

1. Gefahrenhinweise, Schutzmaßnahmen

1.1 Arbeitsschutzrecht und Arbeitssicherheit

Im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland ist das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit verankert.

Diese staatliche Garantie muss jedoch immer im Zusammenhang mit dem Lebensraum und den Lebensbedingungen gesehen werden. Insofern ist das Ziel, den Menschen, insbesondere am Arbeitsplatz, zu schützen nur ein Teil des größeren Zieles, das gesamte Leben zu erhalten. Hierzu gehört ebenso der Schutz der Umwelt vor Belastungen. Diese sind zwangsläufig mit der Industrialisierung der letzten 200 Jahre verbunden und steigen mit der Erhöhung der Güterproduktion proportional an. Je höher der Lebensstandard eines Volkes ist, um so mehr schädliche Nebenprodukte und –wirkungen treten auf, die die Umwelt belasten. Deshalb können und müssen entsprechende Problemstellungen sowohl für den

Arbeitsschutz, Nachbarschaftsschutz und Umweltschutz

Bedeutung haben.

Arbeitsschutz ist dann vollkommen, wenn die Sicherheit am Arbeitsplatz einen Stand erreicht hat, bei dem eine Gefährdung für den Menschen nicht gegeben und die Gestaltung der Arbeitsabläufe, der Arbeitsplätze, usw. dem Menschen gerecht werden.

Unter **Arbeitssicherheit** versteht man nicht nur den bereits erreichten Sicherheitsstandard am Arbeitsplatz, sondern auch das ständige Anpassen der Sicherheitsmaßnahmen an den jeweiligen Stand der Erkenntnisse.

Mängel in der **Arbeitssicherheit** bedeuten Sicherheitsdefizite, die zur Gefährdung des Menschen am Arbeitsplatz führen.

Zur Erreichung dieser Ziele wurden zahlreiche Rechtsnormen geschaffen. Sie legen fest, was als Recht gilt und woraus Recht abgeleitet wird. Rechtsnormen unterscheiden sich in Art und Rang. Als solche gelten z. B. das Grundgesetz, alle übrigen Gesetze, Rechtsverordnungen sowie das autonome Recht (Satzungsrecht), wie es von den Rechtsträgern des öffentlichen Rechts (z. B. Berufsgenossenschaften) im Rahmen ihrer Autonomie angewendet wird.

Der Aufbau von Arbeitsschutzvorschriften und Regeln folgt dem Grundsatz „Vom Allgemeinen zum Speziellen“.

Hierarchie der Gesetze und Verordnungen

Allgemeine Festlegungen:

Gesetze
Verordnungen
Unfallverhütungsvorschriften
Allgemeine Verwaltungsvorschriften
Durchführungsanweisungen

Spezielle Festlegungen:

Allgemeine Regeln der Technik
Hygiene und Arbeitsmedizin
Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse
(z.B. DIN Normen, VDE Vorschriften, Richtlinien)

1.2 Gesetzliche Grundlagen

Grundgesetz

Bereits aus dem Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland lassen sich für den Arbeitsschutz eindeutige Verpflichtungen ableiten. Nach Artikel 20 ist der Gesetzgeber unseres sozialen Rechtsstaates aufgefordert, Gesetze mit sozialem Inhalt zu erlassen.

Artikel 20: „Die Bundesrepublik ist ein demokratischer und sozialer Bundesstaat.“

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang der Artikel 2 des Grundgesetzes, der ausdrücklich das Recht auf körperliche Unversehrtheit aufführt.

Artikel 2:

- „1. Jeder Mensch hat das Recht auf die freie Entfaltung seiner Persönlichkeit, soweit er nicht die Rechte anderer verletzt und nicht gegen die verfassungsmäßige Ordnung oder das Sittenrecht verstößt.
2. Jeder hat das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit. Die Freiheit der Person ist unverletzlich. In diese Rechte darf nur aufgrund eines Gesetzes eingegriffen werden.“

Zur freien Entfaltung der Persönlichkeit gehört auch die selbstgewählte Arbeitsleistung des Menschen.

Handelsgesetzbuch / Bürgerliches Gesetzbuch

Auf dem Gebiet des Zivilrechts enthalten der § 618 des BGB bzw. der § 62 HGB vergleichbare Grundsatzanforderungen, nach denen Schutz für Leben und Gesundheit gefordert wird.

§ 618 BGB (Schutz gegen Gefahren):

1. Der Dienstberechtigte hat Räume, Vorrichtungen oder Gerätschaften, die er zur Verrichtung seiner Dienste zu beschaffen hat, so einzurichten und zu unterhalten und Dienstleistungen, die unter seiner Anordnung oder seiner Leitung vorzunehmen sind, so zu regeln, dass der Verpflichtete gegen Gefahr für Leben und Gesundheit so weit geschützt ist, als die Natur der Dienstleistung es gestattet.

Eine sinngemäß gleichlautende Verpflichtung enthält auch der § 62 HGB.

Der Dienstberechtigte ist nach dem heutigen Sprachgebrauch der Unternehmer, der Dienstverpflichtete ist der Mitarbeiter.

Berufsgenossenschaft

Die Berufsgenossenschaften (BGen) sind die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung. Sie sind eine Körperschaft des öffentlichen Rechts entsprechend dem Selbstverwaltungsgesetz aufgebaut und führen die vom Gesetzgeber in der Reichsversicherungsordnung (RVO) und im Sozialgesetzbuch (SGB) festgelegten Aufgaben in eigener Verantwortung durch.

Die BGen nehmen hoheitliche Aufgaben wahr, indem sie im Auftrage des Staates die Versorgung der bei einem Arbeitsunfall Verletzten sowie die Kontrolle der Arbeitssicherheit in den Betrieben übernehmen. Ihre Tätigkeiten werden überwacht durch:

1. das Bundesversicherungsamt daraufhin, ob die Gesetze und die von der BG beschlossene Satzung beachtet werden und
2. vom Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung daraufhin, ob die hinsichtlich der Unfallverhütung und Ersten Hilfe getroffenen Maßnahmen den gesetzlichen Bestimmungen entsprechen und zweckmäßig sind.

Die BGen sind fachlich gegliedert nach Gewerbebranchen und teilweise noch gebietsweise aufgeteilt.

Die meisten Betriebe der Abwassertechnik und der Wasserversorgungstechnik sind Mitglied in einer Berufsgenossenschaft, z. B. in der

Berufsgenossenschaft der
Gas, Fernwärme und Wasserwirtschaft
Auf 'm Hennekamp 74
40225 Düsseldorf

Die Anschrift der zuständigen BG muss in jeden Betrieb öffentlich ausgehängt werden.

Versichert sind Kraft Gesetzes alle Personen, die mit dem Mitgliedsbetrieb in einem Arbeits-, Ausbildungs-, Dienst- oder Lehrverhältnis stehen.

Den Beitrag zu dieser Sozialversicherung trägt der Unternehmer alleine. Die Beitragshöhe richtet sich nach Anzahl der Belegschaft und dem Gefährdungsgrad.

Die Hauptaufgaben der BGen sind

- Unfallverhütung und Erste Hilfe,
- Heilung von Verletzungsfolgen,
- Berufshilfe,
- Gewährung von Entschädigungsleistungen.

Unfallverhütung

Die BGen haben insbesondere

- UVVen zu erlassen,
- Sicherheitsbestimmungen, z. B. Richtlinien, Sicherheitsregeln, Merkblätter, usw. zu erarbeiten,
- Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten zur Ermittlung der Ursachen und Festlegung von Maßnahmen zur Vermeidung von Wiederholungsunfällen zu untersuchen,
- die Mitgliedsbetriebe durch technische Aufsichtsbeamte auf Einhaltung der UVVen und der sonstigen Sicherheitsbestimmungen zu überwachen,
- die Betriebe in allen Fragen der Arbeitssicherheit und des Arbeitsschutzes zu beraten,
- Vorsorge und Überwachungsuntersuchungen besonders gefährdeter Arbeitnehmer durch Aufstellen von Grundsätzen zu regeln,
- sicherheitstechnische Überprüfungen von technischen Arbeitsmitteln durchzuführen,
- die Unternehmer zur Sicherstellung einer wirksamen Ersten Hilfe bei Arbeitsunfällen anzuhalten,
- Sicherheitsfachkräfte, Sicherheitsbeauftragte und sonstige Mitarbeiter des Unternehmens in Fragen der Arbeitssicherheit auszubilden,
- die Arbeitssicherheit durch Werbung und Öffentlichkeitsarbeit zu fördern.

Die eigentliche Unfallverhütung im Betrieb muss an Ort und Stelle durch den Unternehmer bzw. dessen Beauftragten durchgeführt werden. Die BG kann nur Steuerungsfunktion ausüben.

Die Unfallverhütungsvorschriften (UVVen)

Die gesamte Elektrotechnik wird in der BGV A 2 abgehandelt, früher war das die VBG 4.

Diese UVV gilt auch für nichtelektrische Arbeiten in der Nähe elektrischer Teile und Betriebsmittel.

Die speziellen Festlegungen werden über die DIN – VDE Vorschriften abgehandelt.

1.3 Wirkung des elektrischen Stroms auf Menschen

Durch den hohen Stand der Sicherheitstechnik sind die von elektrischen Betriebsmitteln oder elektrischen Anlagen ausgehenden Gefährdungen vergleichsweise gering. Gefahren können jedoch auftreten bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln (Erweiterung, Änderung, Wartung, Instandsetzung), wenn technische Schutzmaßnahmen außer Funktion gesetzt werden und die vorgeschriebenen Verhaltensregeln nach den VDE – Bestimmungen und berufsgenossenschaftlichen Vorschriften (BG- Vorschriften) nicht eingehalten werden. Auch durch mangelhafte Pflege und unsachgemäßen Gebrauch durch den Betreiber von elektrischen Betriebsmitteln können Gefahren entstehen. Hauptsächliche Ursache von Elektrounfällen und Schäden ist, dass die anerkannten Regeln der Technik bewusst oder unbewusst nicht beachtet werden. Dadurch können Errichter, unbeteiligte Personen und Benutzer gefährdet werden.

