

Sicherer Umgang mit elektrischem Strom



ein Wegweiser für Arbeitgeber
und Beschäftigte

Gefahren des elektrischen Stromes für den Menschen

Die Gefährdung des Menschen durch elektrischen Strom hängt nicht - wie oft angenommen - von der Höhe der elektrischen Spannung (Volt) [V] ab.

Die Stromstärke (Ampère) [A] bestimmt die Größe der Gefahr. Schon bei geringer Spannung von einigen Volt kann sich ein Unfall ereignen, wenn große Stromstärken wirksam werden. Beispielsweise verbrannte ein Finger an einer 6-Volt-Autobatterie. Der Ehering hatte die Pole kurzgeschlossen und einen sehr großen Entladestrom ausgelöst.

Die Stromeinwirkung ist auch von der Stromart (Gleich- oder Wechselstrom), der Frequenz des Wechselstroms und von dem elektrischen Widerstand (R) des Körpers, gemessen in Ohm [Ω], abhängig. Der Widerstand ist sehr unterschiedlich und wird u. a. bestimmt durch die Berührungsfläche, den Stromweg durch den Körper, den Übergangswiderstand (trockene oder feuchte Haut) und auch durch die Beschaffenheit der Kleidung. Im Mittel kann der Widerstand mit etwa 1000 Ω angesetzt werden (z. B. bei einer Durchströmung von Hand zu Hand oder von Hand zu Fuß).

Wenn ein Fehlerstrom parallel zum Menschen über einen sehr kleinen Widerstand zur Erde abgeleitet wird, fließt nur ein Teilstrom durch den Menschen. Darauf beruhen eine Reihe von Schutzmaßnahmen. Fließt der Strom nur durch den menschlichen Körper, besteht meist Lebensgefahr.

Einwirkungen des elektrischen Stromes auf den Körper

Physikalische Einwirkungen

Die Wärmeentwicklung beim Stromdurchgang **führt zu inneren und äußeren Verbrennungen** aller Schweregrade in Abhängigkeit von der Stromstärke. Große Stromstärken bewirken das Auskochen der Gewebeflüssigkeit und Zerstörung des Eiweißes mit häufig tödlicher Wirkung nach einigen Tagen, da der Körper die giftigen Verbrennungsprodukte nicht abbauen kann. An den Berührungsstellen finden sich oft kleine punktartige Verbrennungen - Stromdurchschläge durch die Haut - sogenannte Strommarken.

Physiologische Einwirkungen

Der elektrische Strom bewirkt ab einer relativ niedrigen Reizschwelle Muskelverkrampfung, oft mit der Folge, dass

der berührte Gegenstand vom Verunglückten nicht mehr losgelassen werden kann. Dies erschwert die Bergung und erhöht die Stromeinwirkungszeit auf Verunglückte. Bei steigender Stromstärke wird das Reizleitungssystem des Herzens beeinflusst. Es entsteht eine unregelmäßige Herzmuskeltätigkeit - Herzmuskelverkrampfung - bis zum Herzstillstand.

Bei der Einwirkung von elektrischen Wechselströmen bis 5 mA entstehen nur geringe Einwirkungen; bis 15 mA beginnt das Verkrampfen, Loslassen des Kontaktes ist noch möglich; bei 25-50 mA beginnen Herzunregelmäßigkeiten; über 50 mA tritt Bewusstlosigkeit ein und ab 80 mA setzt Herzkammerflimmern mit tödlicher Wirkung ein.

Maßnahmen bei elektrischen Unfällen

Sofortiges Abschalten des elektrischen Stromes im Unfallbereich. Wenn das Abschalten nicht möglich ist, kann der Verunglückte **nur** unter Verwendung isolierender Hilfsmittel (Kunststoffstangen u. a.) möglichst schnell vom Stromkreis getrennt werden. - Ungenügende Isolierung gefährdet den Retter selbst. - Bei Annäherung an Hochspannungsanlagen (mehr als 1000 Volt) können auch ohne Berührung Überschläge erfolgen. Lebensgefahr besteht im Spannungstrichter am Erdboden bis mehr als 20 m von der Erdberührungsstelle eines Leiters (Schrittspannung).

Nach der Bergung Verunglückter aus dem Stromkreis ist bei Herzstillstand bzw. Herzkammerflimmern **sofort mit der Herz-Lungen-Wiederbelebung zu beginnen**. Diese darf bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes nicht unterbrochen werden. Durch Strom Verunglückte sind oft nur scheinbar tot - Herzkammerflimmern. Deshalb darf die Wiederbelebung niemals vor dem Eintreffen des Arztes aufgegeben werden. Beengende Kleidungsstücke sind zu lockern. Den Verunglückten nicht entkleiden.

Begriffe zum Betrieb von elektrischen Anlagen

Betrieb

Der Betrieb umfasst alle technischen und organisatorischen Tätigkeiten, die zur Funktion einer elektrischen Anlage notwendig sind. Hierzu gehören Bedienen (Schalten, Steuern, Regeln, Beobachten), elektrotechnische und nichtelektrotechnische Arbeiten.

Arbeiten

Elektrotechnische oder nichtelektrotechnische Tätigkeiten, bei denen die Möglichkeit einer elektrischen Gefährdung besteht.

Elektrofachkraft

Als Elektrofachkraft gilt, wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrung Gefahren erkennen und vermeiden kann, die von der Elektrizität ausgehen können.

Elektrotechnisch unterwiesene Person

Als elektrotechnisch unterwiesene Person gilt, wer durch Elektrofachkräfte ausreichend unterrichtet wurde, so dass sie Gefahren vermeiden kann, die von der Elektrizität ausgehen können.

Elektrotechnische Arbeiten sind in der Regel nur von Elektrofachkräften oder unterwiesenen Personen durchzuführen.

In Niederspannungsanlagen (bis 1000 V) darf das Einsetzen und Auswechseln von Schraubsicherungen, Lampen und herausnehmbarem Zubehör (z. B. Starter) auch von Laien durchgeführt werden.

Berührungsspannung

Die Berührung kann zwischen einem Leiter und der Erde (z. B. dem Boden, Wänden oder Rohrleitungen) stattfinden. Sie ist auch zwischen zwei Leitern möglich. An die Stelle der berührten Leiter kann auch die Berührung eines fehlerhaft unter Spannung stehenden Körpers bzw. Gehäuses treten. Ein solcher „Körperschluss“ wird durch Isolationsfehler in elektrischen Geräten, Anlagen oder Betriebsmitteln verursacht.

Starkstromanlagen sind elektrische Anlagen mit Betriebsmitteln zum Erzeugen, Umwandeln, Speichern, Fortleiten, Verteilen und Verbrauchen elektrischer Energie mit dem Zweck des Verrichtens von Arbeit (VDE 0100 Teil 200 A 1.1).

Elektrische Betriebsmittel sind Gegenstände, die zum Zwecke der Erzeugung, Umwandlung, Übertragung, Verteilung und Anwendung von elektrischer Energie benutzt werden, z. B. Maschinen, Transformatoren, Schaltgeräte, Messgeräte, Schutzeinrichtungen, Kabel und Leitungen, Stromverbrauchsgeräte (VDE 0100 Teil 200 Nr. 2.7.1).

Außenleiter sind Leiter, die Stromquellen mit Verbrauchsmitteln verbinden, aber nicht vom Mittel- oder Sternpunkt ausgehen - L1, L2, L3.

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

Schutzleiter - PE - ist ein Leiter, der bei Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren zum Verbinden von Körpern, fremden leitfähigen Teilen, Erdern, Erdungsleitern und geerdeten aktiven Teilen dient (bisherige Bezeichnung - SL).

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

Aktive Teile sind normal unter Spannung stehende Leiter und leitfähige Teile. Hierzu gehören Neutralleiter, **nicht PEN-Leiter** (VDE 0100 Teil 200 Nr. 2.3.1).

Körper sind berührbare leitfähige Teile von Betriebsmitteln, die nicht aktive Teile sind, jedoch im Fehlerfall unter Spannung stehen können.

TN-Netz

Das TN-Netz ist die verbreitetste Form von Verteilungsnetzen zum Weiterleiten der elektrischen Energie vom Stromerzeuger zur Verbraucheranlage. Im **TN-Netz** ist ein Punkt direkt geerdet (Betriebserder). Die Körper der elektrischen Anlage sind über PE- oder PEN-Leiter mit diesem Punkt verbunden.

