2 | Basisschutz | 26 |
| 9.3 | Fehlerschutz | 26 |
| 10 | Literaturhinweise..... | 27 |

Zum Autor:

Eur.Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx, ÖVE, IEEE Section Reliability, Inhaber von diam-consult, Ingenieurbüro für Physik, 1110 Wien; Vorsitzender des Technischen Komitees Elektrische Niederspannungsanlagen sowie des Technischen Sub Komitees IS 23 E Schutzschalter des ÖVE. www.diamcons.com; E-Mail: am@diamcons.com



1 Der Sicherheitsbegriff im österreichischen Elektrotechnikrecht

Bestimmungen über das Betreiben, Verwenden, Errichten, Ändern oder Instandhalten von elektrischen Anlagen werden in Österreich durch die Elektrotechnikverordnung verbindlich geregelt.

Der § 3 des österreichischen Elektrotechnikgesetzes¹ enthält die relevante Formulierung zur Gestaltung von Sicherheitsmaßnahmen auf dem Gebiete der Elektrotechnik.

Sicherheitsmaßnahmen auf dem Gebiete der Elektrotechnik

§ 3. (1) Elektrische Betriebsmittel und elektrische Anlagen sind innerhalb des ganzen Bundesgebietes so zu errichten, herzustellen, instandzuhalten und zu betreiben, daß ihre Betriebssicherheit, die Sicherheit von Personen und Sachen, ferner in ihrem Gefährdungs- und Störungsbereich der sichere und ungestörte Betrieb anderer elektrischer Anlagen und Betriebsmittel sowie sonstiger Anlagen gewährleistet ist. Um dies zu gewährleisten, ist gegebenenfalls bei Konstruktion und Herstellung elektrischer Betriebsmittel nicht nur auf den normalen Gebrauch sondern auch auf die nach vernünftigen Ermessen zu erwartende Benutzung Bedacht zu nehmen. In anderen Rechtsvorschriften enthaltene Bestimmungen über den Schutz des Lebens und der Gesundheit von Personen werden durch diese Bestimmungen nicht berührt.

§ 3. (2) Im Gefährdungs- und Störungsbereich elektrischer Anlagen und elektrischer Betriebsmittel sind jene Maßnahmen zu treffen, welche für alle aufeinander einwirkenden elektrischen und sonstigen Anlagen sowie Betriebsmittel zur Wahrung der elektrotechnischen Sicherheit und des störungsfreien Betriebes erforderlich sind.

1.1 Abgrenzung von elektrischen Betriebsmitteln und elektrischen Anlagen

Im Vergleich zu früheren Fassungen des Elektrotechnikgesetzes wurden im Elektrotechnikgesetz 1992 die Definitionen von elektrischen Anlagen und elektrischen Betriebsmitteln neu gestaltet. Dadurch wird eine deutliche Abgrenzung dieser beiden Begriffe erwirkt.

§ 1. (1) Elektrische Betriebsmittel im Sinne dieses Bundesgesetzes sind Gegenstände, die als Ganzes oder in einzelnen Teilen zur Gewinnung, Fortleitung oder zum Gebrauch elektrischer Energie bestimmt sind. Betriebsmäßige Zusammenfassungen mehrerer elektrischer Betriebsmittel, die als bauliche Einheit in Verkehr gebracht werden und zumindest zu diesem Zeitpunkt als bauliche Einheit ortsveränderlich sind, gelten ebenfalls als elektrische Betriebsmittel.

§1 (2) Eine elektrische Anlage im Sinne dieses Bundesgesetzes ist eine ortsfeste betriebsmäßige Zusammenfassung elektrischer Betriebsmittel, soweit diese Zusammenfassung nicht nach Abs. 1 als Betriebsmittel zu betrachten ist. Als ortsfest gelten auch elektrische Anlagen auf Fahrzeugen, transportablen Bauwerken und fliegenden Bauten. Anlagen zum Potentialausgleich, Erdungsanlagen, Blitzschutzanlagen und Anlagen zum kathodischen Korrosionsschutz sind ebenfalls elektrische Anlagen.

1.2 ETV- 2002 und SNT-Vorschriften

In der Elektrotechnikverordnung 2002² ist jedoch noch eine – im Zusammenhang mit dem § 3 ETG-1992 wesentliche - Frage, unter welchen Umständen eine elektrische Anlage oder ein elektrisches Betriebsmittel als sicher gilt, geklärt.

Sichere elektrische Anlagen und elektrische Betriebsmittel

§ 5. (1) Elektrische Betriebsmittel und elektrische Anlagen entsprechen den Erfordernissen des § 2 und des § 3 Abs. 1 und 2 ETG 1992

¹ETG-1992, BGBl. 106/1993 vom 12.2.1993, idF BGBl. I 136/2001 vom 27.11.2001

² BGBl. II Nr. 222/2002



1. unter den im allgemeinen zu erwartenden örtlichen oder sachlichen Verhältnissen immer,
2. unter besonderen örtlichen oder sachlichen Verhältnissen, sofern diese in den SNT-Vorschriften berücksichtigt worden sind,

wenn sie den jeweils für sie in Betracht kommenden SNT-Vorschriften entsprechend hergestellt, errichtet, in Verkehr gebracht, instand gehalten und betrieben werden. Andernfalls sind zur Erfüllung der Erfordernisse des ETG 1992 den besonderen örtlichen oder sachlichen Verhältnissen jeweils Rechnung tragende Maßnahmen zu treffen.

(2) Elektrische Betriebsmittel entsprechen den Erfordernissen des § 2 und des § 3 Abs. 1 und 2 ETG 1992 auch dann, wenn sie, unter Beachtung der übrigen Bedingungen des Abs. 1, nach Normen eines anderen Mitgliedstaates der Europäischen Union oder einer Vertragspartei des Europäischen Wirtschaftsraumes hergestellt wurden, sofern diese Normen hinsichtlich der Sicherheit, Normalisierung und Typisierung den in Betracht kommenden SNT-Vorschriften gleichwertig sind.

2 Das österreichische ArbeitnehmerInnenschutzgesetz

Auch in den Bestimmungen des österreichischen ArbeitnehmerInnenschutzgesetzes - ASchG³, sind einerseits der Stand der Technik definiert und andererseits auch grundlegende Verpflichtungen des Arbeitgebers hinsichtlich der sicheren Gestaltung von Arbeitsplätzen angegeben.

§ 2 (8) Stand der Technik

Stand der Technik im Sinne dieses Bundesgesetzes ist der auf einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher technologischer Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt oder erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen heranzuziehen.

Wichtig ist jedoch, dass der Stand der Technik im Sinne des ASchG nicht mit dem Stand der (elektrotechnischen) Normung verwechselt werden darf. Der Stand der Technik wird in der Regel weiter fortgeschritten sein als die technische Normung.

Allgemeine Pflichten der Arbeitgeber

§ 3. (1) Arbeitgeber sind verpflichtet, für Sicherheit und Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer in Bezug auf alle Aspekte, die die Arbeit betreffen, zu sorgen. Die Kosten dafür dürfen auf keinen Fall zu Lasten der Arbeitnehmer gehen. Arbeitgeber haben die zum Schutz des Lebens, der Gesundheit und der Sittlichkeit erforderlichen Maßnahmen zu treffen, einschließlich der Maßnahmen zur Verhütung arbeitsbedingter Gefahren, zur Information und zur Unterweisung sowie der Bereitstellung einer geeigneten Organisation und der erforderlichen Mittel.

(2) Arbeitgeber haben sich unter Berücksichtigung der bestehenden Gefahren über den neuesten Stand der Technik und der Erkenntnisse auf dem Gebiet der Arbeitsgestaltung entsprechend zu informieren.

3 Internationale Kennzeichnung von Netzsystemen

Öffentliche Niederspannungs-Stromversorgungsnetze in Österreich sind überwiegend als Drehstromnetze 3N ~ 400/230 V ausgebildet. Insbesondere seit Veröffentlichung der sogenannten Nullungsverordnung haben nullungsfähige geerdete Drehstromnetze besondere Bedeutung.

Zur Unterscheidung von *geerdeten* und *isolierten* Netzen wird auch in Österreich das internationale Kennzeichnungssystem verwendet, das auch – wenngleich in einigen Fällen nicht

³ ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG; BGBl. Nr. 450/1994 vom 17. 6. 1994, idgF.



eindeutig - erkennen lässt, welche Schutzmaßnahme(n) bei indirektem Berühren in der Verbraucheranlage verwendet wird.

Die IEC⁴-Bezeichnung besteht aus zwei Buchstaben, wobei *der erste* die Erdungsverhältnisse der Stromquelle kennzeichnet.

I ... bedeutet Isolierung des Netzes gegen Erde oder Verbindung des Sternpunktes über Impedanzen (mittelbare Betriebserdung).

Diese Netze können kleinste Ausdehnung haben (Schutzkleinspannung, Schutz-trennung) mittlere Größe (Schutzleitungssystem) oder ganze Stadtteile mit elektrischer Energie versorgen (öffentliches Verteilungsnetz 3 ~ 230 V).