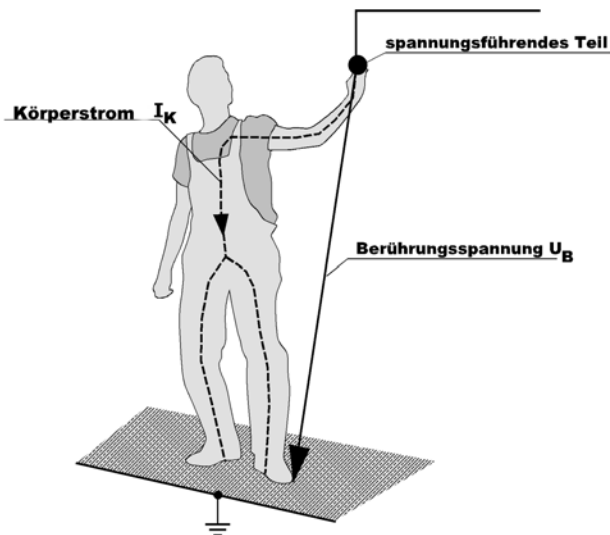
Mögliche Gefahren durch elektrischen Strom:

- Gefährlicher Körperstrom;
- Verbrennungen des menschlichen Körpers (Ursache z. B. Lichtbogen);
- Brandgefahr (Ursache z. B. Lichtbogen, Kurzschluss, Verlustwärme);
- Explosionsgefahr (Ursache z. B. Schaltfunke)
- Elektrodynamische Wirkung (Ursache z. B. Kurzschluss);
- Elektrochemische Korrosion (Ursache z. B. vagabundierender Gleichstrom).

VDE 0100 Teil 410 (Schutzmaßnahmen; Schutz gegen gefährliche Körperströme) ist für die Elektrofachkraft eine besonders wichtige VDE- Bestimmung. Werden spannungsführende Teile durch einen Menschen berührt, fließt ein Körperstrom. Die Höhe des Körperstromes hängt von der Spannungshöhe und vom Körperwiderstand (Körperimpedanz) ab.

Allgemein gilt:

Je höher die Spannung, desto höher der Körperstrom.



$$I_K = \frac{U_B}{R_K}$$

Abb. 1.1:
Körperstrom und Berührungsspannung

Körperwiderstand

Der Körperwiderstand des Menschen besteht aus dem Hautwiderstand (ca. 10000 Ohm bei trockener, ca. 100 Ohm bei feuchter Haut) und dem Widerstand des übrigen Körpers (ca. 700 bis 1000 Ohm). Bei höheren Spannungen bricht der Hautwiderstand zusammen, es kommt zum Durchschlag. Je höher die Berührungsspannung ist, desto niedriger wird der Körperwider-

stand. Zwischen Körperstrom und Berührungsspannung besteht deshalb kein linearer Zusammenhang. Auch verändert sich dieser bei verschiedenen Stromwegen. Unter extremen Bedingungen ist mit Körperwiderständen unter 300 Ohm zu rechnen.

Beispiel:

Welche Stromstärken ergeben sich beim Stromdurchgang durch den menschlichen Körper, wenn von einem Mindestwert von 1000 Ohm und der Netzspannung 230 V bzw. 400 V ausgegangen wird?

Gegeben: $R = 1000 \text{ Ohm}$ $U = 230 \text{ V}$ oder 400 V

Lösung: $I = U / R = 230 \text{ V} / 1000 \text{ Ohm} = 230 \text{ mA}$

$400 \text{ Volt} / 1000 \text{ Ohm} = 400 \text{ mA}$

Wie aus den Berechnungen zu ersehen ist, können diese Ströme bei entsprechenden Einwirkungsdauer schon zum Tode führen.

Wirkung des Körperstromes

Die biologische Wirkung hängt maßgeblich von der Stromart ab. Wechselstrom ist bedeutend gefährlicher als Gleichstrom.

- Wirkung auf Muskeln:
Ein durch den Körper fließender Strom kann je nach Stromstärke zu Verkrampfungen der Muskulatur führen. Bei Verkrampfung der Hand oder auch der gesamten Armmuskulatur kann der Griff um spannungsführende Teile nicht mehr gelöst werden (Festkleben). Die Verkrampfung der Atemmuskulatur führt zum Atemstillstand (Ersticken).
- Wirkung auf das Herz:
Je nach Stromstärke und Stromflussdauer kann der natürliche Herzschlagrhythmus gestört werden. Es kommt zu dem besonders gefährlichen Herzkammerflimmern, bei dem das Herz seine Pumpfunktion nicht mehr erfüllen kann. Bereits nach drei bis fünf Minuten stirbt der Mensch, oder es treten bleibende Gehirnschäden auf. Durch den Stromimpuls eines Defibrillators kann das Herz wieder zum normalen Schlagen angeregt werden. Ein besonders hohes Risiko für das Auftreten von Herzkammerflimmern ist bei den Stromwegen vom Brustkorb zur linken Hand, vom Brustkorb zur rechten Hand und von den Händen zu den Füßen gegeben.
- Wirkung auf das Körpergewebe:
Bei Hochspannungsunfällen führt die hohe Stromstärke zum Verkochen bis zur Verkohlung des Gewebes. Aufgrund der Gewebeerstörungen und den damit verbundenen giftigen Abbauprodukten tritt oft nach mehreren Tagen der Tod ein. Durch die Einwirkung von Lichtbögen kommt es zu schweren äußeren Verbrennungen.

Lebensgefährliche Verbrennungen sind nur im Mittelspannungs- und Hochspannungsbereich zu erwarten. Im Niederspannungsbereich muss mit der Gefahr des Herzkammerflimmerns sowie mit sogenannten Sekundärunfällen gerechnet werden. Sekundärunfälle sind durch Schreckreaktionen verursachte Unfälle (z. B. Berühren spannungsführender Teile und dadurch Sturz von der Leiter).

Wesentlich für die Betrachtung der Gefährdung des Menschen ist nicht nur die Stromstärke, sondern auch die Einwirkdauer des Stromes. Aus der folgenden Abbildung wird deutlich, dass sich eine genaue Abgrenzung zwischen gefährlicher Berührungsspannung und ungefährlicher Berührungsspannung nicht ergibt.

Wirkungsbereiche von Wechselstrom und Abschaltkennlinien

Wirkungsbereiche von Wechselstrom 50/60 Hz und Abschaltkennlinien für FI – Schutzschalter mit 10 mA und 30 mA Abschaltstrom

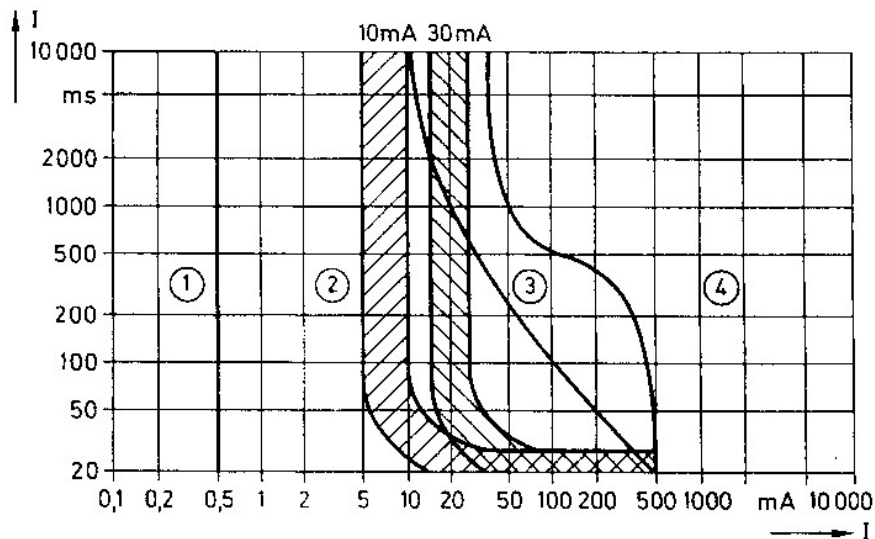


Abb. 1.2: Wirkungsbereich von Wechselstrom

Typische Auswirkungen beim Durchströmen des menschlichen Körpers mit Wechselstrom lassen sich vereinfacht in vier Bereiche zusammenfassen:

- Bereich 1:** (Strom 0 bis 25 mA, Zeitdauer beliebig)
Sinneserregung und Muskelkontraktion möglich, ab ca. 15 mA wird die Loslassgrenze überschritten, kein Einfluss auf Herzfunktion;
- Bereich 2:** (Strom 25 bis 40 mA, Zeitdauer beliebig)
Herzrhythmusstörungen möglich, Blutdrucksteigerung, Schmerzgefühl, Muskelkontraktion, noch kein Herzkammerflimmern;
- Bereich 3:** (Strom 40 bis 500 mA)
bei einer Zeitdauer bis 0,5 s noch kein Herzkammerflimmern; bei einer Zeitdauer über 0,5 s Herzkammerflimmern (unregelmäßiger Herzschlag) und damit Tod möglich, Blutdrucksteigerung, Bewusstlosigkeit;
- Bereich 4:** (Strom 500 bis 3000 mA)
bei einer Zeitdauer bis ca. 0,1 s keine Wirkung oder Herzkammerflimmern; bei einer Zeitdauer ab ca. 0,1 s Herzkammerflimmern, Bewusstlosigkeit, Verbrennungen möglich.

Für die Elektrofachkraft gilt:

Ab ca. 50 Volt Wechselspannung kann das Berühren von spannungsführenden Teilen bei ungünstigen Bedingungen gefährlich sein.

Bei Durchströmungsdauern kürzer als 0,2 s ist ein tödlicher Niederspannungsunfall unwahrscheinlich.

Hochempfindliche FI- Schutzeinrichtungen bieten einen hervorragenden Schutz – auch bei direktem Berühren.