Drei Arten von TN-Netzen sind zu unterscheiden (VDE 0100 Teil 300):

TN-S-System **Getrennte Neutral- und Schutzleiter im gesamten Netz**

TN-C-System **Neutral- und Schutzleiterfunktionen sind im gesamten Netz in einem einzigen Leiter, dem PEN-Leiter zusammengefasst**

TN-C-S-System **in einem Teil des Netzes sind der Neutral- und Schutzleiter in einem einzigen Leiter (PEN-Leiter) zusammengefasst.**

Erläuterung der Abkürzungen

N = Neutral-Leiter

PE = Protection-Earth(Schutz)-Leiter

PEN = Protection-Earth-Neutral-Leiter

T = Terre = Erdung

S = Separated(getrennte) Neutral- und Schutzleiter

C = Combined(kombinierter) Neutral- und Schutzleiter

Schutz gegen elektrischen Schlag

Der Schutz gegen elektrischen Schlag erfordert **Maßnahmen gegen direktes und bei indirektem Berühren** (VDE 0100 Teil 410 Nr. 410.1). Die Auswahl der Schutzmaßnahmen für besondere Umgebungsbedingungen wird in weiteren Bestimmungen (z. B. VDE 0100 Gruppe 700) geregelt, z. B. für Baderäume.

Verschiedene Schutzmaßnahmen dürfen sich in derselben Anlage nicht gegenseitig nachteilig beeinflussen. Ihre Wirksamkeit darf durch Betriebsmittel nicht beeinträchtigt werden, z. B. Gleichstrombeeinflussung bei FI-Schutzschaltung.

Schutz gegen direktes Berühren

Schutz gegen direktes Berühren sind alle Maßnahmen zum Schutz vor Gefahren einer Berührung mit aktiven Teilen im normalen, ungestörten Betrieb. Es kann sich um vollständigen oder teilweisen Schutz handeln. Bei teilweisem Schutz besteht nur Schutz gegen zufälliges Berühren (VDE 0100 Teil 200/A.8.1).

Vollständiger Schutz durch Isolierung aktiver Teile (Schutzisolierung) wird durch eine zusätzliche Isolierung zur Basisisolierung oder durch eine Verstärkung der Basisisolierung hergestellt. Bei einem Versagen der einfachen Basisisolierung dürfen keine gefährlichen Körperströme fließen.

Schutz durch Abdeckung oder Umhüllung muss einen **vollständigen Schutz** gegen direktes Berühren aktiver Teile sicherstellen. Dies gilt nicht, wenn beim Auswechseln von Teilen größere Öffnungen, z. B. bei Lampenfassungen oder Sicherungen, entstehen oder wenn nach den entsprechenden Gerätebestimmungen für den ordnungsgemäßen Betrieb eine größere Öffnung erforderlich ist. Geeignete Vorkehrungen müssen unbeabsichtigtes Berühren verhindern.

Schutz durch Hindernisse und durch Abstand bietet einen **teilweisen Schutz** gegen direktes Berühren. Dieser Schutz ist nur in besonderen Fällen, z. B. in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten, zulässig.

Schutz bei indirektem Berühren

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

Schutz durch Abschalten oder Meldung

Diese Schutzmaßnahme erfordert eine **Koordinierung der Netzform und der Schutzeinrichtungen**. Die Körper müssen unter den für jede Netzform festgelegten Bedingungen an Schutzleiter angeschlossen werden. Der Schutzleiter (PE) und der PEN-Leiter sind nach VDE 0100 Teil 540 zu bemessen.

Die Schutzeinrichtung muss die zu schützende Anlage im Fehlerfall innerhalb der vorgegebenen Zeit abschalten, damit keine zu hohe Berührungsspannung bestehen bleibt. **Die Grenze für die dauernd zulässige Berührungsspannung beträgt bei Wechselspannung 50 V, bei Gleichspannung 120 V.**

Hauptpotentialausgleich

Bei jedem Hausanschluss oder jeder gleichwertigen Versorgungseinrichtung muss ein Hauptpotentialausgleich den Hauptschutzleiter, die Haupterdungsleitung, den Blitzschutzerdler, die Hauptwasserrohre, Hauptgasrohre und andere metallene Rohrsysteme, z. B. von Heizungs- und Klimaanlage sowie Metallteile der Gebäudekonstruktion verbinden. Die Bemessung erfolgt nach VDE 0100 Teil 540.

Zusätzlicher Potentialausgleich

Ein örtlicher **zusätzlicher Potentialausgleich** ist neben dem Hauptpotentialausgleich anzuwenden, wenn

- die Bedingungen für das automatische Abschalten als Schutz bei indirektem Berühren nicht erfüllt werden können oder
- **ein Potentialausgleich wegen besonderer Gefährdung** auf Grund der Umgebungsbedingungen in anderen VDE-Bestimmungen gefordert wird (z. B. in VDE 0100 Teil 701 für Räume mit Badewanne oder Dusche).

In den **zusätzlichen Potentialausgleich** müssen alle gleichzeitig berührbaren Körper ortsfester Betriebsmittel, Schutzleiteranschlüsse und alle sonstigen leitfähigen Teile einbezogen werden. Dies gilt auch für die Bewehrung von Stahlbeton.

Schutz durch nicht leitende Räume

Ein gleichzeitiges Berühren von Teilen soll vermieden werden, die wegen Versagens der Basis(Betriebs)isolierung unterschiedliches Potential haben können.

Die Anordnung der Körper darf normalerweise keine gleichzeitige Berührung von zwei Körpern oder einem


Körper und einem leitfähigen fremden Teil ermöglichen. In einem nicht leitenden Raum darf **kein Schutzleiter** an fest eingebauten Betriebsmitteln der **Schutzklasse I** und an **Steckdosen** angeschlossen sein.

Der Widerstand von isolierenden Fußböden und Wänden muss mindestens 50 k Ω für eine max. Nennspannung von 500 V und 100 k Ω für höhere Nennspannungen betragen.

Schutzisolierung

Schutzisolierung ist eine zusätzliche Isolierung zur Basisisolierung (Betriebsisolierung). Durch diese Schutzmaßnahme soll das Auftreten gefährlicher Spannungen an berührbaren Teilen elektrischer Betriebsmittel infolge eines Fehlers in der Basisisolierung vermieden werden. Schutzisolierung haben **Betriebsmittel der Schutzklasse II nach VDE 0106 Teil 1**.

Schutzisolierte Betriebsmittel sind mit dem **Symbol**  gekennzeichnet.

Leitungen und Kabel gelten als schutzisoliert, wenn sie in den entsprechenden Normen so bezeichnet sind. Sie werden jedoch nicht mit dem Symbol  gekennzeichnet.

Die zusätzliche isolierende Umhüllung muss dauerhaft und widerstandsfähig sein, Überzüge aus Farbe oder Lack genügen nicht. Leitfähige Teile dürfen nicht durch die Umhüllung gehen. Wenn Deckel oder Türen in Isolierstoffumhüllungen ohne Werkzeug oder Schlüssel zu öffnen sind, müssen alle berührbaren leitfähigen Teile unter Spannung **hinter einer Isolierstoffabdeckung** liegen.

Schutzisolierte Betriebsmittel sind **mit Anschlussleitungen ohne Schutzleiter** sowie **Flach- oder Rundsteckern ohne Schutzkontakt** versehen. Die Anschlussleitung muss mit dem Gerät ein unteilbares Ganzes bilden. Ausgenommen sind bewegliche Anschlussleitungen, die mit dem Stecker und der Kupplung für Kleingerätesteckdosen ein unteilbares Ganzes bilden - z. B. Trockenrasierer.



Anschlussleitung mit verschweißtem Flachstecker nach DIN 49464 und verschweißter Gerätesteckdose nach DIN 49455 als unteilbares Ganzes



Schutzisoliertes Gerät, Anschlussleitung mit verschweißstem Flachstecker

Schutztrennung

Durch Schutztrennung eines einzelnen Stromkreises werden Gefahren beim Berühren von Körpern vermieden, die durch einen Fehler in der Basisisolierung Spannung annehmen können (VDE 0100 Teil 410 Nr. 413.5).

Zur Stromerzeugung muss verwendet werden:

- ein Trenntransformator nach VDE 0551
- ein Motorgenerator mit isolierten Wicklungen oder
- eine andere Stromversorgung, die eine gleichwertige Sicherheit bietet.

Ortsveränderliche Trenntransformatoren müssen schutzisoliert sein.

Ortsfeste Trenntransformatoren, Motorgeneratoren oder gleichwertige Stromversorgungen müssen entweder schutzisoliert sein oder durch isolierte Trennung des Stromausganges einer Schutzisolierung gleichwertig sein.

Die aktiven Teile und Körper des Sekundärstromkreises dürfen weder mit Erde noch mit Körpern oder Schutzleitern eines anderen Stromkreises verbunden werden.

Wenn nur ein einzelnes Betriebsmittel versorgt wird, dürfen die Körper der Betriebsmittel des Stromkreises der Schutztrennung weder mit dem Schutzleiter noch mit den Körpern anderer Stromkreise verbunden werden.

Mehr als ein Betriebsmittel darf in anderen Fällen an eine Stromversorgung angeschlossen werden, wenn ihre Körper durch ungeerdete Potentialausgleichsleiter verbunden sind und alle beweglichen Leitungen einen als Potentialausgleichsleiter zu verwendenden Schutzleiter enthalten. Ferner ist bei zwei auftretenden Fehlern eine automatische Abschaltung innerhalb von 0.2 s sicherzustellen.