T ... bedeutet unmittelbare Erdung eines Punktes des Betriebsstromkreises (z. B. öffentliches Verteilungsnetz 3 N ~ 400/230 V).

Dieses Kennzeichnungssystem bringt aber nur eine grobe Einteilung und kann in der Praxis zur Verwirrung führen, weshalb in der österreichischen Normung zur Bezeichnung der Schutzmaßnahmen, die Bezeichnungen, wie Fehlerstrom-Schutzschaltung, Nullung, Schutz-erdung usw. verwendet werden.

Der *zweite* Buchstabe kennzeichnet die Erdungsverhältnisse der Körper der elektrischen Anlage (d. h. die Art der Verbindung des Schutzleiters in der Verbraucheranlage).

T ... bedeutet direkte Erdung der Körper der zu schützenden Geräte (Schutzerdung, FI-Schutzschaltung, Schutzleitungssystem).

N ... bedeutet Verbindung des Schutzleiters mit dem für Schutzzwecke verwendeten Neutralleiter (PEN-Leiter).

Die in der Praxis häufig eingesetzten Netzsysteme (Schutzmaßnahmen) ergeben unter Verwendung oben angeführter Bezeichnungen folgende Bezeichnungssysteme:

IT-System isoliertes Netz; (Schutzerdung, FI-Schutzschaltung oder Schutzleitungssystem)

TN-System: geerdetes Netz; (Nullung)

TT-System: geerdetes Netz; (Schutzerdung, oder FI-Schutzschaltung)

Je nach der Anordnung des Schutzleiters werden drei Arten von TN-Systemen unterschieden:

TN-S-System: Schutzleiter und Neutralleiter im gesamten Netz getrennt geführt

TN-C-System: Schutzleiter und Neutralleiter im gesamten Netz in einem Leiter, dem PEN-Leiter zusammengefasst

TN-C-S-System: Schutzleiter und Neutralleiter in einem Teil des Netzes im PEN-Leiter zusammengefasst, in einem anderen Teil getrennt geführt

⁴ International Electrotechnical Commission
2011_09_ak_sicherheit_evus.docx



Die genannten Systeme sind in Bild 3-1 bis Bild 3-5 dargestellt.

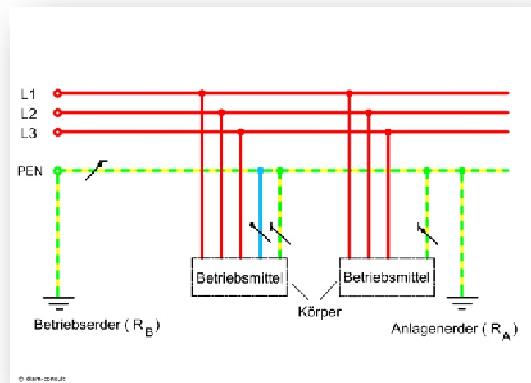


Bild 3-1 TN-C-System, Schutzleiter und Neutralleiter im gesamten Netz in einem Leiter, dem PEN-Leiter zusammengefasst

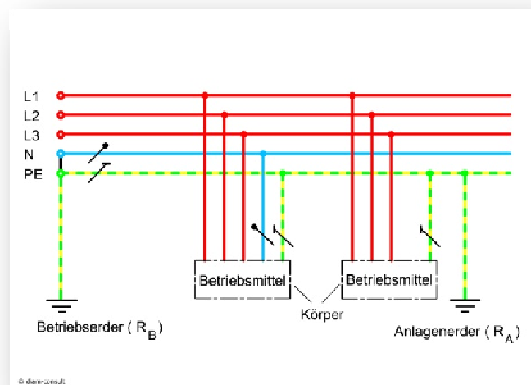


Bild 3-2 TN-S-System, Schutzleiter und Neutralleiter im gesamten Netz getrennt geführt

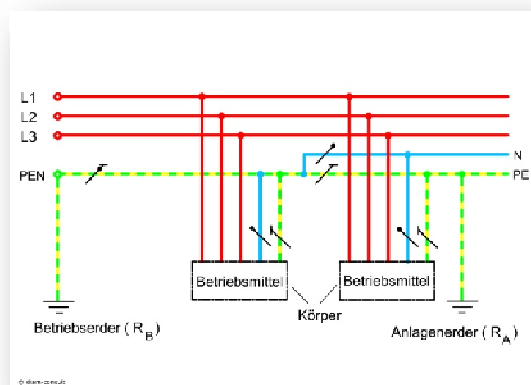


Bild 3-3 TN-C-S-System, Schutzleiter und Neutralleiter in einem Teil des Netzes im PEN-Leiter zusammengefasst, in einem anderen Teil getrennt geführt

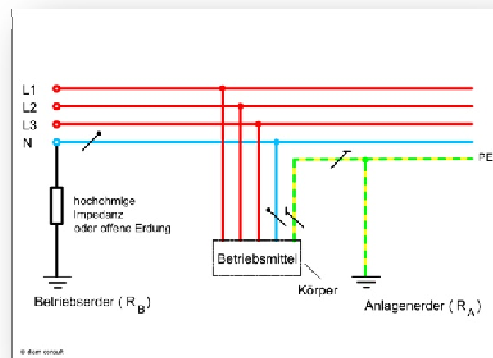


Bild 3-4 IT-System

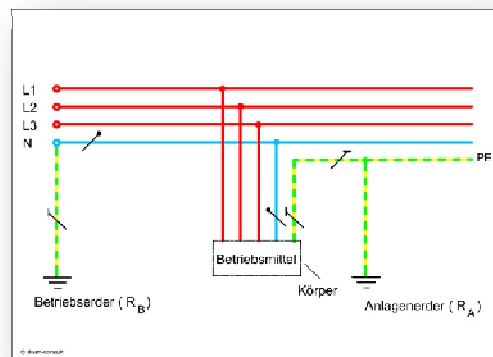


Bild 3-5 TT-System

4 (Dreistufiges) Schutzkonzept

Für das Verständnis des in ÖVE/ÖNORM E 8001-1 umgesetzten dreistufigen Schutzkonzepts ist es förderlich, die Bestimmungen für den Schutz gegen gefährliche Körperströme nach ihrer Bedeutung zu ordnen wobei diese Ordnung auch weitgehend der historischen Entwicklung entspricht.

Aus dieser historischen Entwicklung ergibt sich, dass der Basisschutz, also der Schutz gegen direktes Berühren, an erster Stelle stehen muss.

Er umfasst die Basisisolierung, durch die ein vollständiger Schutz erzielt wird, wenn die aktiven Teile vollständig mit einer Isolierung umgeben sind, die nur durch Zerstören entfernt werden kann. Auch Abdeckungen oder Umhüllungen bieten einen vollständigen Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile, wenn diese durch die jeweils vorgeschriebene Schutzart gegen Berühren geschützt sind.

Hindernisse stellen dagegen nur einen teilweisen Schutz gegen direktes Berühren dar. Sie schließen das Berühren durch bewusstes Umgehen des Hindernisses nicht aus. Konsequenterweise bildet auch der Schutz durch Abstand nur einen teilweisen Schutz gegen direktes Berühren im Handbereich.



Das Versagen des Basisschutzes kann auf zwei Arten erfolgen:

- Brechen Abdeckungen oder Umhüllungen aktiver Teile oder fehlen sie, dann können aktive Teile durch Menschen und Nutztiere direkt berührt werden. Der Schutz gegen diese Art von Fehlern, die ja optisch erkennbar sind, erfolgt durch sorgsamen Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und die sofortige Schadensbehebung (Instandsetzung) durch den Benutzer.
- Bricht jedoch die Basisisolierung auf andere, mit den menschlichen Sinnesorganen nicht wahrnehmbare, Art zusammen und stehen dadurch inaktive (leitfähige) Teile unter Spannung, dann müssen Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren als Fehlerschutz wirksam werden. Der Fehlerschutz in engerem Sinn besteht demnach aus den technischen Schutzmaßnahmen: Nullung, Fehlerstrom-Schutzschaltung, Schutzerdung, Schutzisolierung, Schutzkleinspannung, Funktionskleinspannung, Schutztrennung und Isolationsüberwachungssystem.

Die Erfahrung zeigt, dass infolge Unachtsamkeit Schäden an der Basisisolierung oft nicht behoben werden. Aber auch die Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren können versagen. Schutzleiter können unterbrochen oder verwechselt werden, auch schutzisolierte Geräte können Isolationsfehler aufweisen. Ebenso ist es möglich, dass elektrische Verbrauchsmittel in die Badewanne fallen.