Wie aus der Zusammenstellung der Auswirkungen beim Durchströmen des menschlichen Körpers zu ersehen ist, kann der Mensch kurzzeitig Wechselströme bis etwa 50 mA ohne Schaden ertragen. Die entsprechende Spannung, ab der eine Gefährdung möglich ist, ergibt sich bei einem Gesamtkörperwiderstand von 1000 Ohm mit

$$U = I \cdot R = 0,050 \text{ A} \cdot 1000 \text{ Ohm} = 50 \text{ Volt}$$

Wie aus genaueren Untersuchungen hervorgeht, können auch Spannungen unter 50 Volt bei längerer Einwirkungszeit gefährlich werden.

Erst Wechselspannungen von 25 Volt und darunter (60 Volt Gleichspannungen) sind ungefährlich. Bei Stromunfällen ist jede Sekunde kostbar. Der Helfer darf sich dabei jedoch nicht selbst gefährden. Bei Herzstillstand oder Herzkammerflimmern kann bis zum Eintreffen des Arztes durch Atemspende und Herzmassage ein Notkreislauf aufrechterhalten werden.

Gefahren des elektrischen Stromes an festen und wechselnden Arbeitsplätzen

Allgemeines zur elektrischen Sicherheit

Die elektrische Energie ist umweltfreundlich und leicht zu handhaben, kann jedoch bei unsachgemäßer Verwendung auch gefährlich sein. In den Statistiken spielen die Unfälle durch elektrischen Strom zwar nur eine geringe Rolle, trotzdem sind aber entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, um Gefährdungen von vornherein auszuschließen. Aufgaben der Elektrofachkräfte ist es, bei der Errichtung von elektrischen Anlagen und bei der Reparatur von Geräten die nötige Sorgfalt walten zu lassen und damit der elektrischen Sicherheit Geltung zu verschaffen.

Grundsätzlich zu den Gefahren

Fehlerhafte elektrische Anlagen und Geräte können die Gesundheit und das Leben von Menschen und Tieren gefährden sowie Sachwerte beschädigen und zerstören. Die Aufgabe der Schutzmaßnahmen d. h. des Schutzes gegen den elektrischen Schlag und des Schutzes gegen sonstige unerwünschte Wirkungen der Elektrizität ist es, derartige Gefährdungen zu vermeiden. In den entsprechenden Normen wird über die richtige Ausführung des Schutzes gegen elektrischen Schlag detailliert informiert wobei nicht für jeden Einzelfall eine genaue Anleitung gegeben werden kann. Vielmehr ist es Aufgabe der Elektrofachkräfte, die Normen richtig zu interpretieren und die Arbeit dann fachgerecht auszuführen.

Grundsätzlich ist festzuhalten:

Die Errichter der elektrischen Anlagen, also die Elektrofachkräfte, sind dafür verantwortlich, dass die Schutzmaßnahmen bei der Übergabe der Anlagen an den Betreiber einwandfrei funktionieren. Es ist sinnvoll, ein Prüfprotokoll über den Zustand der Anlage anzufertigen.

Die Hersteller der Elektrogeräte und der elektrischen Betriebsmittel sind für den fachgerechten Zustand bei deren Auslieferung zuständig. Die Einhaltung der Festlegung in der Normung garantiert die sicherheitstechnische Unbedenklichkeit der Produkte. Die Abbildung, z. B. das VDE – Zeichen auf dem Produkt, deutet auf die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen hin.

Nach der Inbetriebnahme der Anlage oder des Gerätes muss der Betreiber dafür sorgen, dass keine Schäden auftreten, welche die elektrische Sicherheit gefährden. Elektrische Anlagen sind in gewissen Zeitabständen zu überprüfen (siehe UVV). Bei Geräten ist auf sichtbare Schäden zu achten. Die Erhaltung der einwandfreien Beschaffenheit kann z. B. zu den Aufgaben des Sicherheitsingenieurs eines Industriebetriebes gehören; aber auch die Hausfrau ist gefordert, die ein elektrisches Küchengerät betreibt. Der Betreiber muss eine Elektrofachkraft beauftragen, aufgetretene Schäden zu beseitigen und den ordnungsgemäßen Zustand wieder herzustellen.

1.4 Unfälle durch den elektrischen Strom

Häufigkeit elektrischer Unfälle

Bei 30 Millionen Versicherten kommt es zu 1,5 Millionen Arbeitsunfällen im Jahr davon sind 1900 Stromunfälle. Von diesen Unfällen durch elektrischen Strom verläuft jeder 42. tödlich.

Tätigkeiten der Verletzten

Die meisten Unfälle geschehen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln, an zweiter Stelle steht das Handhaben und Bedienen von Elektrogeräten.

Spannung, bei welcher der Unfall eintritt

Die meisten Unfälle und tödlichen Unfälle geschehen im Niederspannungsbereich (230/400 V).

Berufliche Qualifikation der Verletzten

Es sind Elektrofachkräfte und elektrotechnisch unterwiesene Personen sowie Facharbeiter, die keine Elektrofachkräfte sind.

Berufliche Erfahrung

Die meisten Unfälle geschehen in den ersten fünf Berufsjahren.

Ermittlung der Ursachen von Arbeitsunfällen

Was ist ein Unfall? Definition:

„Ein Unfall ist ein plötzliches zeitlich begrenztes und nicht geplantes Ereignis.“
Versicherungsrechtlich ist ein Unfall ein unvorhersehbares Ereignis, bei einer versicherten Tätigkeit mit körperlicher Beeinträchtigung und Arbeitsunfähigkeit. Betriebswirtschaftlich ist ein Unfall ein unvorhersehbares Ereignis, das den regulären Betriebsablauf unterbricht und bei den Sachen und / oder Personen be- bzw. geschädigt werden.

Unfallereignisse zeigen das Wirksamwerden einer Gefahr und sind die Folgen von Missständen.

Ein Unfallereignis kann mit geeigneten Mitteln verhindert werden.

Wie entsteht ein Unfall?

Ein Unfall ist das letzte Glied einer kausalen Kette. Die Entstehung erfolgt nach gewissen Gesetzmäßigkeiten, die ursächlich zusammenhängen. In einem (menschlich beeinflussten) Umfeld führen menschliche Mängel (etwas nicht wissen, nicht können oder nicht wollen) und Unfallursachen (sicherheitswidrige Handlungen und / oder sicherheitswidrige Zustände) zu einem Unfallereignis (mit Personen- und / oder Sachschäden).

Unfälle haben immer eine Ursache

Die Ursachen eines Unfalles sind nachprüfbar und nachvollziehbare Tatsachen, Fakten und Umstände, die gezielt erkannt und beeinflusst werden können.

Die Unfallursachenermittlung ist eine der Hauptaufgaben, um das Unfallgeschehen positiv zu ändern – also Unfälle zu verhindern. Unfälle haben häufig mehrere Ursachen. Meist reicht die Beseitigung einer Ursache aus, um einen Unfall zu verhindern. Nachfolgend soll noch näher auf die Unfallursachen eingegangen werden.

Unfallursachen

Die Unfallursachen lassen sich grob in zwei Oberbegriffe einteilen:

- a) sicherheitswidriges Verhalten (persönliche Mängel / Ursachen)
- b) sicherheitswidrige Zustände (technische oder organisatorische Mängel / Ursachen)

Beispiele für persönliche Unfallursachen sind:

- mangelnde körperliche Eignung, Überforderung durch die psychische Belastung, geminderte Aufmerksamkeit (Müdigkeit, Sorgen)
- Unzufriedenheit, Unkenntnis der Gefahren, falsche Einstellung zum Unfallrisiko (Leichtsinn oder Mutproben)
- Unwirksammachen der Schutzeinrichtung, Nichtbenutzen der persönlichen Schutzmittel.

Beispiele für technische Unfallursachen sind:

- Konstruktions- oder Materialmängel an den Maschinen,
- fehlende oder mangelhafte Schutzeinrichtungen, Mängel der Steuerungs- und Signaltechnik,
- mangelnde Tragfähigkeit und Standsicherheit von Leitern, fehlende Abdeckung,
- mangelnde Bewegungsfreiheit, mangelhafte Beleuchtung oder Belüftung.

Beispiele für organisatorische Unfallursachen sind:

- mangelnde Aufklärung der Beschäftigten über die Gefahren,
- mangelnde Überwachung durch die aufsichtsführende Person,
- Personen sind mit Aufgaben betraut worden, die sie überfordern,
- Behinderung der Verständigung (Unkenntnis der deutschen Sprache, Lärm),
- Mängel in der Planung der Arbeitsabläufe, nicht angepasstes Arbeitstempo, unzweckmäßiges Arbeiten,
- Fehlende Körperschuttmittel.

Unfallursache ist häufig das sicherheitswidrige Verhalten von Menschen. Durch Gleichgültigkeit, die Unfähigkeit, Gefahren richtig einzuschätzen oder durch Überschätzung der eigenen Person entstehen oft nicht nur Gefahren für den Einzelnen, sondern vielfach ebenso für die Kollegen.

Die sicherheitswidrigen Zustände müssen erkannt und dann beseitigt werden.

1.5 Die fünf Sicherheitsregeln

Nur in Ausnahmefällen darf an unter Spannung stehenden Teilen gearbeitet werden. In der Regel darf nur an freigeschalteten elektrischen Anlagen gearbeitet werden. Vor Beginn der Arbeiten werden die fünf Sicherheitsregeln, die jede Elektrofachkraft kennen muss, durchgeführt.

Vor Beginn der Arbeiten:

1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und Kurzschließen
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile, abdecken oder abschränken.

Freischalten

Vor Beginn der Arbeiten sind alle Leitungen, die Spannung an die Arbeitsstätte heranzuführen, abzuschalten. Besondere Vorsicht ist bei vermaschten Netzen und Ringleitungen geboten. Hier kann von mehreren Seiten Spannung anstehen. Auch bei Beleuchtungsanlagen reicht es nicht aus, nur den betreffenden Schalter zu betätigen. Bei ausgeschalteter Beleuchtung kann bei Wechselschaltungen Netzspannung anstehen. Dann sind Leitungsschutzschalter abzuschalten bzw. Sicherungseinsätze zu entfernen.