Schutzeinrichtungen

Überstrom-Schutzeinrichtungen

Schutz gegen Überlast und die Abschaltung im Fehlerfall wird durch Überstrom-Schutzeinrichtungen bewirkt. Hierfür werden häufig Einrichtungen verwendet, die sowohl bei Überlast als auch bei Kurzschluss schützen. Diese Schutzeinrichtungen müssen in der Lage sein, jeden Überstrom bis zum größten Strom bei vollkommenem Kurzschluss an ihrer Einbaustelle zu unterbrechen.

Beispiele:

- Leitungsschutzschalter nach VDE 0641
- Leitungsschutzeinrichtung nach VDE 0636
- Leistungsschalter nach VDE 0660 Teil 101.

Daneben gibt es auch Einrichtungen, die nur bei Überlast oder nur bei Kurzschluss schützen.

Die Bemessung von Leitungsschutzsicherungen oder Leitungsschutzschalter nach VDE 0641 in Bezug auf die gegebenen **Leitungsquerschnitte ist nach Tabelle 2 des Beiblattes 1 zu VDE 0100 Teil 430** vorzunehmen. Die Strombelastbarkeit hängt auch von der Verlegungsart der Leitungen ab.

Fehlerstrom-FI-Schutzeinrichtungen

Die FI-Schutzschaltung soll das Bestehenbleiben zu hoher Berührungsspannungen an Körpern verhindern.

FI-Schutzschalter schalten alle Außenleiter und den Neutraleiter ab, wenn ein Fehlerstrom einen bestimmten Wert überschreitet.

Der Fehlerstrom ist die Differenz der über eine Messeinrichtung (Summenstromwandler) in die Anlage hineinfließenden und über diese Messeinrichtung aus der Anlage herausfließenden Ströme. **Nennfehlerstrom** $I_{\Delta n}$ ist der Fehlerstrom, für den die FI-Schutzschalter gebaut und mit dessen Wert sie gekennzeichnet sind.

FI-Schutzschalter müssen VDE 0664 entsprechen. Sie müssen mit einer Prüfeinrichtung versehen sein, bei deren Betätigung mit Netzspannung die Abschaltung erfolgen muss. Der Betreiber soll die **FI-Schutzschalter in bestimmten Zeitabständen mit Hilfe der Prüftaste am Schalter auf Funktionsfähigkeit prüfen. Achtung:** Keine Aussage über die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme; reine Funktionsprüfung des Schalters!

Schutzmaßnahmen im TN-Netz bei indirektem Berühren

Alle Körper müssen mit dem geerdeten Punkt des speisenden Netzes durch PE- oder PEN-Leiter verbunden werden. Üblicherweise ist der geerdete Punkt der Sternpunkt.

Die Kennwerte der Schutzeinrichtungen und die Querschnitte der Leiter müssen so ausgewählt werden, dass bei Auftreten eines Fehlers mit vernachlässigbarer Impedanz (Scheinwiderstand) an beliebiger Stelle zwischen einem PE- bzw. PEN-Leiter oder verbundenen Körpern und einem Außenleiter die automatische Abschaltung in der festgelegten Zeit erfolgt (VDE 0100 Teil 410 Nr. 413.1.3.3).

Abschaltbedingungen

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

Z_s = Impedanz der Fehlerschleife

I_a = Strom, der das automatische Abschalten bewirkt:

- in Stromkreisen bis 230 V Nennspannung innerhalb 0,4 s
- in Stromkreisen über 230 V und bis 400 V Nennspannung in 0,2 s
- in Stromkreisen über 400 V innerhalb von 0,1 s.

U_o = Nennspannung gegen geerdeten Leiter.

Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt werden können, ist ein **zusätzlicher Potentialausgleich** nach VDE 0100 Teil 410 Nr. 413.1.2.2 erforderlich. Abweichungen von den geforderten Abschaltzeiten sind unter bestimmten Bedingungen in öffentlichen Verteilungsnetzen zulässig.

Zulässige Schutzeinrichtungen im TN-Netz

- **Überstromschutzeinrichtungen**
Niederspannungssicherungen nach VDE 0636,
Geräteschutzsicherungen für den Hausgebrauch u. ä.
Zwecke nach VDE 0820 Teil 1,
Leitungsschutzschalter nach VDE 0641,
Leistungsschalter nach den Normen der Reihe VDE 0660 Teil 101.
- **Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen-FI**
Die Kennwerte müssen VDE 0664 entsprechen.

In dem Teil eines TN-Netzes, in dem N- und PE-Leiter vereinigt sind (PEN-Leiter), muss der Schutz ausschließlich durch Überstromschutzeinrichtungen erfolgen.

PEN-Leiter dürfen für sich allein nicht schaltbar sein. Sind sie zusammen mit den Außenleitern schaltbar, muss das

Schaltstück im PEN-Leiter beim Einschalten vor- und beim Ausschalten nacheilen.

Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren

Schutz durch Kleinspannung

Nach VDE 0100 Teil 410 wird bei Kleinspannung zwischen SELV, PELV und FELV unterschieden. Dabei entspricht SELV der bisherigen Schutzkleinspannung, PELV der Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung und FELV der Funktionskleinspannung ohne sichere Trennung. Schutz durch Kleinspannung (SELV und PELV) ist gegeben, wenn:

- die Nennspannung max. 50 V Wechsel- oder 120 V Gleichspannung beträgt
- die Speisung aus einer Stromquelle für Schutzkleinspannung erfolgt
- ortsveränderliche Transformatoren schutzisoliert sind
- bei größerer Nennspannung als 25 V Wechsel- oder 60 V Gleichspannung zusätzlich Schutz gegen direktes Berühren durch Isolierung, Abdeckung besteht
- die Stromkreise bestimmungsgemäß angeordnet sind (VDE 0100 Teil 410 Nr. 411.1.3).

In bestimmten Fällen sind niedrigere Nennspannungswerte festgelegt, z. B. für elektromotorisches Spielzeug, für Betriebsmittel mit Haut- und Haarberührung.

ELV - **Extra Low Voltage** (besonders niedrige Spannung)

S - **Safety** (Sicherheit)

P - **Protective** (Schutz)

F - **Functional** (Funktion)

Kennzeichen sind z. B.



Spielzeugtransformator



**kurzschlußfester
Transformator**



Klingeltransformator



Handleuchtentransformator

Stromquellen für SELV und PELV

Zulässig sind nach VDE 0100 Teil 410 Nr. 411.1.2:

- **Transformatoren mit sicherer Trennung nach VDE 0551**
- Stromquellen mit gleichem Sicherheitsgrad, z. B. **Motorgeneratoren mit entsprechend getrennten Wicklungen** (VDE 0530) oder **Dieselaggregate**
- **Elektrochemische Stromquellen**, z. B. **Akkumulatoren** (VDE 0510), **galvanische Elemente**
- **Gleichgestellt sind elektronische Geräte**, wenn im Fehlerfall die **Spannung an den Ausgangsklemmen und gegen Erde nicht höher als 50 V Wechsel- oder 120 V Gleichspannung ist** (VDE 0160).

Anordnung der Stromkreise für Schutzkleinspannung (SELV)

Aktive Teile von Schutzkleinspannungs-Stromkreisen dürfen weder mit Erde noch mit Schutzleitern anderer Stromkreise verbunden werden. Sie müssen von aktiven Teilen mit höherer Spannung sicher getrennt sein.

Körper dürfen nicht absichtlich verbunden werden. Leitungen sind getrennt von Leitungen anderer Stromkreise zu verlegen oder besondere Isolationsmaßnahmen zu treffen.

Besondere Steckvorrichtungen für Schutzkleinspannung sind zu verwenden, die nicht in Steckvorrichtungen mit höherer Spannung passen. Sie dürfen keinen Schutzkontakt haben.

Funktionskleinspannung

Schutz durch Funktionskleinspannung ist anwendbar, wenn Kleinspannungsstromkreise oder Körper aus Funktionsgründen geerdet oder nicht gegen Stromkreise höherer Spannung nach den Anforderungen für Schutzkleinspannung isoliert sind.

Es gelten die gleichen Spannungsgrenzwerte wie für Schutzkleinspannung, auch die Bestimmungen für die Anordnung der Stromkreise. Steckvorrichtungen dürfen Schutzkontakte haben.

Wenn Kleinspannung mit Spartransformatoren, Potentiometern, Halbleiterbauelementen u. a. erzeugt wird, entsteht keine Funktionskleinspannung.

Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung (PELV)

Die sichere Trennung ist wie bei Schutzkleinspannung für Stromquellen zu erfüllen. Als Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren sind anzuwenden:

- Schutz durch Isolierung aktiver Teile (Prüfspannung 500 V) oder
- Schutz durch Abdeckungen oder Umhüllungen.

Funktionskleinspannung ohne sichere Trennung (FELV)

Bei Funktionskleinspannung ohne sichere Trennung von der höheren Spannung sind Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren und gegen direktes Berühren zu treffen, die für die Stromkreise der höheren Spannung anzuwenden sind.