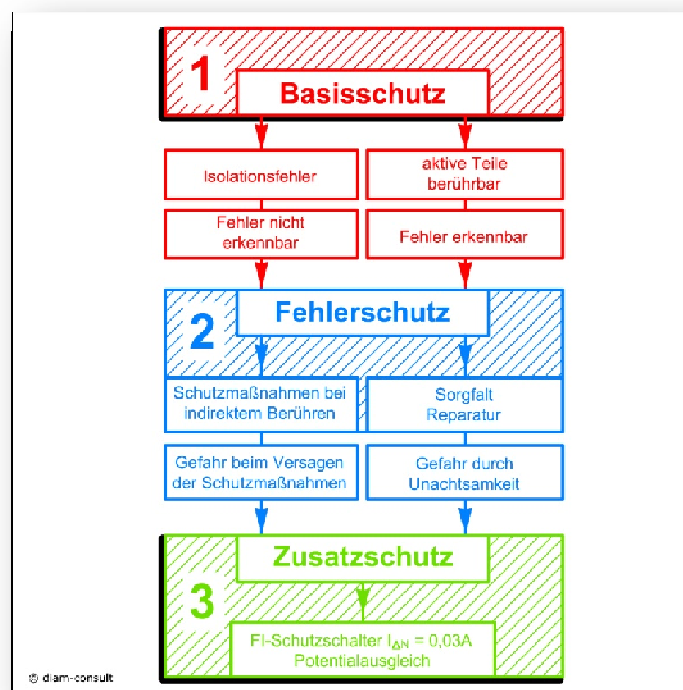


Bild 4-1: Dreistufiges Schutzkonzept gegen gefährliche Berührungsströme für Niederspannungsanlagen zur stufenweisen Minimierung des Restrisikos bei der Elektrizitätsanwendung



In diesen Fällen stellt der Zusatzschutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ ein technisches Mittel dar, eine dritte Barriere gegen den Elektrotod aufzubauen.

Aus diesen Erkenntnissen sollte der Zusatzschutz auch weltweit für alle ortsveränderlichen Betriebsmittel vorgesehen werden, also für Stromkreise, die Steckdosen enthalten, und für Anlagen besonderer Art, z. B. für Badezimmer, Schwimmb Becken und Unterrichtsräume mit Experimentierständen.

Damit ergibt sich ein kaskadenförmiges, dreistufiges Schutzkonzept, das in Bild 4-1 dargestellt ist.

Für die drei Sicherheitsebenen, bei deren konsequenter installationstechnischer Umsetzung das höchste vertretbare Risiko des elektrischen Unfalls in Niederspannungsanlagen unterschritten wird, ergeben sich somit folgende Begriffsbestimmungen:

4.1 Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)

sind alle Maßnahmen, die das Gefahr bringende Annähern von Personen oder Nutztieren an aktive Teile elektrischer Betriebsmittel oder das direkte Berühren derselben verhindern.

Es kann sich hierbei um einen vollständigen oder teilweisen Schutz handeln. Bei teilweisem Schutz besteht nur ein Schutz gegen zufälliges Berühren.

4.2 Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

sind alle Maßnahmen zum Schutz von Personen und Nutztieren vor Gefahren, die sich beim einfachen Isolationsfehler aus einer Berührung mit berührbaren oder fremden leitfähigen Teilen ergeben können.

4.2.1 Einteilung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren

Die *Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren* werden je nachdem, ob sie mit oder ohne Schutzleiter arbeiten, wie folgt eingeteilt:

Schutzmaßnahmen des Fehlerschutzes mit Schutzleiter (PE-Leiter)

- Nullung (Neutralleiter-Schutzerdung),
- Fehlerstrom-Schutzschaltung (Fehlerstrom-Schutzerdung),
- Isolationsüberwachungssystem,
- Schutzerdung (Überstrom-Schutzerdung)

Schutzmaßnahmen des Fehlerschutzes ohne Schutzleiter (PE-Leiter)

- Schutzisolierung,
- Schutzkleinspannung und Funktionskleinspannung,



- Schutztrennung (jedoch mit Potentialausgleichsleitern⁵ bei mehreren Betriebsmitteln).

4.3 Zusatzschutz (Schutz bei direktem Berühren⁶)

sind ergänzende Maßnahmen zum Verringern von Gefahren für Personen und Nutztiere, die sich ergeben können, wenn der Basisschutz und/oder der Fehlerschutz nicht wirksam sind/ist.

Dies wird durch den Einbau von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ oder durch den zusätzlichen Potenzialausgleich erreicht.

Welche Maßnahme des Zusatzschutzes (Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$, zusätzlicher Potenzialausgleich) anzuwenden ist, wird in den Bestimmungen ÖVE/ÖNORM E 8001 festgelegt. Die Wahlmöglichkeit ist nicht dem Errichter überlassen, auch kann aus der Einordnung beider Maßnahmen unter den Begriff Zusatzschutz nicht auf ihre risikotechnische Gleichwertigkeit geschlossen werden.

4.4 Wirksamkeit der angewendeten Schutzmaßnahmen

Die Fragestellung nach der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen schließt auch die Frage nach möglichen nachteiligen gegenseitigen Beeinflussungen der Schutzmaßnahmen ein.

Für die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen⁷ ist die dauerhafte, fachmännische Ausführung wesentlich. Dies trifft besonders auf die sorgfältige Installation des Schutzleiters zu. Die Körper der Betriebsmittel müssen dauerhaft und gut leitend mit dem Schutzleiter und dieser mit der Potenzialausgleichsschiene oder dem Fundamenterder bzw. dem PEN-Leiter verbunden sein.

Auch Betriebsmittel können Schutzmaßnahmen unwirksam machen. So führen Verlängerungsleitungen ohne Schutzleiter zum Versagen der Ausschaltvorrichtungen im Fehlerfall. Betriebsmittel, die im normalen Betrieb oder bei Isolationsfehlern Fehlerströme mit nicht-sinusförmigen Stromkomponenten erzeugen, können Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in ihrer Empfindlichkeit verändern (meist unempfindlicher machen) oder sogar dazu führen, dass Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen überhaupt nicht auslösen.

5 Wirksamkeit der Schutzmaßnahme Nullung

Damit die Schutzmaßnahme Nullung wirksam werden kann, sind einige Bedingungen einzuhalten. Es sind dies im Wesentlichen Ausschaltbedingungen und Erdungsbedingungen⁸.

⁵ Der Potenzialausgleichsleiter (PA-Leiter) ist eine elektrische Verbindung, die zum Herstellen des Potenzialausgleichs dient.

⁶ Die Bezeichnung „Schutz bei direktem Berühren“ ist vom Verfasser in konsequenter Weiterführung der für Basisschutz und Fehlerschutz getroffen. Diese Bezeichnung ist (noch) keine genormte Bezeichnung.

⁷ ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe 2000-03-01, Kapitel 5.6

⁸ Auf die Erdungsbedingungen in Verbraucheranlagen mit mehreren Stromquellen wird hier nicht näher eingegangen. Siehe dazu die Ausführungen in ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009, Abschnitt 10.2.2.4 sowie Anhang E.



Fehlerbehaftete Stromkreise müssen bei Auftreten eines Kurz- oder Körperschlusses mit vernachlässigbarer Impedanz innerhalb angemessener Zeiten⁹ ausgeschaltet werden. Dies erfolgt vorzugsweise mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen.

Hinsichtlich der zulässigen Ausschaltzeit bzw. entsprechender Ausschaltbedingungen werden die Anlagen wie folgt unterschieden:

- Verteilungsnetze¹⁰ bis zur ersten Überstrom-Schutzeinrichtung in der ersten Verteilung bei bzw. nach der Nullungsverbindung des zu speisenden Objektes,
- Verteilungsleitungen in Verbraucheranlagen, unabhängig von ihrem Nennstrom, sowie Endstromkreise mit mehr als 32 A Nennstrom,
- Endstromkreise bis einschließlich 32 A Nennstrom.

5.1 Ausschaltbedingung für Verteilungsleitungen in Verbraucheranlagen

Diese Bedingungen für Verteilungsleitungen in Verbraucheranlagen gelten auch für Endstromkreise mit Überstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennstrom über 32 A.

Für Verteilungsleitungen und für Endstromkreise mit einem Nennstrom über 32 A gilt eine zulässige Ausschaltzeit von 5 s.

Der einpolige Kurzschlussstrom bei einem Körperschluss muss durch Berechnung oder Messung der Impedanz der Fehlerschleife ermittelt werden. Die Einhaltung der Ausschaltzeit muss durch Vergleich des Ergebnisses mit der Charakteristik und dem Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung nachgewiesen werden.

Selbstverständlich können gleichwertig dazu auch die in Tabelle 5.1-1 dargestellten Ausschaltstromfaktoren in Verbindung mit nachstehend angegebener Bedingung verwendet werden.

$$Z_S \cdot I_A \leq U_N$$

- Z_S Impedanz der Fehlerschleife, ermittelt durch Rechnung oder Messung
 I_A Ausschaltstrom der jeweils vorgelagerten Überstrom-Schutzeinrichtung
 U_N Nennspannung gegen Erde

| Art der Überstrom-Schutzeinrichtung | Faktor m für Endstromkreise mit Nennstrom ≤ 32 A | Faktor m für Verteilungsleitungen und Endstromkreise > 32 A |
|---|---|---|
| Schmelzsicherungen bis 125 A gG ¹¹ | 10 | 3,5 |
| Leitungsschutzschalter Charakteristik B ¹² | 5 | 3,5 |
| Leitungsschutzschalter Charakteristik C ¹³ | 10 | 3,5 |
| Leitungsschutzschalter Charakteristik D ¹⁴ | 20 | 3,5 |

⁹ Die Grundlagen für die Festlegung der „angemessenen Zeiten“ bilden dabei die Erkenntnisse der Elektropathologie sowie die auf Basis dieser Erkenntnisse durchgeführten Risikobetrachtungen.