Wenn der Arbeitende nicht selbst freigeschaltet hat, muss er vor Beginn der Arbeiten die Bestätigung der Freischaltung abwarten. Bei mündlicher oder fernmündlicher Meldung der Freischaltung sind Verständigungsfehler möglich. Die Meldung ist von der aufnehmenden Stelle zu wiederholen und die Gegenbestätigung abzuwarten. Keinesfalls darf ein Zeitpunkt vereinbart werden, ab dem die Anlage als freigeschaltet angesehen werden kann.

Vorsicht, wenn Leistungskondensatoren freigeschaltet werden. Es muss auf die vollständige Entladung geachtet werden. Bei längeren Kabelstrecken wirken auch diese Kabel wie ein Kondensator und müssen entladen werden.

Gegen Wiedereinschalten sichern

Die Gefahr, dass irrtümlich eine Wiedereinschaltung erfolgt, ist immer vorhanden. Um diese Gefahr auszuschalten, muss die Ausschaltstelle gesichert werden. Die beste Sicherung ist das Abschließen der Trenn- und Betätigungseinrichtung. Jede Elektrofachkraft sollte dazu ein eigenes Vorhängeschloss mit sich führen. Eine andere Möglichkeit ist die Mitnahme der herausgedrehten Sicherungen bzw. der Einsatz von Sperrelementen. Leitungsschalter sind durch Aufkleber (Nicht Einschalten) oder wenigstens durch Klebefolie zu sichern. Zusätzlich ist ein Verbotsschild, welches auf die Arbeiten und den Schaltzustand hinweist, zuverlässig und gut sichtbar anzubringen. Die Anbringung des Verbotsschildes wird ohne Einschränkungen gefordert. Bei Herausnahme von NH-Sicherungen in offenen Verteilern muss Gesichtsschutz und der NH-Sicherungsaufsteckgriff mit Stulpe benutzt werden.

Spannungsfreiheit feststellen

Zahlreiche Elektrounfälle ereignen sich durch Unterlassung der dritten Sicherheitsregel. Gerade bei Beschriftungsfehlern ist die Gefahr groß, dass Schaltfelder verwechselt werden. Bei Reparaturarbeiten werden Schaltelemente oftmals ein- und ausgeschaltet, um die Fehler zu orten. Dabei kommt es in der Praxis auch vor, dass die Elektrofachkraft den Schaltzustand verwechselt. Auch über Messleitungen, Steuerleitungen, Notstromaggregate oder Rücktransformation kann Spannung an die Arbeitsstätte gelangen. Daher ist es lebenswichtig, die Spannungsfreiheit allpolig durch geeignete und zugelassene Spannungsprüfer festzustellen. Nur eine Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person darf die Spannungsfreiheit feststellen. Vor Feststellung der Spannungsfreiheit muss der benutzte Spannungsprüfer selbst überprüft werden. Es muss sicher sein, dass er ordnungsgemäß anzeigt. Dies kann bei Spannungsprüfern ohne Eigenprüfvorrichtung durch Anlegen an ein unter Spannung stehendes Anlagenteil erfolgen. Gewarnt werden muss vor den kleinen preiswerten einpoligen Spannungsprüfern, die bis 250 Volt gegen Erde zugelassen sind. Bei isolierenden Fußbodenbelägen und an hellen Orten kann die Anzeige beeinträchtigt werden. Die zweipoligen Spannungsprüfer dürfen nicht in Anlagen mit Nennspannung über 1 kV verwendet werden.

Erden und Kurzschließen

Als zusätzlicher Schutz bei versehentlicher Wiedereinschaltung und bei Beeinflussungsspannungen werden Erdungs- und Kurzschlussgehäuse mit geeigneten Querschnitten verwendet. Es muss zuerst geerdet und dann kurzgeschlossen werden.

Erdung und Kurzschließung müssen von der Arbeitsstelle aus sichtbar sein. Wenn an Unterbrechungsstellen gearbeitet wird, muss an beiden Seiten geerdet und kurzgeschlossen werden. In Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt kann auf das Erden und Kurzschließen verzichtet werden. Bei Arbeiten an Freileitungen (ausgenommen schutzisolierte Freileitungen) darf jedoch unabhängig von der Spannungshöhe nicht auf die 4. Sicherheitsregel verzichtet werden. In Industrieanlagen, zumal wenn Ausschalt- und Arbeitsstelle weit voneinander entfernt sind, empfiehlt sich das Erden und Kurzschließen aus Sicherheitsgründen auch in Anlagen unter 1000 Volt.

Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Alle unter Spannung stehende Anlagenteile, die den Arbeitenden gefährden könnten, müssen abgedeckt oder abgeschränkt werden. Wenn dies nicht möglich ist, muss auch der benachbarte Anlagenteil freigeschaltet werden. Die Abdeckungen müssen ausreichend isolierend, stabil und sicher befestigt sein. Dabei ist zu beachten, dass das Anbringen von Abdeckungen auf unter Spannung stehender Teile Arbeiten unter Spannung sind. Daher muss entsprechender Körperschutz getragen werden.

Erst nach Durchführung aller fünf Sicherheitsregeln darf die verantwortliche Aufsichtsperson die Arbeit freigeben.

Wiedereinschalten

Nach dem Entfernen der Arbeitsgeräte, Putzlappen, Hilfsstoffe, usw. müssen alle nicht mehr benötigten Personen den Gefahrenbereich verlassen, bevor die Sicherheitsmaßnahmen aufgehoben werden. Die Kurzschlussverbindung muss immer vor der Erdverbindung entfernt werden.

Hinweis:

Die fünf Sicherheitsregeln sind in umgekehrter Reihenfolge aufzuheben, bevor wieder eingeschaltet werden darf.

Arbeiten in der Nähe aktiver Teile

In der Nähe von aktiven Teilen, die nicht freigeschaltet oder abgedeckt bzw. abgeschränkt sind, darf nur gearbeitet werden, wenn bestimmte Mindestabstände eingehalten werden. Bei Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt wird in den Durchführungsanweisungen zur BGV A 2 als Richtwert ein Mindestabstand von 25 cm im Umkreis von der Arbeitsstelle genannt. Dabei müssen unbewusste Bewegungen des Arbeitenden und die Größe der benutzten Werkzeuge beachtet werden. Es sind deshalb gegebenenfalls Zuschläge bei der Bemessung des Abstandes zu machen.

Besondere Vorsicht ist bei Arbeiten mit Leitern, sperrigen Materialien in elektrischen Anlagen und bei Arbeiten im Bereich von Freileitungen über 1 kV geboten.

Bei nichtelektrotechnischen Arbeiten (Hoch- und Tiefbauarbeiten, Gerüstbau, usw.) ist zu aktiven Teilen bis 1000 Volt der Mindestabstand 1,00 m und zu aktiven Teilen über 1000 Volt von 3,00 m einzuhalten.

Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen

Die BGV A 2 verbietet bis auf wenige Ausnahmen das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen. Das bewusste oder unbewusste Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen oder in der Nähe solcher Teile ist besonders unfallträchtig. Diese Elektrounfälle geschehen durch das Berühren unter Spannung stehender Teile und durch Auslösung von Lichtbögen durch Kurzschluss. An unter Spannung stehenden Teilen darf gearbeitet werden, wenn durch die Höhe der Spannung oder des Kurzschlussstromes keine Gefahr besteht, beispielsweise bei eigensicheren Stromkreisen.

Gründe für das Arbeiten unter Spannung können sein:

- Gefährdung von Leben und Gesundheit von Personen,
- Brand- oder Explosionsgefahr,
- größere wirtschaftliche Schäden im Betrieb,
- Störungen in Verkehrsanlagen, wenn dadurch eine erhebliche Gefahr für Verkehrsteilnehmer besteht,
- Arbeiten in der öffentlichen Stromversorgung.

In feuergefährdeten Betriebsstätten darf grundsätzlich nicht an unter Spannung stehenden Teilen gearbeitet werden.

Da das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen besonders gefährlich ist, dürfen diese Arbeiten nur von besonders geeigneten Elektrofachkräften ausgeführt werden.

Während der Arbeiten unter Spannung sollte ein Mitarbeiter anwesend sein, der in Herz – Lungen – Wiederbelebung ausgebildet ist.

Freigabeschein (auszufüllen, Zutreffendes ankreuzen, Unzutreffendes streichen) Vorstellung	
Ausführung (Firma o. Abt.): _____	
Arbeitsort (Anlage): _____	
Arbeitsstelle: _____	
Arbeitsauftrag / Baumaßnahme: _____	
Datum und Zeit des Beginns: _____	Voraussichtliches Ende: _____
Aufsichtsführender/Baustellenaufsicht des Ausführenden: _____	
(Name): _____	(Unterschrift): _____
Einweisung durch: _____	
Koordinator gem. BaustellV § 3: _____	
Koordinator gem. BGV A 1 § 6 (VBG 1 § 6): _____	
<input type="checkbox"/> 1. Freischalten <input type="checkbox"/> Hauptverteilung _____ <input type="checkbox"/> Unterverteilung _____ <input type="checkbox"/> Vor Ort _____ 2. Gegen Wiedereinschalten sichern 3. Spannungsfreiheit feststellen 4. Erden und Kurzschließen 5. Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken. <input type="checkbox"/> Anbringen der Hinweisschilder Reparaturarbeiten <input type="checkbox"/> Sonstiges _____ _____ _____	<input type="checkbox"/> Schließen bzw. Öffnen von Schiebern / Antrieben <input type="checkbox"/> Setzen von Steckscheiben / Blinddeckel / Blasen <input type="checkbox"/> Setzen von Absperreinrichtungen <input type="checkbox"/> Abtrennen von Leitungen <input type="checkbox"/> Öffnen von Spül-/Entgasungsstutzen <input type="checkbox"/> Anlage drucklos machen (entspannen) <input type="checkbox"/> Reinigen der Anlagenteile <input type="checkbox"/> Sonstiges _____ _____ _____
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Bei Baumaßnahmen weitere Informationen über Regelungen und Ansprechpartner (s. Rückseite)	
Ausgeführt durch Betrieb / Instandhaltung Name: _____ Datum: _____	Ausgeführt durch Betrieb / Instandhaltung Name: _____ Datum: _____
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Erlaubnisschein erforderlich !	
Betrieb	IN / GM / Fremdfirma
Anlagenfreigabe und Übergabe erteilt	Übernahme durch:
Name: _____ Datum: _____ Unterschrift: _____	Name: _____ Datum: _____ Unterschrift: _____
Übernahme nach Beendigung der Arbeiten durch BE/BL	Übergabe durch:
Name: _____ Datum: _____ Unterschrift: _____	Name: _____ Datum: _____ Unterschrift: _____

Der Freigabeschein ist mit dem Arbeitsauftrag abzuheften.