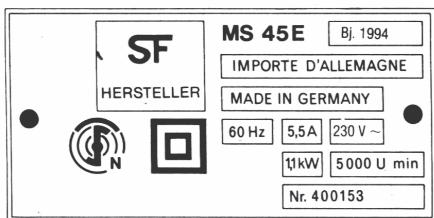
Schutzmaßnahmen und Ausrüstungen bei elektrischen Betriebsmitteln

Allgemeines

Auswahl

Elektrische Betriebsmittel müssen so ausgelegt werden, dass die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen und die Einhaltung der Bestimmungen hinsichtlich des zufriedenstellenden Betriebs der Anlage bei bestimmungsgemäßer Verwendung sowie der zu erwartenden äußeren Einflüsse gewährleistet sind. Sie müssen so ausgewählt und errichtet werden, dass sie VDE 0100 Teil 510 und den einschlägigen Europäischen Normen entsprechen. Sie müssen insbesondere auch den grundlegenden sicherheitstechnischen Anforderungen der EG-Niederspannungsrichtlinie entsprechen, die für elektrische Betriebsmittel zur Verwendung bei einer Nennspannung zwischen 50 V und 1000 V für Wechselstrom und zwischen 75 V und 1500 V für Gleichstrom gilt.

Die EG-Niederspannungsrichtlinie wurde durch die erste Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz in nationales Recht umgesetzt. Sie regelt den freien Warenverkehr elektrischer Betriebsmittel im europäischen Binnenmarkt. Als sichtbares Zeichen der Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen der Richtlinie müssen die Betriebsmittel die Kennzeichnung „CE“ tragen (CE = Communautés Européennes = Europäische Gemeinschaften).



Beispiel eines Leistungsschildes

Die Kennzeichnung der Betriebsmittel (Leistungsschild) muss den einschlägigen Normen entsprechen.

Betriebsbedingungen

Elektrische Betriebsmittel müssen unter Berücksichtigung der äußeren Einflüsse, denen sie ausgesetzt sein können, so ausgewählt und errichtet werden, dass der ordnungsgemäße Betrieb und die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen sichergestellt sind. Die Schutzart - Fremdkörper-, Berührungs- und Wasserschutz - ist entsprechend VDE 0470 Teil 1 auszuwählen.

Industriemaschinen

Für die elektrische Ausrüstung von kraftbetriebenen Arbeitsmaschinen, die während des Betriebes nicht von Hand getragen werden, gilt DIN VDE 0113 Teil 1. Darüber hinaus müssen die Maschinen auch die sicherheitstechnischen Anforderungen der EG-Niederspannungsrichtlinie und der EG-Maschinenrichtlinie erfüllen. Letztere wurde durch die neunte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) in nationales Recht umgesetzt. Mit der CE-Kennzeichnung wird vom Hersteller die Einhaltung der entsprechenden Anforderungen signalisiert.

Schutz gegen selbsttätigen Wiederanlauf nach Spannungsausfall

Nach einem Spannungsausfall dürfen Motoren und andere Betriebsmittel bei Wiederkehr der Spannung nicht selbsttätig anlaufen, wenn dadurch Personen, die Maschinen oder das Produktionsgut gefährdet werden können (VDE 0113 Teil 1 Nr. 5.4).

Schutz bei Überlast

Alle aktiven Leiter außer dem Neutralleiter für beliebig anschließbare Stromverbraucher (Steckdosenstromkreise) müssen durch Überlast-Schutzeinrichtungen geschützt werden (VDE 0113 Teil 1 Nr. 7.2. 2). Motoren über 0,5 kW, die üblicherweise dauernd in Betrieb sind, müssen gegen Überlast geschützt werden. Für alle übrigen Motoren wird Überlastschutz empfohlen.

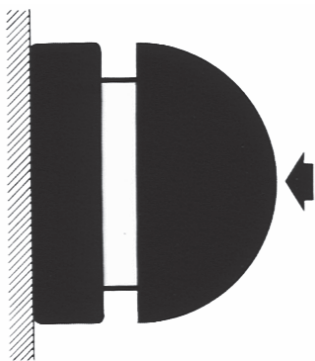
Überstromschutz

Der Netzanschluss muss durch übergeordnete Schutzeinrichtungen (Sicherungen) die Betriebsmittel gegen Überstrom sichern. Einrichtungen zum Erfassen und Ausschalten von Überstrom müssen in allen aktiven Leitern vorhanden sein.

Der Nennstrom von Sicherungen oder der Einstellstrom sonstiger Kurzschlusseinrichtungen (Motorschutzschalter,

Leistungsschalter) ist so niedrig wie möglich, jedoch ausreichend groß für Überströme auszuwählen.

Überstromschutzeinrichtungen für Hauptstromkreise schließen Sicherungen und Schutzschalter ein. Für Steuerstromkreise dürfen auch elektronische Einrichtungen verwendet werden, die den Strom in den zu schützenden Stromkreisen verringern oder begrenzen (VDE 0113 Teil1 Nr. 7.2).



Befehlsgerät Not-Aus



Verschließbarer Hauptschalter

NOT-AUS-Einrichtung

Zur Verhinderung von Gefahren für Personen oder Maschinenschäden müssen Geräte für das Stillsetzen im Notfall an jedem Bedienstand sowie an anderen Orten, wo die Einleitung eines Stillsetzens im Notfall erforderlich sein kann, vorhanden sein (VDE 0113 Teil 1 Nr. 10.7.1). Die Arten der Geräte für das Ausschalten im Notfall schließen ein:

- einen drucktastenbetätigten Schalter
- einen Reißleinenschalter
- einen Trittleisten- oder Fußschalter.

Die Geräte müssen selbsttätig verrasten, die Kontakte müssen zwangsöffnend sein.

Der Auslöser der Not-Aus-Einrichtung muss auffällig rot, die Fläche darunter am Einbauort in der Kontrastfarbe gelb gekennzeichnet sein. Der Auslöser muss vom Standplatz des Bedienenden schnell und gefahrlos erreichbar sein.

Stromkreise, deren Unterbrechung Gefahren verursacht, dürfen durch die Not-Aus-Einrichtung nicht abgeschaltet werden.

Das Bedienteil eines drucktastenbetätigten Gerätes zum Stillsetzen im Notfall muss entweder palmen- oder pilzkopfförmig sein.

Nach Betätigen eines Befehlsgerätes Not-Aus darf die Maschine erst nach Entriegeln (oder Rückstellen) vor Ort wieder eingeschaltet werden können.

Hauptschalter

Durch einen handbetätigten Hauptschalter muss die gesamte elektrische Ausrüstung einer Maschine vom Netz zu trennen sein. Diese Bedingung erfüllen:

- **Lasttrennschalter - Trennschalter - Leistungsschalter - Steckvorrichtungen bis 16 A** Nennstrom bei einer Gesamtmotorleistung bis 3 kW.

Durch den Hauptschalter brauchen nicht abgeschaltet werden:

- Licht- und Steckdosenstromkreise für Wartung und Reparatur - Unterspannungsauslöser nur für automatische Abschaltung bei Netzausfall - Steuerstromkreise.

Der Hauptschalter muss u. a. folgende Bedingungen erfüllen:

- Handbetätigung von außen, nur eine Aus- und eine Einstellung mit zugeordneten Anschlägen und Kennzeichnung mit 0 und I, verschließbare Ausstellung, gleichzeitige Trennung aller aktiven Leiter sowie leichte Erreichbarkeit, Montage von 0,6 m bis 1,9 m Höhe (VDE 0113 Teil 1 Nr. 5.3).

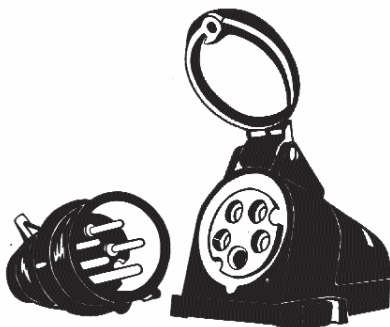
Schalter

Geräte zum Trennen (Freischalten) müssen alle nicht wirksam geerdeten Leiter des betreffenden Stromkreises unterbrechen (VDE 0100 Teil 537 Nr. 537.2.1).

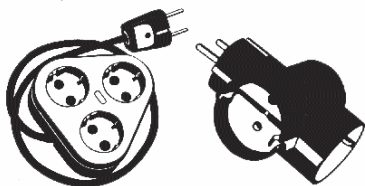
Schaltgeräte für betriebsmäßiges Schalten müssen für die härtesten zu erwartenden Bedingungen ausgelegt sein (VDE 0100 Teil 537 Nr. 537.5.1).

Steckvorrichtungen

Für den Netzanschluss elektrischer Betriebsmittel dürfen nur Steckvorrichtungen nach VDE 0620 oder VDE 0623 verwendet werden. Von dieser Forderung sind ausgenommen Steckvorrichtungen über dem in der Norm angegebenen Stromstärkebereich und von Betriebsmitteln mit besonderen Anforderungen (z. B. überflutbare, explosionsgeschützte Ausführungen).