¹⁰ unabhängig ihrer Eigentumsituation

¹¹ gemäß ÖVE/ÖNORM EN 60269 Reihe

¹² gemäß ÖVE/ÖNORM EN 60898

¹³ gemäß ÖVE/ÖNORM EN 60898



| | |
|---|---|
| Leistungsschalter oder andere geeignete Schaltgeräte | Ausschaltstrom-Zeitverhalten muss den Anforderungen an die jeweils max. zulässigen Ausschaltzeiten entsprechen. |
| Für von B, C und D abweichende Kennlinien (Charakteristiken) ist m so zu wählen, dass die Magnetauslösung des Leitungsschutzschalters anspricht. Das Ausschaltstrom-Zeitverhalten muss den Anforderungen den jeweils max. zulässigen Ausschaltzeiten entsprechen. | |

Tabelle 5.1-1 Ausschaltstromfaktoren m (Faktor m) gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009

Der Ausschaltstrom I_A wird mithilfe der Beziehung:

$$I_A = m \cdot I_N$$

- I_A Ausschaltstrom der jeweils vorgelagerten Überstrom-Schutzeinrichtung
 m Ausschaltstromfaktor m (Faktor m)
 I_N Nennstrom der jeweils vorgelagerten Überstrom-Schutzeinrichtung

unter Verwendung der Werte für m aus Tabelle 5.1-1 errechnet.

5.1.1 Ausschaltbedingung für Endstromkreise bis einschließlich 32 A Nennstrom

Für Endstromkreise bis einschließlich 32 A Nennstrom gilt eine zulässige Ausschaltzeit

- von 0,4 s für Nennspannungen bis 230 V gegen Erde sowie
- von 0,2 s für Nennspannungen¹⁵ bis 400 V gegen Erde.

Der einpolige Kurzschlussstrom bei einem Körperschluss muss durch Berechnung oder Messung der Impedanz der Fehlerschleife ermittelt werden. Die Einhaltung der Ausschaltzeit muss durch Vergleich des Ergebnisses mit der Charakteristik und dem Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung nachgewiesen werden.

Selbstverständlich können gleichwertig dazu auch die o. a. Ausschaltbedingung und die in Tabelle 5.1-1 dargestellten Ausschaltstromfaktoren verwendet werden.

5.2 Das Problem „langer Leitungen“

Kann in einer Verbraucheranlage in langen Stromkreisen (nicht nur in Endstromkreisen) die jeweils zutreffende Ausschaltbedingung wegen einer zu hohen Impedanz der Fehlerschleifen im Verhältnis zur Charakteristik und Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtungen nicht eingehalten werden, dann darf, für den Fehlerschutz solcher Stromkreise, eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung¹⁶ verwendet werden, wenn für den betroffenen Stromkreis abweichend von Tabelle 5.1-1 mindestens ein Ausschaltstromfaktor von

$$m = 2,5$$

bezogen auf die jeweils vorgelagerte Überstrom-Schutzeinrichtung¹⁷ wirksam ist.

¹⁴ gemäß ÖVE/ÖNORM EN 60898

¹⁵ Für höhere Nennspannungen sind ergänzende Maßnahmen erforderlich! Zum Beispiel die Ausführung eines zusätzlichen Potenzialausgleichs.

¹⁶ gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2000, Abschnitt 12.1.1 unter Einhaltung der Bedingungen gemäß Abschnitt 12.1

¹⁷ Der geforderte Ausschaltstromfaktor $m = 2,5$ ist notwendig, um auch bei einem Fehler zwischen Außenleiter/Außenleiter oder Außenleiter/Neutralleiter eine zeitgerechte automatische Ausschaltung zu bewirken.



Ein allfällig notwendiger Zusatzschutz ist in diesen Fällen durch eine weitere Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit einem Nennfehlerstrom von $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ zu realisieren.

Ein Ausführungsbeispiel ist in Bild 5-1 angegeben.

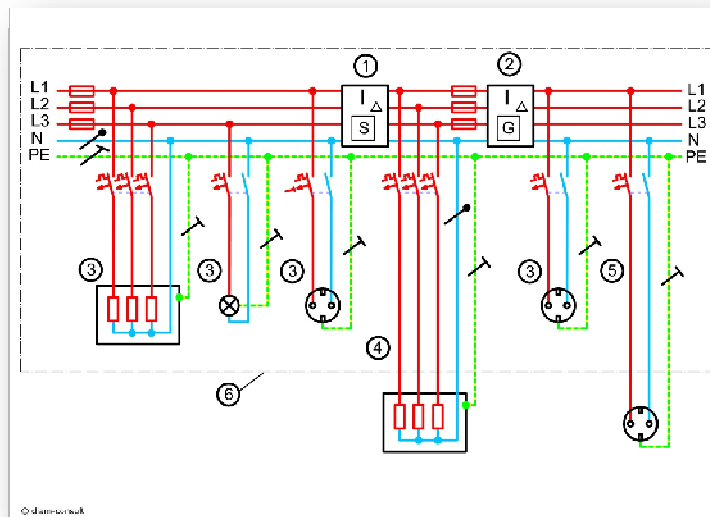


Bild 5-1 Beispiel für die zusätzliche Anwendung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung als Ausschaltvorrichtung bei Schutzmaßnahme Nullung

- 1 ... Fehlerstrom-Schutzschalter zur Erfüllung der Ausschaltbedingung für die Stromkreise 4 und 5
- 2 ... Fehlerstrom-Schutzschalter für den Zusatzschutz
- 3 ... Stromkreise, bei denen die Ausschaltbedingung durch die vorgeschalteten Überstrom-Schutzvorrichtungen erfüllt ist
- 4 ... Stromkreis ohne Steckdosen, bei dem die Ausschaltbedingung aufgrund der Leitungslänge nicht erfüllt ist, jedoch mindestens ein Ausschaltstromfaktor $m = 2,5$ eingehalten wird.
- 5 ... Stromkreis mit Steckdosen, bei dem die Ausschaltbedingung aufgrund der Leitungslänge nicht erfüllt ist, jedoch mindestens ein Ausschaltstromfaktor $m = 2,5$ eingehalten wird.
- 6 ... Bereich innerhalb dessen die Ausschaltbedingung aufgrund der Leitungslänge erfüllt ist

6 Schutzmaßnahme Schutztrennung und Ersatzstromversorgungsanlagen

6.1 Einleitung

Ersatzstromversorgungsanlagen sind Stromversorgungsanlagen, die die elektrische Energieversorgung von Teilen eines Niederspannungsnetzes, Verbraucheranlagen oder einzelnen Verbrauchsmitteln nach Ausfall oder Abschaltung der allgemeinen Stromversorgung übernehmen (manchmal auch als *Notstromanlagen* oder *Notstromaggregate* bezeichnet).

Diese können auch unabhängig von einem allgemeinen Verteilungsnetz betrieben werden. Sie bestehen aus Ersatzstromerzeugern z. B. aus einem Verbrennungsmotor und einem Generator. Generator und Verbrennungsmotor sind miteinander mechanisch gekoppelt; der



Verbrennungsmotor treibt den Generator, der Generator wandelt mechanische in elektrische Energie um, die für den Betrieb der Verbrauchsmittel zur Verfügung steht.

Der Einsatz solcher Notstromaggregate ist auf jene Fälle begrenzt, wo für vergleichsweise kurze Zeiträume elektrische Energie benötigt wird; z. B. bei Unfällen, Einsätzen von Feuerwehr oder Rettungsdiensten, Arbeiten mit handgeführten Elektrowerkzeugen ohne Möglichkeit des Anschlusses an andere Stromquellen, etc.

Sicherheitsstromquellen (wie z. B. für Krankenanstalten etc.) werden hier bewusst nicht behandelt. Sie fallen hier nicht unter den hier verwendeten Begriff „Notstromaggregat“.

6.2 Risikobetrachtung und Schutzmaßnahmen

Risikotechnisch betrachtet entsteht ab dem Zeitpunkt der Einrichtung eines Systems bestehend aus Notstromaggregat, Anschlussleitungen und Betriebsmittel (Beleuchtungseinrichtungen, Elektrowerkzeuge..) ein elektrische (Niederspannungs-) anlage.

In dieser Anlage sind Schutzmaßnahmen vorzusehen, die verhindern müssen, dass es zu gefährlichen elektrischen Schlägen für Menschen und Nutztiere kommt.

In der überwiegenden Zahl der Fälle werden in solchen Systemen die Vorteile der *Schutzmaßnahme Schutztrennung*¹⁸ für die Praxis genutzt.

6.3 Schutzmaßnahme Schutztrennung

Die Schutzmaßnahme *Schutztrennung* ist mit der Schutzmaßnahme *Schutzkleinspannung* verwandt.

Wie bei der Schutzkleinspannung wird bei der Schutztrennung das zu schützende Gerät durch einen Trenntransformator oder eines hinsichtlich der elektrischen Trennung gleichwertigen Motorgenerators (früher auch als Trennstromquelle bezeichnet) vom speisenden Netz getrennt.