Abb. 1.3: Freigabeschein

1.6 Prüfungen in elektrischen Anlagen

In § 5 der BGV A 2 „Elektrische Anlagen“ ist festgelegt, dass der Unternehmer dafür zu sorgen hat, dass elektrische Anlagen und Betriebsmittel auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden,

1. vor der ersten Inbetriebnahme und nach einer Änderung oder Instandsetzung vor der Wiederinbetriebnahme durch eine Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft und
2. in bestimmten Zeitabständen.

Die Fristen sind so zu bemessen, dass entstehende Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden. Bei der Prüfung sind die sich hierauf beziehenden elektrotechnischen Regeln zu beachten. Auf Verlangen der Berufsgenossenschaft ist ein Prüfbuch mit bestimmten Eintragungen zu führen. Die Prüfung vor der ersten Inbetriebnahme nach Absatz 1 ist nicht erforderlich, wenn dem Unternehmer vom Hersteller oder Errichter bestätigt wird, dass die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel den Bestimmungen dieser Unfallverhütungsvorschrift entsprechend beschaffen sind.

Die Verantwortung für die ordnungsgemäße Durchführung der Prüfungen obliegt der Elektrofachkraft. Stehen für die Mess- und Prüfaufgaben geeignete Mess- und Prüfgeräte zur Verfügung, dürfen auch elektrotechnisch unterwiesene Personen unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft prüfen.

Ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel

Für ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel sind die Forderungen hinsichtlich Prüffrist und Prüfer erfüllt, wenn die in Abbildung 1.4 genannten Festlegungen eingehalten werden. Die Forderungen sind für ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel auch erfüllt, wenn diese von einer Elektrofachkraft ständig überwacht werden. Ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel gelten als ständig überwacht, wenn sie kontinuierlich

- von Elektrofachkräften instandgehalten und
- durch messtechnische Maßnahmen im Rahmen des Betriebes (z. B. Überwachen des Isolationswiderstandes) geprüft werden.

Die ständige Überwachung als Ersatz für die Wiederholungsprüfung gilt nicht für die elektrischen Betriebsmittel der Abbildungen 1.5 und 1.6.

Wiederholungsprüfungen ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist	Art der Prüfung	Prüfer
Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel	4 Jahre	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft
Elektrische Anlagen und ortsfeste elektrische Betriebsmittel in „Betriebsstätten, Räumen und Anlagen besonderer Art“ (DIN VDE 0100 Gruppe 700)	1 Jahr		
Schutzmaßnahmen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in nichtstationären Anlagen	1 Monat	auf Wirksamkeit	Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte
Fehlerstrom-, Differenzstrom und Fehlerspannungs-Schutzschalter - in stationären Anlagen - in nichtstationären Anlagen	6 Monate arbeitstäglich	auf einwandfreie Funktion durch Betätigen der Prüfeinrichtung	Benutzer

Abb. 1.4: Wiederholungsprüfungen ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel

Die Abbildung 1.5 enthält Richtwerte für Prüffristen. Als Maß, ob die Prüffristen ausreichend bemessen werden, gilt die bei den Prüfungen in bestimmten Betriebsbereichen festgestellte Quote von Betriebsmitteln, die Abweichungen von den Grenzwerten aufweisen (Fehlerquote). Beträgt die Fehlerquote höchstens 2 % kann die Prüffrist als ausreichend angesehen werden.

Die Verantwortung für die ordnungsgemäße Durchführung der Prüfung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel darf auch eine elektrotechnisch unterwiesene Person übernehmen, wenn geeignete Mess- und Prüfgeräte verwendet werden.

Wiederholungsprüfungen ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel

Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist Richt- und Maximal-Werte	Art der Prüfung	Prüfer
Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (soweit benutzt) Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen mit Steckvorrichtungen Anschlussleitungen mit Stecker bewegliche Leitungen mit Stecker und Festanschluss	Richtwert 6 Monate, auf Baustellen 3 Monate*). Wird bei den Prüfungen eine Fehlerquote < 2 % erreicht, kann die Prüffrist entsprechend verlängert werden. Maximalwerte: Auf Baustellen , in Fertigungsstätten und Werkstätten oder unter ähnlichen Bedingungen ein Jahr, in Büros oder unter ähnlichen Bedingungen zwei Jahre.	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft, bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte auch elektrotechnisch unterwiesene Person.

Abb. 1.5: Wiederholungsprüfungen ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel

*) Konkretisierung siehe „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz – Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Baustellen“

Schutz- und Hilfsmittel

Die Prüffristen für Schutz- und Hilfsmittel zum sicheren Arbeiten in elektrischen Anlagen und persönliche Schutzausrüstung sind in Abbildung 1.6 angegeben.

Prüfungen für Schutz- und Hilfsmittel

Prüfobjekt	Prüffrist	Art der Prüfung	Prüfer
Isolierende Schutzbekleidung (soweit benutzt)	vor jeder Benutzung	auf augenfällige Mängel	Benutzer
	12 Monate	auf Einhaltung der in den elektrotechnischen Regeln vorgegebenen Grenzwerte	Elektrofachkraft
	6 Monate für isolierende Handschuhe		
Isolierende Werkzeuge, Kabelschneidergeräte isolierende Schutzvorrichtungen sowie Betätigungs- und Erdungsstangen	vor jeder Benutzung	auf äußerlich erkennbare Schäden und Mängel	Benutzer
Spannungsprüfer, Phasenvergleich		auf einwandfreie Funktion	
Spannungsprüfer, Phasenvergleich und Spannungsprüfsysteme (kapazitive Anzeigensysteme) für Nennspannungen über 1 kV	6 Jahre	auf Einhaltung der in den elektrotechnischen Regeln vorgegebenen Grenzwerte	Elektrofachkraft

Abb. 1.6: Prüfungen für Schutz- und Hilfsmittel

Erkennen und Beurteilen einer nicht ordnungsgemäß durchgeführten Installation

An der folgenden, nicht vollständigen Checkliste, soll eine nicht ordnungsgemäß durchgeführte Installation erkannt werden:

- Sind alle aktiven Teile durch Isolierung oder Abdeckung gegen direktes Berühren geschützt?
- Weisen Isolierungen oder Abdeckungen z. B. von Steckdosen oder Schalter Beschädigungen auf?
- Sind die Abdeckungen, z. B. von Steckdosen, Schalter oder Abzweigdosen ordnungsgemäß befestigt?
- Sind die Betriebsmittel fachgerecht befestigt?
- Weisen Isolierungen von Leitungen, Kabel und Drähte Beschädigungen auf?
- Sind die Betriebsmittel ausreichend gegen mögliche Einwirkungen von Feuchte und Staub geschützt?
- Sind die Überstrom- und Kurzschlussschutzeinrichtungen den Leiterquerschnitten und der Strombelastbarkeit richtig zugeordnet?
- Ist die Motorschutzeinrichtung, bezogen auf den Motor, richtig eingestellt?
- Ist die Leitung für den verwendeten Zweck geeignet?
- Weist die Leitung Beschädigungen oder Zeichen thermischer Überbeanspruchung an ihrer Isolierung auf?
- Ist die Leitung ordnungsgemäß verlegt, führt sie über scharfe Kanten, ist sie geknickt, ist sie richtig befestigt, ist sie zugentlastet?
- Sind die Abstände von Wärme erzeugenden Betriebsmitteln gegenüber entzündlichen Stoffen ausreichend?
- Sind die Betriebsmittel für die Betriebsstätten geeignet und zulässig?
- Sind Leitungs- und Kabeldurchführungen fachgerecht abgedichtet?
- Sind nicht benutzte Leitungseinführungen (z. B. von Abzweigdosen) verschlossen?
- Sind die für unterschiedliche Spannungen verwendeten Steckvorrichtungen unverwechselbar?
- Sind die Leiter (Drähte) in den Verteilern einzeln auf Klemmen angeschlossen?
- Sind die Anschluss- und Verbindungsstellen gegen Selbstlockern gesichert?
- Sind die Schutzkontakte der Steckvorrichtungen nicht verbogen oder verschmutzt?
- Sind die Leitungen ordnungsgemäß abgesichert?
- Sind Schutzleiter und PEN- Leiter für sich allein nicht schaltbar?
- Sind die Leiter nicht verwechselt?
- Ist der Hauptpotenzialausgleich wirksam hergestellt?
- Stimmen Schaltpläne mit dem tatsächlichen Anlagenaufbau und der Stromkreiskennzeichnung überein?
- Sind die erforderlichen Einrichtungen zum Stillsetzen und Ausschalten (Not-Aus-Einrichtungen), Verriegelungen, Schutzeinrichtungen, Melde- und Anzeigeeinrichtungen richtig eingebaut und vollständig?
- Sind für Anlagen und Räume, für die besondere Schutzmaßnahmen gelten, diese auch eingehalten worden?
- Schaltet der RCD ab, wenn die Prüftaste betätigt wird?

Erkennen und Beurteilen eines schadhafte Elektrogerätes

An der folgenden, nicht vollständigen Checkliste, soll ein schadhaftes Elektrogerät erkannt werden:

- Sind alle aktiven Teile durch Isolierung oder Abdeckung gegen direktes Berühren geschützt?
- Weisen Isolierungen oder Abdeckungen des Gerätes Beschädigungen auf?
- Sind die Abdeckungen ordnungsgemäß befestigt?
- Weisen Isolierungen von Leitungen Beschädigungen auf?