Zulässige CEE-Steckvorrichtung



Zulässige

Unzulässige

Mehrfachsteckdose

Für nicht ortsfeste Drehstromverbrauchsmittel an Verladeplätzen, Abfüllstellen, in der Landwirtschaft, auf Baustellen (VDE 0100 Teil 704) u. a. **sind zum Anschluss 5-polige Steckvorrichtungen nach VDE 0623**, Bauart nach DIN 49462, zu verwenden.

Drehstrom-Verlängerungsleitungen bis 32 A für solche Einsatzstellen müssen 5-adrig und an beiden Enden mit 5-poligen Steckvorrichtungen ausgeführt sein.

Mehrfachsteckdosen mit starr angebautem Stecker sind unzulässig.


Überstromschutzorgane


Sicherungssockel für Schmelzsicherungen nach VDE 0635 dürfen nur in Verbindung mit einem Passeinsatz (Passring oder Passschraube) verwendet werden, der dem einzusetzenden Überstromschutzorgan entsprechen muss (VDE 0100 Teil 430).

LS-Schaltern nach VDE 0641 sind zum Schutz gegen Kurzschlussströme, die höher als ihr Schaltvermögen sind, Schmelzsicherungen mit höchstens 100 A vorzuschalten.

Leuchten und Beleuchtungsanlagen

Leuchten müssen VDE 0711 entsprechen, Vorschaltgeräte von Leuchten für Entladungslampen VDE 0712. Für ihre Montage in oder an Einrichtungsgegenständen gilt VDE 0100 Teil 559 und 724.

Auf normal entflammbaren Oberflächen dürfen nur Leuchten mit dem Zeichen  angebracht werden. Normal entflammbare Oberflächen sind Baustoffe wie Holz oder Werkstoffe auf Holzbasis mit mehr als 2 mm Dicke.

Wenn Gebäudeteile aus brennbaren Baustoffen bestehen und Leuchten ohne das Zeichen  verwendet werden, müssen sie feuersicher von der Befestigungsfläche getrennt werden. Die feuersichere Trennung besteht aus einer vollständigen, ≥ 1 mm dicken Blechabdeckung **und** mehr als 35 mm Abstand von der Befestigungsfläche.

Leuchten und Vorschaltgeräte müssen einen **Mindestabstand von 35 mm von brennbaren Werkstoffen oder Einrichtungsgegenständen** haben.

Wo leicht entzündliche Stoffe verwendet, ausgestellt oder gelagert werden, müssen Leuchten beliebiger Bauart, Vorschaltgeräte sowie Lichtquellen mit starker Wärmestrahlung **soweit entfernt angebracht werden, dass keine Brandgefahr besteht** - Vorhang-, Schaufenster- und Lagerbeleuchtung - (VDE 0100 Teil 559 Nr. 5.4).

Die besonderen Anforderungen an Leitungen, Verteiler und Schalter in Einrichtungsgegenständen richten sich nach VDE 0100 Teil 724. Leuchten für den Einbau in Einrichtungsgegenständen, Möbeln u. a. haben das Kennzeichen



Elektromotorisch angetriebene Verbrauchsmittel, Werkzeuge

Verbrauchsmittel mit elektromotorischem Antrieb für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke müssen VDE 0730 entsprechen.

Handgeführte Elektrowerkzeuge müssen nach VDE 0740 gebaut sein.

Handnassschleifmaschinen müssen mit Schutzkleinspannung nach Nr. 4 oder Schutztrennung nach VDE 0100 Teil 410 betrieben werden.

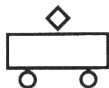
Betonmischmaschinen sind mit **Schutztrennung** zu betreiben **oder** müssen **schutzisoliert sein**, ausgenommen in stationären Betrieben und **auf Baustellen** nach VDE 0100 Teil 704 **mit FI-Schutzschaltung**.

In Umgebung aus leitfähigen Stoffen, z. B. in oder an Kesseln, Behältern, Rohrleitungen, Stahlgerüsten, bei begrenzter Bewegungsfreiheit, ist insbesondere vorgeschrieben:

- Bei Wechselspannung ist **Schutzkleinspannung oder Schutztrennung** anzuwenden.

Sicherheitstransformatoren und Motorgeneratoren zum Erzeugen der Schutzkleinspannung sowie Trenntransformatoren und Trennumformer müssen außerhalb des Kessels, des Behälters oder der Rohrleitung aufgestellt sein. Bei Gleichspannung darf die Nennspannung 250 V nicht überschreiten.

Elektromotorisches Spielzeug darf nur an Anlagen mit max. 24 V Schutzkleinspannung angeschlossen werden.



Spielzeugtransformatoren müssen VDE 0551 entsprechen, ebenso Klingel- und Handleuchtentransformatoren.

Elektrowärmegeräte

Elektrowärmegeräte für den Haushalt und ähnliche Zwecke müssen VDE 0720, schmiegsame Elektrowärmegeräte, beispielsweise Heizkissen, VDE 0725 entsprechen. Besondere Bestimmungen für Elektrowärmegeräte zur Tieraufzucht sind zu beachten. „Sondervorschriften für Küchengroßgeräte“ und „Besondere Bestimmungen für Durchlauferhitzer, Elektroden-Durchlauferhitzer und Blankwiderstands-Durchlauferhitzer“ nach VDE 0720 sind einzuhalten.

Elektrowärmegeräte nach VDE 0720 und 0725 **sind nur bis max. 400 V zulässig**. Industrielle Wärmeeinrichtungen müssen VDE 0721 entsprechen.

Kinderkochherde, Kinderbacköfen und Kinderbügeleisen sind nur bis max. 250 V und 6 A zulässig.

Teile von elektrisch beheizten Geräten zur Haut- und Haarbehandlung, die mit der Haut oder dem Haar von Menschen oder Tieren in Berührung kommen, **müssen schutzisoliert sein oder mit Schutzkleinspannung betrieben werden**.

Heißwasserspeicher, Boiler und Durchlauferhitzer sind nur ortsfest anzubringen.

Lichtbogenschweißgeräte müssen VDE 0543 bzw. VDE 0544 entsprechen. Bei der Anwendung sind **die Einschalt-dauer - ED - und die Schweißsymbole** hinsichtlich der **Schweißart zu beachten**.

Schutzmaßnahmen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art

Elektrische Betriebsstätten

Elektrische Betriebsstätten nach VDE 0100 Teil 731 sind Räume oder Orte, die im wesentlichen zum Betrieb elektrischer Anlagen dienen und in der Regel nur von unterwiesenen Personen oder Elektrofachkräften betreten werden, z. B.:

- Schalträume, Schaltwarten, Schaltanlagen, Verteilungsanlagen in abgetrennten Räumen, abgetrennte elektrische Prüffelder und elektrische Laboratorien, Maschinenräume von Kraftwerken u. a., wo nur elektrotechnisch unterwiesene Personen Maschinen bedienen.



Kennzeichnung elektrischer Betriebsstätten nach VDE 0105 Teil 1 und DIN 40 008

An den Zugängen zu elektrischen Betriebsstätten und abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten muss ein **Warnschild nach DIN 40008 Teil 3** angebracht werden. Zusatzschilder oder Kombinationsschilder weisen mit Texten auf die Art der elektrischen Betriebsstätte oder Hochspannungsbereiche hin.

In elektrischen Betriebsstätten und abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten soll an gut sichtbarer Stelle ein **Hinweisschild auf die fünf Sicherheitsregeln** angebracht werden (VDE 0105 Teil 1):

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Zum Sichern gegen Wiedereinschalten ist ein **Verbotsschild nach DIN 40 008 Teil 2** „Nicht schalten...“ anzubringen.

Unter Spannung stehende Gehäuse, z. B. von Kondensatoren und Stromrichtern, sind wie folgt zu kennzeichnen:

- Breite Striche in der jeweiligen Kennfarbe für Leiter auf der neutralen Farbe des Gehäuses an gut sichtbarer Stelle oder
- festangebrachtes Verbotsschild nach DIN 40008 Teil 2.

Falls Teile im Fehlerfall unter Spannung stehen können, sind **Hinweisschilder** nach DIN 40 008 Teil 6 anzubringen.

Abgrenzen elektrischer Betriebsstätten

Abgrenzung ist erforderlich, z. B. durch Türen, Seile oder Schranken. **Türen sind schließbar auszuführen**, beispielsweise mit einfachem Schnappschloss, Klinke.

Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten

Abgeschlossene elektrische Betriebsstätten sind nach DIN 40008 Teil 3 kenntlich zu machen. Der Zutritt darf nur durch verschließbare Türen oder besondere Zugänge, z. B. Zementdeckel mit darunterliegender, verschließbarer Abdeckung für Unterflurstationen, möglich sein.


Türen müssen nach außen aufschlagen.