Während bei der Schutzkleinspannung die Betriebsspannung der geschützten Anlage mit 50 V Wechselspannung begrenzt ist, kann Schutztrennung in Netzen mit Nennspannungen bis höchstens 690 V Wechselspannung eingesetzt werden. Die Nennspannung auf der Sekundärseite des Trenntransformators oder Motorgenerators darf jedoch nicht mehr als 500 V (Leiter-Leiter-Spannung) betragen.

Dies macht die Verwendung von *Schutztrennung auch für Notstromaggregate interessant*, da eine maximal zulässige Nennspannung von 500 V in der Regel auch für den Betrieb leistungsstarker Verbraucher ausreicht.

Eine weitere Konsequenz des im Vergleich zur Schutzkleinspannung größeren Wertes der zulässigen sekundärseitigen Nennspannung ist jedoch, dass beim Vorliegen von zwei

¹⁸ OVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe 2000-03-01, Abschnitt 13



Geräten mit Körperschluss mit verschiedenen Außenleitern die Berührungsspannung für den Menschen gefährliche Werte annehmen kann¹⁹.

Aus diesem Grund darf bei Schutztrennung entweder nur ein einziges Verbrauchsmittel an die (Trenn-)stromquelle angeschlossen werden oder, wenn mehrere Verbrauchsmittel angeschlossen werden sollen, müssen diese *durch einen Potenzialausgleichsleiter* miteinander verbunden werden.

6.3.1 Wodurch ergibt sich die Schutzwirkung der Schutztrennung?

In Systemen mit *Schutztrennung* ist der *Sekundärkreis galvanisch vom speisenden Netz getrennt*.

Beim Berühren eines aktiven Teiles kann, infolge der großen Isolationswiderstände und kleinen Kapazitäten (Z_E sehr groß) des Sekundärkreises gegen Erde, praktisch kein Strom (I_B sehr klein) über den Menschen fließen (Bild 6-1).

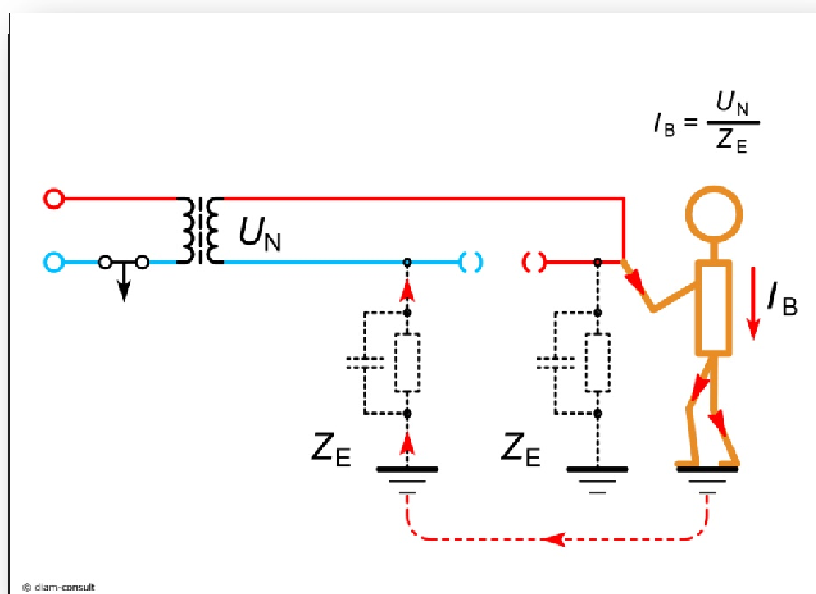


Bild 6-1 Verhinderung von Gefahr auch beim direkten Berühren schutzgetrennter aktiver Teile

6.3.2 Maßnahmen im Sekundärkreis

Der Sekundärkreis, d. h. jene(r) Stromkreis(e), die durch u. a. durch die Anschlussleitungen der Verbrauchsmittel gebildet werden, darf weder geerdet noch mit anderen Anlagenteilen leitend verbunden werden.

Allgemein ist in ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe 2000-03-01, Abschnitt 13 gefordert, dass die Schutzkontakte von Steckdosen sowohl von den berührbaren Teilen als auch von den nicht berührbaren aktiven und inaktiven Teilen der Trennstromquelle sicher elektrisch getrennt sein müssen.

¹⁹ Im Vergleich dazu können in einer Anlage mit Schutzmaßnahme Schutzkleinspannung nur Berührungsspannungen bis maximal 50 V a.c. auftreten.



Durch diese Forderungen wird bei Verwendung eines Trenntransformators oder Motor-
generators einer Spannungsverschleppung vorgebeugt, die dann auftreten könnten, wenn
bei einem primärseitigen Isolationsfehler Fehlerspannungen vom speisenden Netz her an-
stehen.

Beim *Notstromaggregat* wird der Generator durch einen Verbrennungsmotor angetrieben,
die im vorstehenden Absatz genannte Gefahr der Spannungsverschleppung besteht daher
nicht. Durch die Verbindung des Potenzialausgleichsleiters mit dem Generatorgehäuse
können bei Isolationsfehlern keine Spannungsdifferenzen zwischen den Geräten und dem
Generator entstehen.

Der Fehlerstrom bei einpoligem Erdschluss im Sekundärstromkreis darf höchstens 30 mA
sein. Diese Anforderung gilt als eingehalten, wenn das Produkt aus Nennspannung in Volt
und Leitungslänge in Meter den Wert von 100 000 nicht überschreitet. Es wird empfohlen,
wegen der Gefahr von Leitungsbeschädigungen die (*Gesamt-*)*Leitungslänge auf 500 m* zu
beschränken. Anderenfalls ist für ausreichenden mechanischen Leitungsschutz und über-
sichtliche Leitungsverlegung zu sorgen.

Bei Anwendung der Schutzmaßnahme Schutztrennung müssen ortsveränderliche Motoren-
generatoren durch Schutzisolierung geschützt sein. Durch Verbrennungskraftmaschinen
angetriebene Motorgeneratoren (Notstromaggregate) bilden hier eine Ausnahme.

Bei Arbeiten in begrenzten leitfähigen Räumen (z. B. Rohrleitungen, Kessel und Tanks, Be-
hältern, feuchte Kanäle, Stollen) müssen die zur Erzeugung der Schutztrennung verwendeten
Einrichtungen außerhalb des zu schützenden Raumes aufgestellt werden; dadurch können
Spannungsverschleppungen verhindert werden.

Voraussetzung für eine einwandfreie Schutztrennung bilden gute Anschluss- und Ver-
bindungsleitungen. Flexible Leitungen müssen die mindestens der Ausführung schwere
Gummischlauchleitung (GMSuö, H07RN-F bzw. A07RN-F) oder mittlere PVC-Schlauchleitung
entsprechen.

Bei Verwendung der Schutztrennung ohne Potenzialausgleichsleiter darf nur ein Gerät pro
Trennstromquelle angeschlossen werden. Die am meisten verwendeten ortsveränderlichen
Trennstromquellen besitzen *eine* fest eingebaute Steckdose, die keine Schutzkontakte hat,
oder deren Schutzkontakte nicht angeschlossen sind (Bild 6-2).

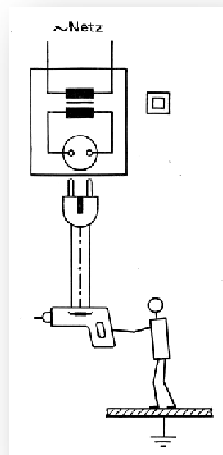


Bild 6-2 Trennstromquelle mit einem angeschlossenen ortsveränderlichen Betriebsmittel

Bei Verwendung der Schutztrennung mit Potenzialausgleichsleiter darf mehr als ein Gerät pro Trennstromquelle angeschlossen werden (Bild 6-3). Darüber hinaus ist die Längenbegrenzung der Leitungen des Sekundärkreises zu beachten. Das Produkt aus Nennspannung in Volt und Leitungslänge in Meter im Sekundärkreis darf den Wert von 100000 nicht überschreiten.

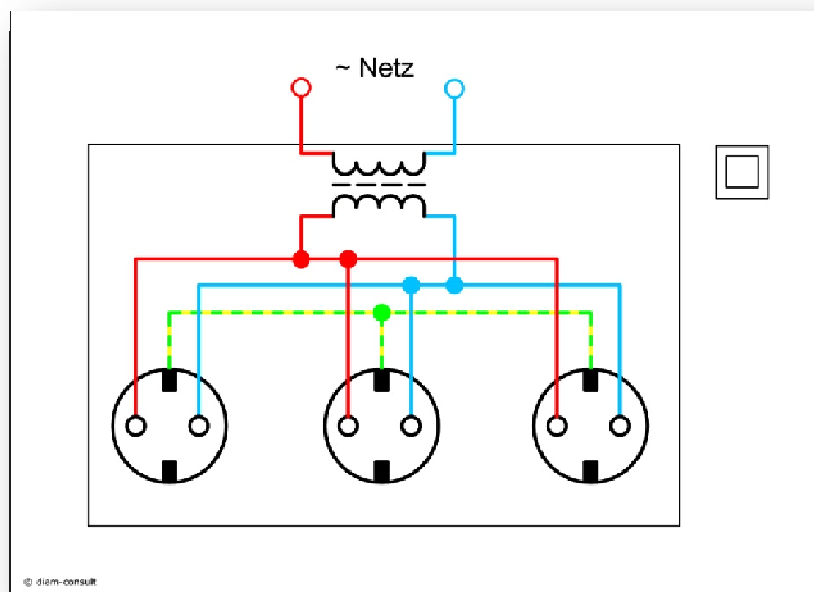


Bild 6-3 Trennstromquelle für den Anschluss von drei ortsveränderlichen Betriebsmitteln

Die Längenbegrenzung der Leitungen ist wegen der Übersichtlichkeit wie auch wegen der Leiterkapazitäten gegen Erde, die bestimmte Maximalwerte nicht überschreiten dürfen, erforderlich.