- Ist die Geräteleitung für den verwendeten Zweck geeignet?
- Weist die Leitung Beschädigungen oder Zeichen thermischer Überbeanspruchung an ihrer Isolierung auf?
- Ist die Leitung richtig befestigt, ist sie zugentlastet?
- Ist die Leitung, wenn erforderlich (z. B. bei Tauchpumpen) fachgerecht abgedichtet?
- Ist das Gerät ausreichend gegen mögliche Einwirkungen von Feuchte und Staub geschützt?
- Ist das Gerät stark verschmutzt oder verrostet?
- Sind nicht benutzte Leitungseinführungen verschlossen?
- Erfüllt das Gerät die Bedingungen des Schutzes gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren), z. B. für Schutzklasse II (Schutzisolierung), SELV (Schutzkleinspannung), Schutztrennung?
- Sind die für unterschiedliche Spannungen verwendeten Steckvorrichtungen unverwechselbar?
- Sind die Anschluss- und Verbindungsstellen gegen Selbstlockern gesichert?
- Ist der Schutzleiter an die dafür besonders gekennzeichnete Klemme angeschlossen?
- Sind die Schutzkontakte des Steckers nicht verbogen oder verschmutzt?
- Sind die Leiter nicht verwechselt?

Prüfungen der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren

Vor der Inbetriebnahme ist vom Errichter festzustellen, ob die geforderten Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren richtig angewendet worden sind.

Die dazu notwendigen Prüfungen umfassen:

- Besichtigung
- Erprobung
- Messung

Im Einzelfall sind besondere Festlegungen – auch in VDE 0100 – sowie z. B. in VDE 0107, 0108, 0113 zu berücksichtigen.

EINE FUNKTIONSKONTROLLE DARF IN JEDEM FALL ERST NACH DEM PRÜFEN DER SCHUTZMAßNAHMEN Vorgenommen werden!

Besichtigung

Die Besichtigung genießt Vorrang vor allen anderen Prüfungen und kann nicht erst genommen werden.

Schon bei der Errichtung einer elektrischen Anlage muss laufend in gewissen Arbeitsabschnitten eine Besichtigung erfolgen. Dies gilt insbesondere für das richtige Anschließen des Schutzleiters und das Kennzeichnen der Anschlussstelle und die richtige Auswahl der Schutzeinrichtungen.

Wenn die elektrische Anlage fertig errichtet ist, ist eine Besichtigung nur noch bedingt möglich und würde zu einer teilweisen Demontage führen, was Anlass für zusätzliche Fehlerquellen sein kann.

Erprobung

Die Erprobung besteht in der Bestätigung der Prüfeinrichtungen von

- FI-Schutzschaltern,
- FU-Schutzschaltern,
- Isolationsüberwachungsgeräten.

DURCH DIE ERPROBUNG WIRD NUR DIE FUNKTION DER SCHUTZEINRICHTUNG ÜBERPRÜFT! NIEMALS DIE SCHUTZMAßNAHME!

Messung

Durch Messungen müssen die Werte ermittelt werden, die eine Beurteilung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen ermöglichen. Beim Messen dürfen keine Unfall- oder Brandgefahren entstehen.

Es müssen Messgeräte verwendet werden

- deren Ausgangsspannung bei 10 mA Belastung die zulässige Berührungsspannung von 50 V bzw. 25 V nicht überschreiten oder
- die bei Überschreiten der zulässigen Berührungsspannung nach höchstens 0,2 s selbsttätig abschalten oder
- bei denen die Messung mit einem so hochohmigen Messkreis begonnen werden kann, dass der Messstrom höchstens 10 mA beträgt. Erst wenn festgestellt worden ist, dass die zulässige Berührungsspannung nicht überschritten wird, darf die Prüfung mit niedrigen Prüf Widerständen fortgesetzt werden.

Messgeräte nach VDE 0413 erfüllen diese Forderungen.

Wiederholungsprüfungen

Elektrische Anlagen sind in angemessenen Zeiträumen erneut zu prüfen. Der Umfang der Prüfungen darf je nach Bedarf und nach den örtlichen Verhältnissen dann auf Stichproben beschränkt werden, wenn dadurch eine Beurteilung des ordnungsgemäßen Zustandes möglich ist (siehe auch VDE 0105, BGV A 2).

Im Allgemeinen werden durch eine Besichtigung, vor allem der kritischen Anlagenteile, Mängel gefunden. Besondere Aufmerksamkeit ist erforderlich für:

- Provisorische Leitungen (Unfall-, Brandgefahr)
- Steckdosen (verschmort?)
- Defekte oder fehlende Abdeckungen (Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile)
- Sicherungen (geflickt? Brandgefahr)
- LS-Schalter und FI-Schalter (überbrückt? Unfall-, Brandgefahr)
- lose Klemmverbindungen (PE-Leiterunterbrechung)
- die Zuordnung der Überstromschutzorgane zu den Leiterquerschnitten (Änderung vorgenommen?)
- die Änderung der Raumart (Ist die vorhandene Installation noch zulässig?).

Messungen der angewendeten Schutzmaßnahmen brauchen unter Umständen nicht wiederholt zu werden, wenn sich die bei der Errichtung vorhandenen Voraussetzungen nicht wesentlich geändert haben.

Bei der Messung des Isolationswiderstandes ist oft die Messung Leiter gegen Leiter kaum oder gar nicht möglich. Hier kann es genügen, alle Leiter parallel zu schalten und gemeinsam gegen Erde bzw. PE-Leiter zu messen. Dabei können auch die Verbrauchsmittel angeschlossen bleiben. Nur wenn der Messwert nicht ausreichend ist, muss die Anlage aufgetrennt und durch Einzelmessungen das fehlerhafte Teil ermittelt werden.

Verantwortungsbereiche beim Arbeiten unter Spannung

Der Unternehmer

- trifft die Grundentscheidung für das Arbeiten unter Spannung,
- klärt die zwingenden Gründe,
- erstellt die Betriebsanweisung für das Arbeiten unter Spannung,
- ernennt Anlagenverantwortliche,
- lässt Elektrofachkräfte ausbilden,
- stellt die Ausrüstung zur Verfügung.

Der Anlagenverantwortliche

- entscheidet im Einzelfall, ob ein zwingender Grund zutrifft,
- erteilt die Anweisung zum Arbeiten unter Spannung,
- wählt geeignete Elektrofachkräfte aus,
- überwacht die Arbeiten.

Der Arbeitsverantwortliche

- entscheidet vor Ort, ob Arbeiten unter Spannung durchführbar sind,
- nimmt die Prüfung der Ausrüstung vor,
- führt die Arbeiten sicher und fachgerecht aus.

Organisatorische Maßnahmen beim Arbeiten unter Spannung

1. Arbeitsvorbereitung

Es sind alle elektrischen und anderen Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen. Für komplexe Arbeiten ist eine rechtzeitige schriftliche Vorbereitung erforderlich.

2. Maßnahmen des Anlagenverantwortlichen

Er ist verantwortlich, dass der sichere Zustand an der Arbeitsstelle hergestellt wird. Er schafft geeignete Kommunikationsverbindungen zwischen Arbeitsstelle und Leitstelle.

3. Maßnahmen des Arbeitsverantwortlichen

Er informiert den Anlagenverantwortlichen über Art und Ort der Arbeit. Er unterweist das Personal über Art und Umfang der Arbeiten, Sicherheitsmaßnahmen sowie den Umgang mit Werkzeug und Hilfsmitteln. Er hat die Umgebungsbedingungen an der Arbeitsstelle zu berücksichtigen und erteilt die Freigabe zur Arbeit. Nach Abschluss der Arbeiten und auch bei Unterbrechung der Arbeiten treffen aller Sicherheitsmaßnahmen und Information an den Anlagenverantwortlichen.

Prüfprotokoll für instandgesetzte elektrische Geräte

(1)

Auftrag Nr.

Auftraggeber (Kunde) (2) Herr/Frau/Firma		Elektrohandwerksbetrieb (Auftragnehmer)	
Geräteart : Bohrmaschine	Ident-Nr : 7636	Hersteller : Metabo	
Typenbezeichnung : 172,2		Schutzklasse : II	Nennstrom :
Fabr.-Nr :	Baujahr : 0	Nennspannung : 230,0 V	Nennleistung :
Annahme/ Anlieferung am : 17.10.2000	Reparatur am : 16.10.2000	Rückgabe/ Abholung am : 17.10.2000	
Kundenangaben (Fehler) :			
Durchgeführte Reparaturarbeiten :			
Prüfung (3) nach Instandsetzung gemäß DIN VDE 0701 Teil 1		Besondere Bestimmung DIN VDE 0701 Teil (4) :	
Besichtigung (5)			
Gehäuse i.O. <input checked="" type="checkbox"/>			
sonstige mechanische Teile i.O. (6) : <input checked="" type="checkbox"/>			
Geräte-Anschlußleitungen einschl. Steckvorrichtungen mängelfrei <input checked="" type="checkbox"/>			
Messung			
Schutzleiter (7) (Ohm)	Isolationswiderstand (8) (M. Ohm)	Ersatz-Ableitstrom (9) mA	
	>310.0	00.15	
Funktions- und Sicherheitsprüfung mängelfrei <input checked="" type="checkbox"/> Das Gerät kann nicht mehr instandgesetzt werden <input type="checkbox"/>			
Aufschriften vorhanden bzw. vervollständigt <input checked="" type="checkbox"/> Das Gerät hat erhebliche sicherheitstechnische Mängel, es besteht <input type="checkbox"/>			
Nächster Prüfungstermin gemäß Unfallverhütungsvorschrift VBG 4 (10) <input type="checkbox"/>			
16.10.2001 <input type="checkbox"/>			
- Brandgefahr <input type="checkbox"/>			
- Gefahr durch elektrischen Schlag <input type="checkbox"/>			
- mechanische Gefahr <input type="checkbox"/>			
Nenndaten des Gerätes stimmen mit den Hersteller-Kennwerten überein <input checked="" type="checkbox"/>			
Verwendete Meßgeräte (11)			
Fabrikat : GOSEN-METRAWATT		Typ : SECUTEST 0701S	
Fabrikat : GOSEN-METRAWATT		Typ : SECUTEST PSI	
Unterschriften			
Prüfer (12)		Verantwortlicher Unternehmer (13)	
Wasserwerk 16.10.2000			
Unterschrift		Unterschrift	