Türschlösser müssen so beschaffen sein, dass der Zutritt unbefugter Personen jederzeit verhindert ist, in der Anlage befindliche Personen diese aber ungehindert verlassen können. Die Haupteingangs- und Fluchttüren dürfen von außen nur mit Hilfe eines Bart- oder Sicherheitschlüssels zu öffnen sein. **Von innen müssen sie, auch wenn von außen abgeschlossen ist, ohne Schlüssel mit einer Klinke leicht zu öffnen sein.**

Feuchte und nasse Räume



Für feste Verlegung dürfen nur Feuchtraumleitungen mit Kunststoffumhüllung nach VDE 0250 oder Kabel nach VDE 0265 oder 0271 verwendet werden.

Als bewegliche Leitungen müssen mindestens Leitungen NMHöu nach VDE 0250 oder gleichwertige, z. B. H07RN-F nach VDE 0282, verwendet werden.

Elektrische Betriebsmittel müssen mindestens tropfwasser geschützt  sein (Schutzart IP.1 nach VDE 0470 Teil 1). Kondenswasser darf sich in ihnen nicht ansammeln.

Steckvorrichtungen müssen ein Isolierstoffgehäuse haben.


Handleuchten müssen strahlwassergeschützt (Schutzart IP.5 VDE 0470 Teil 1) sein.  

In Räumen oder Bereichen, **deren Fußböden, Wände und Einrichtungen zu Reinigungszwecken abgespritzt werden, müssen Betriebsmittel**, die direkt angestrahlt werden, **mindestens strahlwassergeschützt sein**  
(Schutzart IP. 5 VDE 0470 Teil 1 oder gleichwertige Schutzart)

Ätzenden Dämpfen oder Dünsten ausgesetzte Metallteile müssen gegen Korrosion geschützt sein, z. B. durch Schutzanstrich oder korrosionsfeste Werkstoffe.

Anlagen im Freien

Für geschützte Anlagen im Freien gelten die Vorschriften für feuchte und nasse Räume. Geschützte Anlagen im Freien sind z. B. Anlagen auf überdachten Bahnsteigen, in Toreinfahrten und überdachten Tankstellen.

Für ungeschützte Anlagen im Freien gelten die Vorschriften für feuchte und nasse Räume, jedoch müssen alle Betriebsmittel mindestens sprühwassergeschützt (Schutzart IP. 3 nach DIN 40 050), **Leuchten mindestens regengeschützt**  sein.

Offen verlegte Leitungen im Freien müssen

- außerhalb des Handbereiches, z. B. von Balkonen, Fenstern, Dächern angeordnet sein;
- ausgenommen sind wetterfeste kunststoffisolierte Leitungstypen (bezüglich der in Einzelfällen erforderlichen Abstände siehe VDE 0211);
- bei größtem Durchhang über befahrbaren Wegen und Plätzen mindestens 5 m;
- im Übrigen mindestens 4 m vom Erdboden entfernt sein.

Baustellen

Anlagen auf Baustellen sind elektrische Einrichtungen für Arbeiten auf Hoch- und Tiefbaustellen sowie bei Metallbaumontagen. Zu Baustellen gehören Bauwerke oder deren Teile, die ausgebaut, umgebaut, instandgesetzt oder abgebrochen werden.

VDE 0100 Teil 704 gilt nicht für einzeln betriebenes Elektrowerkzeug nach VDE 0740, wie z. B. Handleuchte, Lötkolben, Schweißgerät und schutzisolierte Betonmischer.

Speisepunkt

Baustellenbetriebsmittel müssen von besonderen Speisepunkten versorgt werden, z. B.:

- Baustromverteiler nach VDE 0660 Teil 501
- steckbare Verteiler mit FI-Schutz ≤ 30 mA und Erder - Kleinstbaustromverteiler
- der Baustelle besonders zugeordnete Abzweige vorhandener ortsfester Verteilungen
- Ersatzstromversorgungsanlagen nach VDE 0100 Teil 551
- Transformatoren mit getrennten Wicklungen
- Steckvorrichtungen in Hausinstallationen sind **keine** Speisepunkte.

Schutzmaßnahmen

Netzformen

Hinter Speisepunkten dürfen nur TT-, TN-S- oder IT-Netze angewendet werden.

Bei Ersatzstromversorgungsanlagen darf auf Isolationsüberwachung im IT-Netz verzichtet werden, wenn Anhang ZB zu VDE 0100 Teil 551 eingehalten ist.

Bei TN-C-Netz vor Baustromverteiler: Zuleitung ≥ 10 mm² Cu oder 16 mm² Al

Stromkreise mit Steckdosen auf Baustellen

Bei TT-Netz und TN-S-Netz

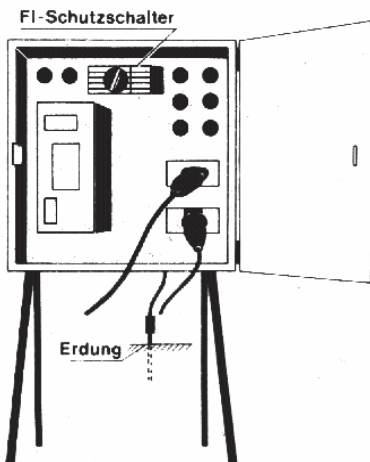
- einphasige Steckdosen bis 16 A: FI-Schutz ≤ 30 mA
- sonstige Steckdosen: FI-Schutz ≤ 500 mA.

Bei IT-Netz mit Isolationsüberwachung - kein FI-Schutz erforderlich.

Die Speisung von Steckdosen ist auch zulässig mit Schutzkleinspannung oder aus einem Trenntransformator für mehrere Betriebsmittel nach VDE 0100, Teil 410, Nr. 6.5 oder einer Ersatzstromversorgungsanlage nach VDE 0100 Teil 551.

Stromkreise ohne Steckdosen auf Baustellen

Für die Stromkreise sind Schutzmaßnahmen nach VDE 0100 Teil 410 anzuwenden.



Beispiel eines Baustromverteilers

Freischalten

Anlagenhauptschalter müssen alle nicht geerdeten Leiter gleichzeitig Freischalten.


Schaltanlagen und Verteiler

Schaltanlagen und Verteiler müssen mindestens **Schutzart IP 43** nach DIN 40050 entsprechen. **Für Baustromverteiler** ist VDE 0660 Teil 501 zu beachten.

Kabel und Leitungen

Als flexible Leitungen sind gummi- oder kunststoffisolierte Leitungen nach VDE 0282 Teile 4, 10, oder 14 oder mindestens gleichwertige Bauarten zu verwenden. Mechanisch beanspruchte Leitungsstellen sind geschützt zu verlegen oder abzudecken. Freihängende Leitungsverbindungen sind von Zug zu entlasten. Masten müssen erhöhten Baustellenbelastungen genügen. Leitungsroller müssen VDE 0620 entsprechen.

Installationsmaterial

Installationsmaterial muss mindestens in **Schutzart IP X4-**  ausgeführt sein. Zum Netzanschluss sind nur 2polige Steckdosen mit Schutzkontakt nach VDE 0620 und VDE 0623 sowie CEE-Steckvorrichtungen gemäß VDE 0623 Teil 20 zulässig. Die Gehäuse der Steckvorrichtungen müssen aus Isolierstoff bestehen.

Schalt- und Steuergeräte und elektrische Maschinen

Diese Geräte müssen außerhalb von Schaltanlagen und Verteilern mindestens **Schutzart IP 44** entsprechen.

Schweißstromquellen müssen VDE 0543 bzw. VDE 0544 entsprechen. Stromerzeugungsaggregate müssen nach DIN 6280 und Schutzart IP 23 ausgeführt sein.

Handgeführte Elektrowerkzeuge müssen mindestens **Schutzart IP 2X** entsprechen und eine **Anschlussleitung H07RN-F bzw. A07RN-F** oder in gleichwertiger Bauart haben.

Leuchten

Leuchten, ausgenommen für Schutzkleinspannung, müssen mindestens in **Schutzart IP X3** nach VDE 0711 Teil 1 ausgeführt sein.

Handleuchten, ausgenommen für Schutzkleinspannung, müssen mindestens **Schutzart IP X5** nach VDE 0711 Teil 1 und VDE 0710 Teil 4 entsprechen.

Wärmegeräte

Wärmegeräte müssen mindestens spritzwassergeschützt sein - Schutzart IP X4 - 

Landwirtschaftliche Betriebsstätten

Schutz bei indirektem Berühren

In landwirtschaftlichen Betrieben müssen **für mehr als 25 V Wechsel- oder 60 V Gleichspannung** Maßnahmen zum **Schutz bei indirektem Berühren** vorgesehen werden (automatisches Abschalten). Stromkreise mit Steckdosen müssen durch **Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen** mit einem **Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$** geschützt sein.

Elektrische Betriebsmittel, die für den normalen Gebrauch verwendet werden, müssen mindestens der **Schutzart IP 44** (DIN 40 050) entsprechen.

Im Standbereich der Tiere ist ein Potentialausgleich durchzuführen.

Maßnahmen zum Brandschutz

Elektrische Betriebsmittel müssen so ausgewählt und errichtet werden, dass deren **normaler Temperaturanstieg** und der voraussehbare **Temperaturanstieg bei einem Fehler keinen Brand** verursachen können.