Der Vorteil der Schutztrennung besteht darin, dass - infolge der größeren Sekundärspannung - auch leistungsstarke Geräte (z. B. Betonrüttler) geschützt werden können.



Die Schutztrennung ist daher besonders für den Schutz einzelner leistungsstarker Verbraucher geeignet. Darüber hinaus besteht der Vorteil, dass die Geräte in ihren normalen Ausführungen zum Einsatz kommen können (Werkzeuge mit Betriebsspannung 230 V). Beim Betrieb dieser Geräte über den Trenntransformator ist der *Schutzleiter* (diese Geräte verfügen im Regelfall über einen Schutzkontaktstecker) *nicht in Funktion*. Das Gerät wird über eine Steckdose betrieben, bei der der Schutzkontakt nicht angeschlossen ist oder über diesen nur der Potenzialausgleich hergestellt wird.

6.3.3 Schutztrennung für Service- und Montagearbeiten

Die Schutztrennung ist neben der Schutzkleinspannung und der Schutzisolierung als Schutzmaßnahme bei Arbeiten auf Stahlgerüsten, in Kesseln, Behältern, usw. zugelassen.

Bei besonderer Gefährdung, wie sie z. B. bei elektrisch leitendem Standort vorliegt (in Kesseln, Stahlgerüsten, Schiffsrümpfen,...) ist bei Verwendung der Schutzmaßnahme Schutztrennung zusätzlich zu beachten, dass die Gehäuse der zu schützenden Betriebsmittel der Schutzklasse I mit dem Standort leitend verbunden werden müssen (zusätzlicher Potenzialausgleich).

Diese Verbindung soll außerhalb der Zuleitung deutlich sichtbar geführt werden.

Zweckmäßig ist die Verwendung eines Kupferleiters von mindestens 4 mm² Querschnitt, versehen mit einer geeigneten Schraubbacke zum Festklemmen am Werkzeug und an einem Metallteil des Standortes (Bild 6-4).

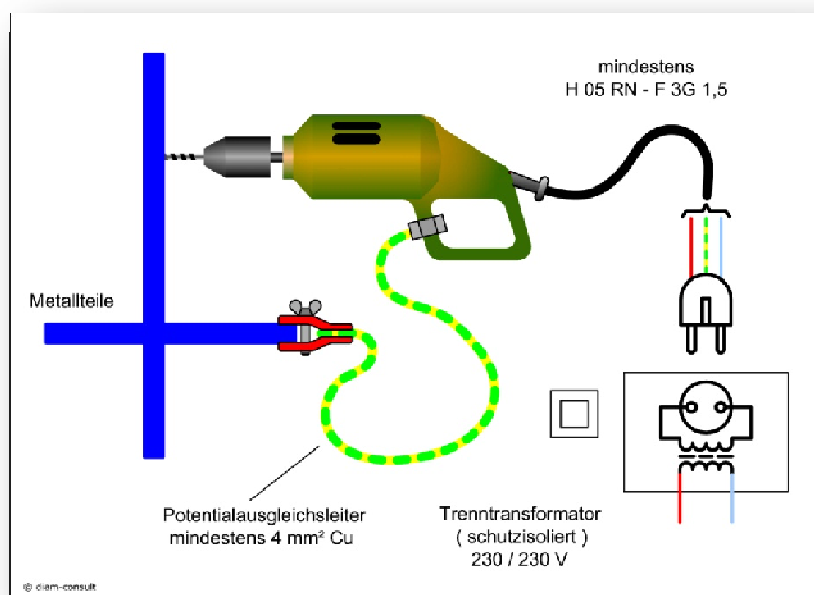


Bild 6-4 Schutztrennung als Schutzmaßnahme bei Arbeiten auf Stahlgerüsten, in Kesseln, Behältern usw. mit zusätzlichem Potenzialausgleich

Das Verbinden des Potenzialausgleichsleiters mit dem Standort genügt ebenfalls. Bei solchen Arbeiten ist der Trenntransformator oder der Motorgenerator geschützt und womöglich außerhalb des unmittelbaren Arbeitsbereiches aufzustellen.



6.3.4 Wann wirkt die Schutztrennung nicht?

Beim Betrieb von Geräten mit Schutztrennung ist besonders darauf zu achten, dass an Leitungen auf der schutzgetrennten Seite (Sekundärstromkreise) der Anlage kein Erdschluss entsteht. Daraus ergeben sich folgende Forderungen:

- Trennstromquelle in der Nähe der Betriebsmittel aufstellen.
- Verbindungsleitungen möglichst kurz halten.

Ein Erdschluss im geschützten Anlagenteil (z. B. blanke Leitung des Sekundärstromkreises berührt feuchtes Erdreich), d. h. ein Körperschluss einer Anschlussleitung mit der leitfähigen Umgebung des Standortes, *setzt die Schutzwirkung der Schutztrennung außer Funktion*.

Gefährliche Berührungsspannungen sind in jenen Fällen die unmittelbare Folge, wenn das geschützte Gerät zufällig einen Körperschluss mit einem anderen Außenleiter aufweist; in diesen Fällen wird die volle Betriebsspannung des Trenntransformators als Berührungsspannung wirksam (Bild 6-5).

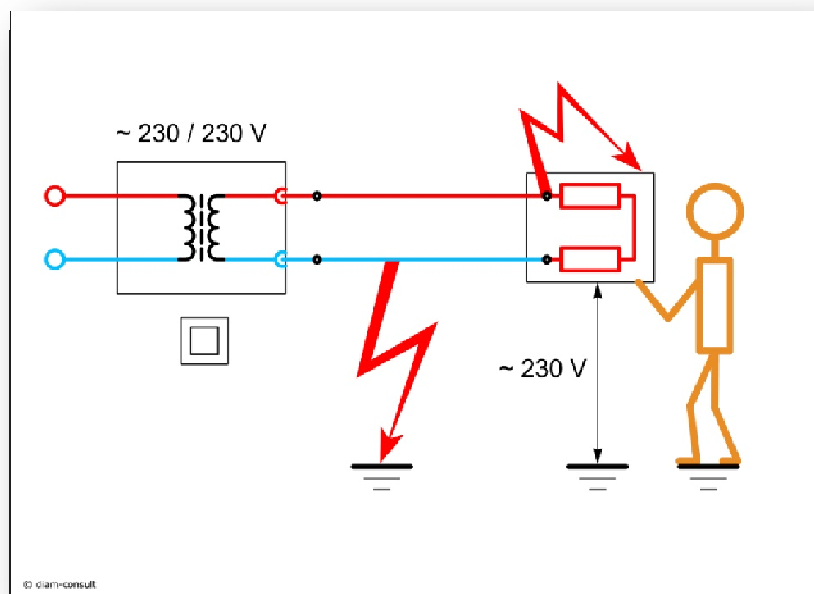


Bild 6-5 Gefährliche Berührungsspannungen bei der Schutztrennung infolge einer schadhaften Anschlussleitung mit Erdschluss

6.3.5 Zusammenfassung

Die Schutzmaßnahme *Schutztrennung* stellt – sorgfältige Einhaltung einiger weniger Bestimmungen wie

- Verwendung normkonformer (unbeschädigter) Notstromaggregate als Trennstromquelle
- maximale Leitungslänge 500 m
- hochwertiges, nicht beschädigtes Leitungsmaterial
- sorgfältig ausgeführter Potenzialausgleich



➤ Verwendung betriebssicherer, geprüfter Verbrauchsmittel (Arbeitsmittel)

vorausgesetzt - eine wirkungsvolle Schutzmaßnahme für den Schutz gegen gefährliche Körperströme dar.

Insbesondere beim Einsatz von Notstromaggregaten für den mobilen Einsatz kann Schutz-trennung wirksam zum Einsatz kommen.