Abb. 1.7: Prüfprotokoll für instandgesetzte Geräte

Prüfprotokoll für elektrische Anlagen

Auftrag-Nr: 200107		Blatt-Nr.: 2
		Gesamte Blatt-Zahl:
Protokoll-Nr: 8		Gebäude-Nr: HBSCH
Bezeichnung:		
Ort/Firma:		
Grund der Überprüfung: Neuanlage		letzte Prüfung: 31.7.2001
		nächste Prüfung: 31.7.2002
Prüfer 1:	Prüfer 2:	Anwesende:
Netz: TN-C-S	Schutzmaßnahme: FI	Zust. EVU:

Verteiler/Schaltschränke

Nr.	Bezeichnung/Ort	Verteilerart	Zahl der Stromkreise	Zuleitung A	Zuleitung mm ²	Sonderbereiche	ZST [Ohm]	bes. Schutzmaßnahmen	1	2	3
001			0	0,00	0,00						

Stromkreise

Messungen nach DIN VDE0100 Teil 610

Verteiler	FI Stromkreis	Bezeichnung	Stromart	Schutzorgan [A]	Riso L Riso N [Ohm]	R Lo Ri [Ohm]	RE [Ohm]	Rschlk [A]	FI-Art IdN[A] UL [V]	Id [A] Uld [V]	tA:[s] UldN [V]	Sonderbereiche	Bes. Schutzm.	1	2	3
001	01/101				99.9M		0.08	0.25 920		18.9m 0.0	31.0m 0.1					
001	01/102									18.6m 0.0	27.0m 0.0					
001	02/101						0.1			316.m 0.0	28.0m 0.1					

Mängel erledigt	ja	nein	Unterschrift:	
Auftrags-Nummer:	_____			Prüfer1
Datum	_____			Prüfer2

(1=Besichtigungsmängel, 2=Brandgefahr, 3=Lebensgefahr)

Abb. 1.8: Prüfprotokoll für elektrische Anlagen

Prüfprotokoll zur Funktionsprüfung von Drehstromantrieben mit 1 Drehrichtung

Bauherr	Projekt		
Angaben zum Antrieb		Herstellerdaten gemäß Typenschild	
Kenn - Nr.		Seriennummer	
Klartextbezeichnung		Nennstrom	
Anlagenbereich		Sonstiges	

Aggregateschutz (Messungen)	eingestellt / vorgegeben	gemessen bei starrer Drehzahl	gemessen bei Min - Drehzahl	gemessen bei Max - Drehzahl
Motorstrom (in A)				
PT 100 - Motortemperatur (in °C)				
Motorfrequenz (in Hz)				

Funktionsprüfung (Signalisierung / Abschaltung)	NSHV / NSUV		Mosaikwarte		PLS		FW	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Drehrichtung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
allgemeine Störung elektrisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Sammelstörung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperaturabschaltung Temp. Max	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
PT100-Motortemperatur Grenzwert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Dichtigkeitsüberwachung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Motorstromanzeige (A)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Frequenzanzeige (Hz)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Funktionsprüfung (Handbetrieb)	NSHV / NSUV		Mosaikwarte		PLS		örtl. Bedienung	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Fahrbeehl Ein / Aus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Drehzahlverstellung langsamer / schneller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen	

Firma	Prüfer	Datum

Abb. 1.10: Prüfprotokoll zur Funktionsprüfung von Drehstromantrieben mit 1 Drehrichtung

Prüfprotokoll zur Funktionsprüfung von Drehstromantrieben mit 2 Drehrichtungen

Bauherr	Projekt
----------------	----------------

Angaben zum Antrieb	
Kenn - Nr.	
Klartextbezeichnung	
Anlagenbereich	

Herstellerdaten gemäß Typenschild	
Seriennummer	
Nennstrom	
Sonstiges	

Aggregateschutz (Messungen)	eingestellt / vorgegeben	gemessen in Drehrichtung Auf	gemessen in Drehrichtung Zu
Motorstrom (in A)			
Laufzeitüberwachung (in sec.)			

Funktionsprüfung (Signalisierung / Abschaltung)	NSHV / NSUV		Mosaikwarte		PLS		FW	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Drehrichtung Auf / Zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
allgemeine Störung elektrisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Sammelstörung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endlagensignalisierung Auf / Zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Drehmomentabschaltung Auf / Zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Thermistorschutz Temp. Max	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Laufmeldung Auf / Zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Stellungsgeber (4 - 20 mA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Funktionsprüfung (Handbetrieb)	NSHV / NSUV		Mosaikwarte		PLS		örtl. Bedienung	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Fahrbefehl Auf / Halt / Zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen	

Firma	Prüfer	Datum
--------------	---------------	--------------

Abb. 1.11: Prüfprotokoll zur Funktionsprüfung von Drehstromantrieben mit 2 Drehrichtungen

STADTWERKE

- Wasseranlagen

Wiederkehrende Überprüfungen der

Wasserspeichereinrichtung

HB:

Ort:

Datum:

Pos: Bezeichnung

1.	Schalt & Steueranlage	in Ordnung	<input type="checkbox"/>	
	Prüfprotokoll im Ordner abgeheftet	* Mängel festgestellt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Beleuchtungsanlage	in Ordnung	<input type="checkbox"/>	
		* Mängel festgestellt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Armaturen	in Ordnung	<input type="checkbox"/>	
		* Mängel festgestellt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Messeinrichtungen	in Ordnung	<input type="checkbox"/>	
	Wst.	in Ordnung	<input type="checkbox"/>	
	Durchfluß	* Mängel festgestellt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Alarmanlage	in Ordnung	<input type="checkbox"/>	
		* Mängel festgestellt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Überflutungsmeldung	in Ordnung	<input type="checkbox"/>	
		* Mängel festgestellt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	24 V Anlage	in Ordnung	<input type="checkbox"/>	
		* Mängel festgestellt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Gerätetest	in Ordnung	<input type="checkbox"/>	
	Prüfprotokoll im Ordner abgeheftet	* Mängel festgestellt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen:

Prüfer 1:

Prüfer 2:

Abb. 1.12: Prüfprotokoll für wiederkehrende Überprüfungen der Wasserspeichereinrichtung

Betriebsstellenübersicht

Verantwortungsbereich: Sachgebiet Klärtechnik

Baugruppe: Flockungsfiltration	Betriebsstellennummer: 1234
---------------------------------------	------------------------------------

Bauwerk (ggf. lfd. Nr.)	<u>Detailunterlagen</u>
Bauteil : Messung	Aktenschrank : Laborbüro:
Betriebspunkt :	Aktenbezeichnung :
Wartungspunkte : PO4Messung; Trübungsmessung	

Bemerkung: UVV beachten, Vorsicht Infektionsgefahr,

Kostenstelle : 54321	Bezeichnung : Flockenfilter
-----------------------------	------------------------------------

lfd. Nr.	Wartung, Inspektion, gepl. Instandsetzung	Interv:	Erl.	Name	Bemerkung
1.1	Phosphat – ONLINE -Messung ADI 2015, Reinigen und Warten	10			ungewöhnlicher Geruch, Farbe (ROT -Färbung), Absatz der Probe > 0,1 ml/l PO4-P-ONLINE-Messung > 0,5 mg/l P ➔ Stichprobe ziehen, Betriebsleitung einschalten
	Auffüllen der Standard-Lösung	3			
	Auffüllen der Natronlauge	3			
	Auffüllen der Ascorbinsäure-Lösung (Lsg. A)	3			
	Auffüllen der Schwefelsäure/ Molybdät- Lsg. (Lsg. B)	3			
1.2	Umwälzleitung reinigen	2			Algenbildung
1.3	Trübungsmessung MONITEK Mod.160/131, Warten und Eineichen	10			
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					

Abb. 1.14: Prüfprotokoll Abwasserbetrieb - Filtration

1.7 Prinzip der dreifachen Sicherheit

Wenn man rückblickend die Geschichte der Elektrotechnik betrachtet, so war die erste Sicherheitsmaßnahme gegen den Elektrounfall die Verhinderung der Gefahren, die durch die direkte Berührung unter Spannung stehender Teile (aktive Teile) gegenüber der Erde oder von aktiven Teilen mit verschiedenen Potentialen entstehen.

Dieser Schutz gegen direktes Berühren wird erreicht durch Basisisolierung, Abdeckungen oder Umhüllungen sowie Hindernisse oder Abstand.

Aber dieser Basisschutz alleine konnte – wie man bald erkannte - Elektrounfälle nicht verhindern. Alterungserscheinungen sowie mechanische, thermische oder chemische Beanspruchungen führen zum Versagen des Basisschutzes. Dadurch können einerseits durch Beschädigung äußerer Isolierungen oder bei fehlenden Abdeckungen aktive Teile direkt berührbar werden oder andererseits durch Isolationsfehler der Basisisolierung im Innern des Gerätes äußere leitfähige Teile Fehlerspannungen annehmen. Die beiden Fälle sollten streng von einander unterschieden werden.

Fall 1

Direkt berührbare aktive Teile, wie blanke Klemmen oder Leitungen mit beschädigter Isolierhülle, sind sichtbar und die Gefahr ist damit erkennbar.

Fall 2

Tritt dagegen im Innern des Gerätes ein Fehler der Basisisolierung auf, z. B. ein Durchschlag oder eine Kriechwegbildung, so ist nicht erkennbar, dass berührbare Teile unter Spannung stehen. Im ersten Fall kann man sich vor dem Fehler schützen, indem man den sichtbaren Schaden behebt, also das Gerät repariert. Im zweiten Fall müssen Maßnahmen getroffen werden, dass entweder bei einem Fehler der Basisisolierung äußere leitfähige Teile keine gefährlichen Fehlerspannungen annehmen (kleinere Spannung, Schutzisolierung, oder Schutztrennung) oder dass eine automatische Abschaltung des fehlerhaften Gerätes erfolgt.