Schaltgeräte für Schutzmaßnahmen und für Steuerung müssen **außerhalb von feuergefährdeten Betriebsstätten** angebracht werden, es sei denn, sie befinden sich in einer Umhüllung, die eine Schutzart von mindestens IP 4X oder IP 5X (bei Auftreten von Staub) nach DIN 40 050 hat. Motoren, die automatisch oder fernbedient werden oder solche, die nicht dauernd überwacht werden, müssen durch eine **von Hand rückstellbare Schutzeinrichtung** (Motorstarter) gegen übermäßigen Temperaturanstieg geschützt sein.

Kabel- und Leitungsanlagen, die Räume oder Orte mit Brandgefahr versorgen oder durchqueren, müssen bei Überlast und Kurzschluss geschützt sein. Die entsprechenden Schutzeinrichtungen müssen **vor diesen Räumen oder Orten** angebracht werden.

Leuchten und Geräte

Leuchten müssen mit einer Umhüllung mindestens der Schutzart IP 4X oder IP 5X (bei Staub) nach DIN 40 050 ausgestattet sein. Lampen und Bauteile von Leuchten müssen gegen **mechanische Beanspruchungen** geschützt sein, z. B. durch geeignete starke Kunststoffhüllen, robuste Glasabdeckungen oder Gitter.

Heizgeräte zur Aufzucht von Tieren müssen allseitig in einem Abstand von mindestens 0,5 m von Tieren oder brennbaren Materialien angebracht werden.

Elektrozaungeräte müssen VDE 0667 entsprechen. Sie müssen eine ausreichende mechanische Festigkeit haben. Netzbetriebene Geräte müssen **schutzisoliert** sein. Die Impulse der Geräte müssen durch Intervalle von mindestens einer Sekunde getrennt sein.

Bei **Intensivtierhaltung** sollte, insbesondere bei Einrichtungen zur Lebenserhaltung der Tiere, VDE 0100 Teil 560 beachtet werden.

Schutzmaßnahmen beim Betrieb von elektrischen Anlagen

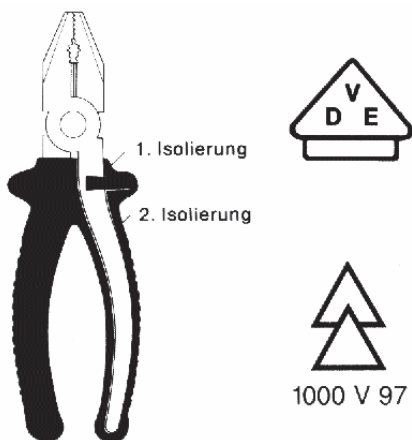
In der europäischen Norm EN 50110-1, die als VDE 0105 Teil 1 in das deutsche Vorschriftenwerk übernommen wurde, werden allgemeine Anforderungen für sicheres Bedienen von elektrischen Anlagen und sicheres Arbeiten an, mit oder in der Nähe solcher Anlagen gestellt.

Organisatorische Voraussetzungen für sicheres Arbeiten

Vor Beginn der Arbeiten haben der Anlagenverantwortliche und der Arbeitsverantwortliche Schaltungen in der Anlage und Arbeitsabläufe festzulegen.

Alle Personen, die mit Arbeiten an oder in der Nähe einer elektrischen Anlage beteiligt sind, **müssen über die einschlägigen Sicherheitsanforderungen, Sicherheitsvorschriften und betrieblichen Anweisungen unterrichtet werden**. Die Arbeitenden müssen angewiesen werden, diese Anforderungen, Vorschriften und Anweisungen einzuhalten. Die Unterrichtung ist erforderlichenfalls zu wiederholen.

Vor Beginn sowie während einer Arbeit **muss der Arbeitsverantwortliche dafür sorgen, dass alle einschlägigen Anforderungen, Vorschriften und Anweisungen eingehalten werden**. Er muss alle an der Arbeit beteiligten Personen über alle Gefahren unterrichten, die für diese nicht ohne weiteres erkennbar sind.



Gegen 1000 V isolierte Werkzeuge nach VDE 0682 mit Kennzeichnung

Arbeiten im spannungsfreien Zustand

Herstellen und Sicherstellen der Spannungsfreiheit

An unter Spannung stehenden aktiven Teilen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel darf im Regelfall nicht gearbeitet werden. Die Arbeiten sind grundsätzlich im spannungsfreien Zustand durchzuführen.

Für die Arbeiten muss der Arbeitsbereich eindeutig festgelegt werden.

Nachdem die betroffenen Anlagenteile festgelegt sind, müssen die folgenden fünf wesentlichen Anforderungen (fünf Sicherheitsregeln) in der angegebenen Reihenfolge eingehalten werden, sofern es nicht wichtige Gründe gibt, davon abzuweichen:

- Freischalten
- gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

Der Arbeitsverantwortliche erhält vom Anlagenverantwortlichen die Erlaubnis, die geplanten Arbeiten durchzuführen.

Alle an der Arbeit beteiligten Personen müssen Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen sein oder unter Aufsichtführung einer solchen Person stehen.

Freischalten

Der Teil der Anlage, an dem gearbeitet werden soll, muss von allen Einspeisungen freigeschaltet sein. Die Freischaltung ist durch Trennstrecken in Luft oder gleichwertige Isolation herzustellen, so dass sichergestellt ist, dass kein Überschlag erfolgt. Teile der Anlage, die nach dem Freischalten noch unter Spannung stehen, z. B. Kondensatoren, Kabel, müssen mit geeigneten Vorrichtungen entladen werden.

Gegen Wiedereinschalten sichern

Alle Schaltgeräte, mit denen die Arbeitsstelle freigeschaltet worden ist, müssen gegen Wiedereinschalten gesichert werden, vorzugsweise durch Sperren des Betätigungsmechanismus. Wenn keine Sperreinrichtungen vorhanden sind, müssen in der Praxis bewährte gleichwertige Maßnahmen getroffen werden, um gegen Wiedereinschalten zu sichern.

Wenn für die Betätigung der Schaltgeräte Hilfsenergie erforderlich ist, muss diese unwirksam gemacht werden. Unbefugte Eingriffe müssen durch entsprechende Schilder verboten werden. Wird durch Fernsteuerung gegen Wiedereinschalten gesichert, muss die Betätigung der Schaltgeräte vor Ort ebenfalls verboten werden. Alle Übertragungs- und Verriegelungssysteme, die für diesen Zweck verwendet werden, müssen zuverlässig sein.

Spannungsfreiheit feststellen

Die Spannungsfreiheit muss an oder so nahe wie möglich der Arbeitsstelle allpolig festgestellt werden. Dabei sind betriebliche Anweisungen einzuhalten, nach denen z. B. bestimmte festeingebaute oder ortsveränderliche Prüfgeräte oder Prüfsysteme verwendet werden müssen. Ortsveränderliche Messgeräte und Spannungsprüfer sind mindestens unmittelbar vor Gebrauch und nach Möglichkeit auch nach Gebrauch zu überprüfen. Wenn freigeschaltete Kabel an der Arbeitsstelle nicht eindeutig ermittelt werden können, sind statt dessen andere bewährte Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, z. B. die Anwendung geeigneter Kabelschneid- oder Kabelbeschussgeräte.

Wenn zum Feststellen der Spannungsfreiheit ferngesteuerte Erdungsschalter verwendet werden, muss die Schaltstellung des Erdungsschalters vom Fernsteuerungssystem zuverlässig übertragen werden.

Spannungsprüfer dürfen nur an der Handhabe gefasst werden. Der Bedienende muss im notwendigen Sicherheitsabstand von unter Spannung stehenden Teilen bleiben. Die Prüfelektrode von Spannungsprüfern muss beim Anlegen von anderen unter Spannung stehenden oder geerdeten Anlageteilen soweit wie möglich entfernt bleiben.

Erden und Kurzschließen

In Hochspannungsanlagen und bestimmten Niederspannungsanlagen müssen alle Teile, an denen gearbeitet werden soll, an der Arbeitsstelle geerdet und kurzgeschlossen werden. Die Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen müssen zuerst mit der Erdungsanlage verbunden und dann an

die zu erdenden Teile angeschlossen werden. Die Erdungs- und KurzschlieÙvorrichtungen müssen nach Möglichkeit von der Arbeitsstelle aus sichtbar sein. Anderenfalls sind sie so nahe an der Arbeitsstelle wie möglich anzubringen.

Müssen während der Arbeit Leiter unterbrochen oder verbunden werden und besteht dabei Gefahr durch Potentialunterschiede, dann sind zuvor an der Arbeitsstelle geeignete Maßnahmen zu ergreifen, wie z. B. Überbrückung, Erdung.

In jedem Fall muss sichergestellt sein, dass die Erdungs- und KurzschlieÙvorrichtungen, Kabel und Verbindungen geeignet und für die Kurzschlussbeanspruchung am Einbauort ausgelegt sind. Es muss sichergestellt werden, dass die Erdungs- und KurzschlieÙmaßnahmen während der gesamten Dauer der Arbeit wirksam bleiben. Wenn die Erdung und KurzschlieÙung für die Dauer von Messungen oder Prüfungen entfernt werden muss, sind geeignete andere Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.