7 Prüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

Die Wirksamkeit der eingesetzten Schutzmaßnahmen ist nach Fertigstellung (bzw. schon während der Errichtung) der elektrischen Anlage zu prüfen. Die Ergebnisse der Prüfungen sind zu dokumentieren. Einen Überblick über die erforderlichen Prüfungen gibt Bild 7-1.

| Abschnitt von ÖVE/ÖNORM E 8001-1 | Prüfung | Besichtigung | Durchgängigkeit PA- und PE-Leiter | Isolationswiderstand | Trennung der Stromkreise | Fußboden- und Wandimpedanzen | Widerstand der Erder | Fehlertspannung | Prüfung der Charakteristik der Fehlerstrom-Schutzschalter | Auslösezeit | Fehlerschleifenimpedanz | polrichtiges Schalten | Funktionsprüfung | Drehfeld | Fehlerstrom | Anmerkung |
|----------------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------|---|-------------|-------------------------|-----------------------|------------------|----------|-------------|---|
| | | 5 | 6.2 | 6.3 | 6.4 | 6.5 | 6.6.1b)(1) | 6.6.1b)(1) | 6.6.1b)(2) | 6.6.1b)(2) | 6.6.3 | 6.7 | 6.9 | 6.11 | 6.6.1 c | |
| - | Allgemein | X | X | X | | | | | | | X | X | X | | | |
| 6.1 | Zusatzschutz | X | X | | | | X* | X* | X | X | X* | | | | | Ausschaltbedingung siehe E 6.6.3 b) |
| 7.4 | Standortisolierung | X | | | | X | | | | | | | | | | |
| 8.2 | Schutzkleinspannung | X | | X | X | | | | | | | | | | | |
| 8.3 | Funktionskleinspannung | X | X | X | X | | | | | | | | | | | |
| 9 | Schutzerdung | X | X | X | | | X* | X* | | | X* | | | | | Ausschaltbedingung |
| 10 | Nullung | X | X | X | | | | | | | X | | | | | Ausschaltbedingung |
| 11 | Isolationsüberwachungssystem | X | X | X | | | X | | | | X | | | | X | Doppelkörperschluss-Ausschaltbedingung Isolationswächter |
| 12 | Fehlerstrom-Schutzschaltung | X | X | X | | | X* | X* | X | X | X* | | | | | Ausschaltbedingung $R_A \leq 100 \Omega$ |
| 13 | Schutztrennung | X | X | X | X | | | | | | | | | | | Potentialausgleichsleitung einpoliger Erdschlussstrom $\leq 0,03 A$ |

X* wahlweise (entweder / oder)

Bild 7-1 Überblick über die Prüfung von Schutzmaßnahmen gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-6-61:2001-07-01



8 Baustellen, Provisorien und verwandte Bereiche

Baustellen sind Räume oder Orte, in oder an denen Hochbau- oder Tiefbauarbeiten sowie Metallbaumontagen u. Ä. durchgeführt werden.

Der *Charakter einer Baustelle* ist jedoch solange nicht gegeben, als an Wandsteckdosen lediglich

- Handleuchten
- jeweils einzeln verwendete handgeführte Elektrowerkzeuge (z. B. Bohrmaschinen,...)
- jeweils einzeln andere Geräte wie Lötkolben, Kleinschweißgeräte, ...
- eine Mischmaschine, diese jedoch geschützt über einen Fehlerstrom-Schutzschalter $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ oder durch eine Schutzmaßnahme ohne Schutzleiter (z. B. Schutztrennung), betrieben werden.

8.1 Schutzmaßnahmen

In den von Baustromverteilern gespeisten Stromkreisen sind eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen des Fehlerschutzes vorzusehen:

- Nullung
- Fehlerstrom-Schutzschaltung
- Schutzisolierung
- Schutzkleinspannung
- Schutztrennung.

Bei Anwendung der Fehlerstrom-Schutzschaltung oder Nullung ist für Stromkreise mit Steckdosen bis Nennstrom 32 A der Zusatzschutz mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom von $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ anzuwenden.

Bei Anwendung der Fehlerstrom-Schutzschaltung darf der Nennfehlerstrom der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung für den Fehlerschutz höchstens 0,5 A (500 mA) betragen.

Bei Anwendung einer Serienschaltung von Fehlerstromschutzschaltern ist der netzseitige Fehlerstrom-Schutzschalter in stoßstromfest-selektiver Ausführung (S-Typ) zu wählen.

Generell müssen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen verwendet werden, die für den Betrieb bei einer Umgebungstemperatur bis -25 °C geeignet sind.

8.2 Einrichtungen zum Freischalten

- Die Anlage muss durch einen oder mehrere jederzeit zugängliche und gekennzeichnete Schalter freischaltbar sein.
- Die Schaltstellung muss erkennbar sein



- Einrichtungen zum Freischalten müssen in der AUS-Stellung gesichert werden können
- Fehlerstrom-Schutzschalter dürfen zum Freischalten verwendet werden

8.3 Speisepunkte, Baustromverteiler

Betriebsmittel auf Baustellen müssen von besonderen Speisepunkten aus versorgt werden.

Unter einem Speisepunkt versteht man die Verbindungsstelle zwischen der allgemeinen Stromversorgung und der Baustelleninstallation.

Diese Verbindungsstelle kann

- der Baustromverteiler²⁰, für den die anerkannten Regeln der Technik ÖVE-IM/EN 60439-1, ÖVE-IM/EN 60439-4 gelten,
- der Baustelle zugeordnete Abzweige von vorhandenen ortsfesten Verteilanlagen oder Transformatoren mit galvanisch getrennten Wicklungen sowie
- ein Ersatzstromerzeuger

sein.

Der Baustromverteiler enthält alle notwendigen Einrichtungen, insbesondere die Steckvorrichtungen für die Verteilung, die Fehlerstromschutzschalter, die Hauptsicherung und die plombierbare Zählertafel und Anschlusssicherung.

Die Gehäuse von Baustromverteilern können entweder aus Metall oder aus Isolierstoff bestehen.

Die Schutzart von allen Teilen des Baustromverteilers muss mindestens IP 44 sein, bei geschlossenen Türen und eingebauten, Tafeln und Abdeckungen. Belüftungs- und Entwässerungsstutzen (Löcher) dürfen die Schutzart nicht reduzieren. Die Schutzart einer Bedienungsfront hinter einer Tür darf nicht geringer sein als IP 21, vorausgesetzt, die Tür kann in jeder Betriebssituation geschlossen werden. Wenn die Tür nicht geschlossen werden kann, muss die Schutzart der Bedienungsfront mindestens IP 44 sein.

Steckdosenkombinationen, die nicht durch das Gehäuse des Baustromverteilers geschützt sind, müssen mindestens der Schutzart IP 44 genügen, gleichgültig, ob der Stecker herausgezogen oder vollständig eingeführt ist.

Kunststoffbeschichtete Metallverteiler sind wegen des großflächigen Berührungsschutzes und der Unbrennbarkeit sicherheitstechnisch besonders vorteilhaft. Bei Metallgehäusen muss die Anschlussleitung netzseitig von der Einführungsstelle in den Verteiler bis zu den Eingangsklemmen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (bei Anwendung der Schutzmaßnahme Fehlerstrom-Schutzschaltung) den Bestimmungen der Schutzisolierung entsprechen.

²⁰ Der Baustromverteiler muss verschließbar, in witterungsbeständigem Material ausgeführt und regengeschützt sein. Holzkästen, erfüllen die Anforderungen an Baustromverteiler nicht; wo sie (noch) vorhanden sind, sind sie durch vorschriftsmäßige Baustromverteiler zu ersetzen.



Aus Sicherheitsgründen sollten auf Baustellen als Überstrom-Schutzeinrichtungen immer Leitungsschutzschalter (oder Leistungsschalter) verwendet werden. Durch die rasche Wiedereinschaltbarkeit im Störfall reduziert man dadurch auch die Zeit des Betriebsausfalles auf das mögliche Minimum.

Besondere Gefährdung ist dann gegeben, wenn die elektrischen Betriebsmittel beim Arbeiten in der Hand gehalten und infolge Feuchtigkeit der Körperwiderstand des Bedienenden stark herabgesetzt ist. In diesen Fällen wird als Schutzmaßnahme Schutzkleinspannung oder Schutztrennung dringend empfohlen.

So sind bei Betrieb von Nassschleifmaschinen und Betonrüttlern, die betriebsmäßig umfasst werden, Trenntransformatoren einzusetzen, die schutzisoliert und ortsveränderlich sind (ÖVE-EN 1, Teil 2, § 33).

Als weitere wichtige Schutzmaßnahme für Verbrauchsmittel (Geräte) ist die Schutzmaßnahme Schutzisolierung zu erwähnen; diese ist – soweit möglich - auf Baustellen bei Elektrowerkzeugen, Schaltgeräten und Leuchten anzuwenden.

Die regelmäßige Wartung und wiederkehrende Prüfung gemäß ÖVE/ÖNORM E 8701-1 bzw. E 8701-2-2 ist hier wesentlicher, integrierter Bestandteil des Schutzkonzepts.

8.4 Installationsregeln

Auf Baustellen dürfen *ungeschützte und beweglich verlegte* Leitungen nur als gummiisolierte Leitungen ausgeführt sein. Leitungen mit Kunststoffmantel sind nicht anzuraten, weil diese im Winter bei tiefen Temperaturen zu Schwierigkeiten führen. Es sind also Leitungen des Typs H07RN-F bzw. A07RN-F (GMSuö) zu verwenden. Wegen der großen mechanischen Beanspruchungen ist auch nur die schwere Ausführung zulässig.

Hinsichtlich ihrer Beanspruchbarkeit gleichwertige Leitungen und Kabel müssen eine Kältebeständigkeit von mindestens -25 °C für Transport, Verlegung und Bewegung im Betrieb haben und mit mindestens „K25“ gekennzeichnet sein.

An Stellen, an denen die Leitungen besonders beansprucht werden können, sind diese besonders zu schützen, z. B. durch Hochlegen oder Abdecken. Kupplungs- und Verbindungsstellen von hochgelegten und freihängenden Leitungen sind vom Zug zu entlasten.

Blanke Einzelleitungen, auch mit Umhüllung, müssen so verlegt sein, dass sie auch von Gerüsten und einzelnen Stellen des Bauwerks aus nicht direkt berührt werden können.

Freileitungsmaste von Baustellenanlagen sind so aufzustellen, dass sie den mechanischen Beanspruchungen des Baustellenbetriebes genügen.

Für Elektrowerkzeuge und Handleuchten sind mindestens Leitungen des Typs H05RN-F (GMLuö) zu verwenden. Hier ist vor allem auf die jeweiligen Gerätebestimmungen zu achten, die teilweise Leitungen des Typs H07RN-F bzw. A07RN-F (GMSuö) vorschreiben²¹.

²¹ Vorsicht beim Ersatz von solchen Anschlussleitungen im Zuge von Wartung und Reparatur!!



Weiters ist dringend zu empfehlen, für die Verlängerungsleitungen, z. B. für Elektrowerkzeuge, Kabelroller („Aufwickeltrommeln“) einzusetzen. Viele Schäden an Leitungen entstehen aus Erfahrung dadurch, dass die Leitungen (ungeschützt) auf dem Boden liegen und so schweren mechanischen Belastungen ausgesetzt sind.

Besonders gefährlich (und daher verboten!) ist es, Leitungen noch dann zu verwenden, wenn sich deren Gummimantel schon gelöst hat, sodass einzelne Adern ungeschützt frei zugänglich sind.

Eine solche Leitung ist dann nicht mehr schutzisoliert!! Auch das Verknoten der Leitungen ist verboten. Auf den Knickschutz an den Einführungsstellen zu den Geräten ist besonders zu achten.

8.5 Installationsmaterial und Verbrauchsgeräte

Installationsschalter, Steckvorrichtungen, Abzweigdosen u. dgl. müssen mindestens IP X4 (spritzwassergeschützt) sein. Auf Baustellen dürfen nur genormte Steckvorrichtungen verwendet werden.

Drehstrom-Steckvorrichtungen (Industriesteckvorrichtungen) müssen fünfpolig ausgeführt sein und sind so anzuschließen, dass die Phasenfolge dem Uhrzeigersinn entspricht, wenn man die Steckdose von vorne betrachtet.

Die Gehäuse aller Steckvorrichtungen müssen aus Isolierstoff bestehen.

Schalt- und Steuergeräte, Anlass- und Regelwiderstände sowie Transformatoren und Maschinen müssen, sofern sie außerhalb von Schaltanlagen und Verteilern angeordnet sind, mindestens der Schutzart IP 44 entsprechen.

Elektromotorisch betriebene Geräte und Maschinen müssen zum In- und Außerbetriebsetzen mit zugeordneten Schaltern, die alle Außenleiter schalten, schaltbar sein. Solche Schalter sind an zugänglichen Stellen anzuordnen, die vom Stand des Bedienenden aus leicht erreichbar sind.

Bei Elektrowerkzeugen genügt eine Ausschaltvorrichtung, die das Außerbetriebsetzen des Gerätes bewirkt. Das Freischalten kann mit der Steckvorrichtung erfolgen.

Leuchten, ausgenommen solche für Schutzkleinspannung, sollten mindestens in Schutzart IP X2 (regengeschützt), Handleuchten, ausgenommen solche für Schutzkleinspannung, sollten mit Schutzart IP X5 (strahlwassergeschützt) ausgeführt sein.

9 Begrenzte, leitfähige Räume

Ein „begrenzter“ und „leitfähiger“ Raum ist ein Bereich, dessen Wände im Wesentlichen aus Metall oder anderen entsprechend leitfähigen Materialien bestehen, und dessen räumliche Ausdehnung so gering ist, dass eine großflächige Berührung zwischen dem menschlichen Körper und den leitfähigen Teilen in der Regel unvermeidlich ist.

Beispiele sind Behälter, Rohrleitungen, Kessel und Tanks, feuchte Kanäle und Stollen.



9.1 Elektrische Gefährdungen, Schutzmaßnahmen

In begrenzten leitfähigen Räumen wird zumeist in sitzender, kniender oder sogar liegender Haltung gearbeitet (z. B. im Zuge von Revisionen). Wegen der großflächigen Berührungen kann es selbst bei wirksamen „klassischen“ Schutzmaßnahmen im Fehlerfall zu gefährlichen Strömen über den menschlichen Körper kommen.

Daher gelten für diese Bereiche besondere Bestimmungen:

- Als flexible Anschlussleitungen dürfen nur schwere Gummischlauchleitungen (GMSuö, H07RN-F bzw. A07RN-F) verwendet werden²².
- Kupplungs-Steckvorrichtungen müssen Gehäuse aus Isolierstoff besitzen.
- In Verlängerungsleitungen dürfen keine Schalter eingebaut sein. Ein Ausschalter direkt am Arbeitsort wird empfohlen.
- Die Handgriffe von Geräten sollen aus Isolierstoff bestehen bzw. mit einem Isolierstoffüberzug versehen sein.

| bei Stromversorgung von ortsfesten Betriebsmitteln | bei Stromversorgung von tragbaren Elektrowerkzeugen, Handleuchten und Messgeräten |
|---|---|
| Schutzkleinspannung ¹⁾ | Schutzkleinspannung ¹⁾ |
| Schutztrennung ¹⁾ | Schutztrennung ¹⁾ |
| Fehlerstrom-Schutzschaltung ²⁾ | - |
| Nullung ²⁾ | - |
| Schutzerdung ^{2) 3)} | - |
| Isolationsüberwachungssystem ²⁾ | Isolationsüberwachungssystem |
| ¹⁾ Die für die Erzeugung der Schutzkleinspannung oder Schutztrennung verwendeten Einrichtungen müssen sich außerhalb des begrenzten leitfähigen Raumes befinden. ²⁾ Zur Verbindung der Körper ortsfester Betriebsmittel mit den leitfähigen Teilen des Raumes ist ein zusätzlicher Potenzialausgleich zu errichten. ³⁾ Der Fehlerschutzmaßnahme Schutzerdung kommt heutzutage praktisch keine Bedeutung mehr zu. | |

Tabelle 2 Fehlerschutzmaßnahmen in begrenzten leitfähigen Räumen

9.2 Basisschutz

Die Möglichkeit den Basisschutz mittels Hindernissen oder durch Abstand auszuführen, ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht zulässig (und wohl auch kaum möglich).

9.3 Fehlerschutz

Abhängig von der Art der Betriebsmittel dürfen die in Tabelle 2 angegebenen Fehlerschutzmaßnahmen zur Anwendung kommen, wobei Schutzkleinspannung oder Schutztrennung der Vorzug zu geben ist.

Bei Verwendung von Schutzkleinspannung fordern die Bestimmungen, dass der Basisschutz entweder durch Abdeckungen oder Umhüllungen mindestens der Schutzart IP 2X oder durch

²² Hinsichtlich der Beanspruchbarkeit gleichwertige Leitungen (z. B. ölbeständige schwere PVC-Schlauchleitung, AT-N07V3V3-F, sogenannte „Baustellenleitungen“) ist vom Hersteller der Leitung eine Erklärung der „Gleichwertigkeit“ vorzulegen!



eine Isolierung, die einer Prüfspannung von DC 500 V eine Minute lang standhält, sichergestellt sein muss. Diese Forderung aufgrund der aktuellen Festlegungen für Schutzkleinspannung automatisch abgedeckt.

Sofern bei bestimmten Betriebsmitteln eine Betriebserdung erforderlich ist (z. B. bei Messgeräten und Steuereinrichtungen), müssen alle Körper der Betriebsmittel, alle leitfähigen Teile innerhalb des begrenzten leitfähigen Raumes und der Betriebserder in einen Potenzialausgleich einbezogen werden.

10 Literaturhinweise

- [1] ... Henschl Th., Mörx A.; Elektroinstallation in Gebäuden; Österreichischer Wirtschaftsverlag; 2002, mit 1-6. Ergänzungslieferung; 2010
- [2] ... Mörx A.; Schutzisolierumhüllung oder Schutzzwischenisolierung?; Elektrojournal 1-2/2008; Österreichischer Wirtschaftsverlag; 2008
- [3] ... Ludwar G., Mörx A.; Elektrotechnikrecht, Praxisorientierter Kommentar, ÖVE; Mai 2007; ISBN:978-3-85133-044-1
- [4] ... Seminare, Intensiv-Seminare, Publikationen (kostenlose und kostenpflichtige), Lehrgänge und Workshops zum Elektrotechnikrecht und den anzuwendenden anerkannten Regeln der Technik und verwandten Themen finden Sie unter:
<http://www.diamcons.com>