Wenn durch ferngesteuerte Erdungsschalter geerdet und kurzgeschlossen wird, muss die Schaltstellung des Erdungsschalters vom Fernsteuersystem zuverlässig übertragen werden.

In Kleinspannungs- und Niederspannungsanlagen darf vom Erden und Kurzschließen abgesehen werden, außer wenn das Risiko besteht, dass die Anlage unter Spannung gesetzt wird, z. B. bei Freileitungen, die von anderen Leitungen gekreuzt oder elektrisch beeinflusst werden oder durch eine Ersatzstromversorgungsanlage.

In Hochspannungsanlagen sind nichtisolierte Freileitungen und blanke Leiter, die in den Bereich der Arbeitsstelle hineinführen allseitig und allpolig zu erden und kurzzuschließen. Mindestens eine Erdungs- und KurzschlieÙvorrichtung muss von der Arbeitsstelle aus sichtbar sein. Dies gilt mit folgenden Ausnahmen:

- Wenn während der Arbeit kein Leiter unterbrochen wird, genügt eine einzige Erdungs- und KurzschlieÙvorrichtung an der Arbeitsstelle
- Ist keine der Erdungs- und KurzschlieÙvorrichtungen innerhalb des Arbeitsbereichs sichtbar, muss eine zusätzliche Erdung, Anzeigevorrichtung oder eindeutige Kennzeichnung an der Arbeitsstelle angebracht werden.

Bei Arbeiten an nur einem Leiter einer Freileitung ist das Kurzschließen an der Arbeitsstelle nicht erforderlich, wenn alle nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

- An allen Ausschaltstellen ist geerdet und kurzgeschlossen

- Der Leiter, an dem gearbeitet wird, und alle leitfähigen Teile innerhalb des Arbeitsbereiches sind mit geeigneten Mitteln oder Vorrichtungen leitend verbunden und geerdet
- Der geerdete Leiter, die Arbeitsstelle und Personen befinden sich in einem Abstand größer als D_L von den übrigen Leitern desselben Stromkreises.

Bei isolierten Freileitungen, Kabeln oder anderen isolierten Leitern muss an allen Ausschaltstellen oder auf allen Seiten der Arbeitsstelle möglichst nahe an den Ausschaltstellen geerdet und kurzgeschlossen werden.

Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken und abschränken

Können Anlagenteile in der Nähe der Arbeitsstelle nicht freigeschaltet werden, müssen vor Arbeitsbeginn die unter Spannung stehenden Teile für die Dauer der Arbeiten, unter Berücksichtigung von Spannung, Art der Arbeit und der verwendeten Arbeitsmittel, durch Abdecken oder Abschränken geschützt werden.

Freigabe zur Arbeit

Die Freigabe zur Arbeit darf nur vom Arbeitsverantwortlichen und erst nach Durchführung der beschriebenen Maßnahmen erteilt werden.

Zur Vermeidung von Missverständnissen sollten für Arbeiten an Hochspannungsanlagen Einzelheiten über Freischaltungen und Erdungen in der Regel schriftlich festgelegt werden.

Unter Spannung setzen nach beendeter Arbeit

Entfernen von Personen und Sachen

Nach Beendigung und Überprüfung der Arbeit müssen alle Werkzeuge, Ausrüstungen und Hilfsmittel entfernt und nicht mehr benötigte Personen zurückgezogen werden. Erst dann darf mit dem Verfahren zum Wiedereinschalten begonnen werden.

Aufheben der Sicherheitsmaßnahmen

Alle Kurzschließ-, Erdungs- und anderen Sicherheitsmaßnahmen an der Arbeitsstelle müssen aufgehoben werden. Anschließend sind, ausgehend von der Arbeitsstelle, alle für

die Arbeit getroffenen Sicherheitsmaßnahmen außerhalb der Arbeitsstelle aufzuheben; dazu gehört das Entfernen der Kurzschließung und Erdung, das Aufheben der Sicherung gegen Wiedereinschalten sowie das Entfernen der für die Arbeit verwendeten Schilder.

Sobald eine der Sicherheitsmaßnahmen aufgehoben ist, sind die für die Arbeit freigeschalteten Anlagenteile als unter Spannung stehend zu behandeln.

Nach Beendigung der Instandhaltungsarbeiten ist die Anlage vom Arbeitsverantwortlichen an den Anlagenverantwortlichen unter Angabe des Anlagenzustandes zu übergeben.

Wiederherstellen des Betriebszustandes

Betriebsmäßig erforderliche Schutzvorrichtungen und Sicherheitsschilder sind wieder ordnungsgemäß anzubringen.

Verständigung

Das Bedienungspersonal ist von der Beendigung der Arbeit zu verständigen.

Die Meldung hat schriftlich oder mündlich zu erfolgen. Andere Arten der Informationsübermittlung, z. B. Funksignale, Rechner, Leuchtanzeigen, dürfen nur dann verwendet werden, wenn sichergestellt wird, dass der Übertragungsweg zuverlässig ist und keine Missverständnisse entstehen können und keine falschen Signale gegeben werden.

Alle Meldungen müssen den Namen und, falls erforderlich, den Standort der Person enthalten, die die Information übermittelt.

Um bei der mündlichen Informationsübermittlung Fehler zu vermeiden, muss der Empfangende die Information gegenüber dem Absender wiederholen, der bestätigen muss, dass die Information richtig empfangen und verstanden wurde.

Freigabe zur Arbeit und Wiedereinschalten nach beendeter Arbeit darf nicht aufgrund von Zeichengebung oder vorher getroffener Zeitabsprache erfolgen.

Einschaltbereitschaft an der Arbeitsstelle

An den Ausschaltstellen dürfen die Sicherheitsmaßnahmen erst aufgehoben werden, nachdem die Einschaltbereitschaft der Arbeitsstelle gemeldet worden ist.

Sind mehrere Arbeitsstellen beteiligt, darf dies erst erfolgen, wenn die Meldungen der Einschaltbereitschaft aller Arbeitsstellen vorliegen.

Kann die schaltende Person sich nicht selbst von der Einschaltbereitschaft der Arbeitsstelle überzeugen, ist die mündliche, fernmündliche, schriftliche oder fernschriftliche Bestätigung abzuwarten. Sie muss Namen und erforderlichenfalls Dienststelle des für die Einschaltbereitschaft der Arbeitsstelle oder für die richtige Übermittlung Verantwortlichen enthalten. Eine mündliche oder fernmündliche Meldung ist von der aufnehmenden Stelle zu wiederholen und die Bestätigung abzuwarten.

Das Einschalten zu einer festgelegten Zeit ohne vorherige Meldung der Einschaltbereitschaft der Arbeitsstelle ist unzulässig.

Auskunft über alle Fragen, die den Umgang mit elektrischem Strom betreffen, erteilen in Bayern die örtlich zuständigen Gewerbeaufsichtsämter:

GAA Augsburg, Morellstraße 30d, 86159 Augsburg,
Tel. 08 21/57 09-02, Fax 08 21/57 09-5 01
Internet-Kontakt: www.gaa-a.bayern.de

GAA Coburg, Oberer Bürglaß 34-36, 96450 Coburg,
Tel. 0 95 61/74 19-0, Fax 0 95 61/74 19-100
Internet-Kontakt: www.gaa-co.bayern.de

GAA Landshut, Neustadt 480, 84028 Landshut,
Tel. 08 71/8 04-0, Fax 08 71/8 04-2 19
Internet-Kontakt: www.gaa-la.bayern.de

GAA München-Stadt, Lotte-Branz-Straße 2, 80939 München,
Tel. 0 89/3 18 12-300, Fax 0 89/3 18 12-100
Internet-Kontakt: www.gaa-m-s.bayern.de

GAA München-Land, Heßstraße 130, 80797 München,
Tel. 0 89/6 99 38-0, Fax 0 89/6 99 38-100
Internet-Kontakt: www.gaa-m-l.bayern.de

GAA Nürnberg, Roonstraße 20, 90429 Nürnberg,
Tel. 09 11/9 28-0, Fax 09 11/9 28-29 99
Internet-Kontakt: www.gaa-n.bayern.de

GAA Regensburg, Bertoldstraße 2, 93047 Regensburg,
Tel. 09 41/50 25-0, Fax 09 41/50 25-114
Internet-Kontakt: www.gaa-r.bayern.de

GAA Würzburg, Georg-Eydel-Straße 13, 97082 Würzburg,
Tel. 09 31/41 07-02, Fax 09 31/41 07-503
Internet-Kontakt: www.gaa-wue.bayern.de

und das

**Bayerische Landesamt für Arbeitsschutz,
Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik**,
Pfarrstraße 3, 80538 München,
Tel. 0 89/21 84-0, Fax 0 89/21 84-297
Internet-Kontakt: www.lfas.bayern.de