Der Fehlerschutz im weitesten Sinne besteht also in der Sorgfalt beim Umgang mit elektrischen Geräten und der Reparatur sichtbarer Schäden sowie in den Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren, um auch gegen die nicht erkennbaren Gefahren zu schützen.

Wenn man also den Basisschutz als erste und wichtigste Maßnahme gegen gefährliche Berührungsströme ansieht, dann bildet der Fehlerschutz die zweite Barriere gegen den Tod durch Elektrizität. Als Fehlerschutz im engeren Sinne sind dann die klassischen Schutzmaßnahmen bei indirekten Berühren anzusehen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass auch der Fehlerschutz versagen kann. Schutzleiter können brechen oder verwechselt werden. Abdeckungen fehlen, aktive Teile sind zugänglich.

Auch die Schutzisolierung kann versagen, oder Geräte fallen in die Badewanne. Es handelt sich häufig um Fehlerereignisse, bei denen der Fehlerschutz nicht wirksam werden kann, z. B. wenn der gefährliche Berührungsstrom nicht ausreicht, den fehlerhaften Stromkreis rechtzeitig zu unterbrechen. In solchen Fällen kann eine dritte Schutzebene wirksam werden, die Fehlerströme unterbricht oder auf ungefährliche Werte begrenzen.

Die Fehlerstromschutzschaltertechnik (RCD) ermöglicht es, auch dann noch zu schützen, wenn die zweite Barriere gegen Elektrounfälle zusammengebrochen ist. Durch den Zusatzschutz mit dem Fehlerstrom Schalter kleiner als 30 mA kann eine dritte Ebene gegen den Stromtod aufgebaut werden. Damit entsteht ein kaskadenförmiges System der dreifachen Sicherheit mit höchstem Schutzwert. Man kann den Begriff des Zusatzschutzes erweitern, wenn man ihn ganz allgemein als eine Maßnahme ansieht, die den Schutz gegen gefährliche Berührungsströme erhöht und Gefahren verringert, die entstehen können, wenn der Fehlerschutz und /oder der Basisschutz versagen. Auch der Potentialausgleich setzt die Berührungsgefahr herab und zwar auch dann, wenn der

Fehlerschutz versagt. Dies gilt auch bei isolierenden Böden und Wänden, nicht Wasser-, Heizungs-, oder Ablaufrohren.

Hinweis zum Blitzschutz und Potentialausgleich:

Aufgrund des Umfangs wird dieses Thema hier nicht weiter behandelt. In der Regel werden entsprechende Arbeiten von Fachfirmen ausgeführt.

Definitionen

Schutz gegen direktes Berühren / Basisschutz

Schutz von Personen und Tieren vor Gefahren durch den elektrischen Strom, die sich aus einer Berührung mit aktiven Teilen elektrischer Betriebsmittel ergeben. Es kann sich um einen vollständigen Schutz oder teilweisen Schutz handeln.

Der vollständige Schutz ist für elektrische Betriebsmittel und Anlagen, die von elektrotechnischen Laien benutzt bzw. betrieben werden, zwingend vorgeschrieben. Bei teilweisem Schutz besteht nur ein Schutz gegen zufälliges Berühren, z. B. in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten. Bei einem kaskadenförmigen Aufbau des Schutzes gegen gefährliche Berührungsströme kann der Basisschutz auch als erste Schutzmaßnahme bezeichnet werden.

Schutz bei indirektem Berühren / Fehlerschutz

Schutz von Personen und Tieren vor Gefahren, die sich im Fehlerfall (Versagen der Basisisolierung) aus einer Berührung mit Körpern oder fremden leitfähigen Teilen ergeben können (zweite Schutzebene bei kaskadenförmigem Aufbau der Schutzmaßnahmen).

Zusatzschutz

Ergänzende Maßnahmen zum Schutz gegen gefährliche Berührungsströme, wenn der Basisschutz und/oder der Fehlerschutz versagen oder aufgrund der Fehlersituation nicht schützen können. (dritte Schutzebene).

1.8 Konzept des Elektroschutzes: Die Stufe 1

(DIN VDE 0100-410)

Bezeichnung		Anlagenschutz	Geräteschutz
1. Stufe	Basisschutz	Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile	Schutzart Für den Berührungs- und Fremdkörperschutz
2. Stufe	Fehlerschutz	Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren aktiver Teile	Schutzklasse
3. Stufe	Zusatzschutz	Maßnahmen zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile, z. B. Fehlerstromschutzeinrichtung mit Nennfehlerstrom $\leq 30 \text{ mA}$	

Abb. 1.16: Stufe 1 des Elektroschutzes

Schutz gegen direktes Berühren

Anlagenschutz

- Basisisolierung
- Abdeckungen
- Umhüllungen
- Hindernisse
- Abstand (Größe des Abstands ist abhängig von der Spannung)

Geräteschutz

- Schutzarten für den Berührungs- und Fremdkörperschutz

Die Basisisolierung

Bei der Basisisolierung sind die aktiven Teile vollständig von einer Isolierung umgeben, die nur durch Zerstörung oder mit einem Werkzeug entfernt werden kann. Neben der Basisisolierung gibt es noch die Betriebsisolierung. Sie sorgt für den ordnungsgemäßen Schutz eines elektrischen Betriebsmittels und muss nicht identisch mit der Basisisolierung sein.

Die Basisisolierung muss bei fabrikfertigen Betriebsmitteln den jeweiligen gültigen Normen entsprechen. Bei der Errichtung elektrischer Anlagen muss die Basisisolierung zum Schutz gegen direktes Berühren den auftretenden elektrischen, mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen gewachsen sein. Anstriche, Farbaufträge oder Beschichtungen sind in der Regel kein ausreichender Schutz. Möglich sind aber den Normen entsprechende Kriech- und Luftstrecken zwischen aktiven und äußeren leitfähigen Teilen als Basisisolierung.

Die Abdeckung und Umhüllung

Auch mit der Abdeckung oder Umhüllung kann das Berühren aktiver Teile verhindert werden. Dabei sind einige Voraussetzungen zu beachten. Die Abdeckung oder Umhüllung muss der Schutzart IP 2X gegen das Eindringen von Fremdkörpern entsprechen. Bei leicht zugänglichen horizontalen oberen Flächen der Abdeckung oder Umhüllung ist mindestens die Schutzart IP 4X vorzuschreiben. Die Abdeckungen müssen sicher befestigt sein. Das Entfernen der Abdeckung oder Umhüllung darf nur möglich sein

- mit Schlüsseln oder Werkzeugen
- nach dem Ausschalten der Stromversorgung.

Das erneute Einschalten darf erst nach Wiederanbringung der Abdeckung oder Umhüllung möglich sein.

Teilweiser Schutz - Schutz durch Hindernisse und durch Abstand

Es handelt sich nur um einen teilweisen Schutz, der das unbeabsichtigte Berühren aktiver Teile verhindern soll. Ein bewusstes Umgehen der Hindernisse kann nicht verhindert werden. Hindernisse können, z. B. Geländer oder Absperrgitter sein. Im Handbereich dürfen keine gleichzeitig berührbaren Teile (Abstand 2,5 m) mit unterschiedlichem Potential vorhanden sein. Die Grenzen des Handbereichs liegen bei 1,25 m ab Hindernis und in 2,5 m Höhe. Der Schutz durch Hindernis und Abstand ist in Deutschland nur in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten erlaubt.

Schutzarten

Außer dem nach VDE geforderten „Schutz beim indirekten Berühren“ wird auch ein Schutz gegen direktes Berühren gefordert, das heißt, es muss sichergestellt sein, dass der Mensch z. B. spannungsführende Teile in einer Steckdose nicht mit der Hand berühren kann. Teilweise muss auch ein Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern und Wasser gewährleistet sein. Um diese Forderungen zu erfüllen, sind Schutzarten entwickelt worden. Nach VDE wird die Schutzart durch ein Bildzeichen angegeben. Nach DIN 40050 wird die Schutzart durch die Buchstaben IP und eine

Kennziffer ausgedrückt, wobei die erste Zahl den Berührungsschutz und die zweite Zahl den Wasserschutz kennzeichnet.

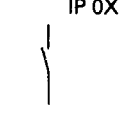
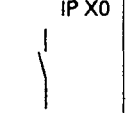
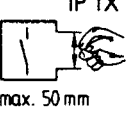
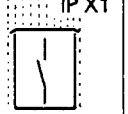
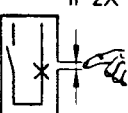
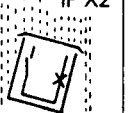
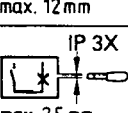
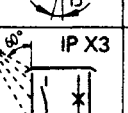
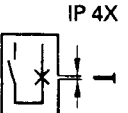
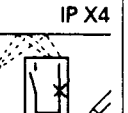
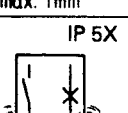
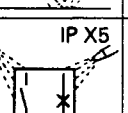
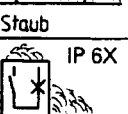
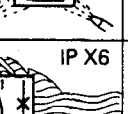
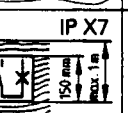

1. Ziffer: Berührungs- und Fremdkörperschutz				2. Ziffer: Wasserschutz			
Schutzgrad*	Bildzeichen	Schutz gegen	Anwendung	Schutzgrad*	Bildzeichen	Schutz gegen	Anwendung
IP 0X		Kein Schutz	Geschlossene, staubfreie Räume ohne Personenverkehr, z.B. Trafostationen.	IP X0		Kein Schutz	Trockene Räume, in denen sich kein Kondenswasser bildet.
IP 1X	 max. 50 mm	Große Fremdkörper Ø > 50 mm	Staubfreie Innenräume, in denen Elektrofachkräfte arbeiten, z.B. Schaltwarten.	IP X1		Senkrecht fallendes Tropfwasser	In Räumen mit nur senkrecht fallenden Wassertropfen.
IP 2X	 max. 12 mm	Mittelgroße Fremdkörper Ø > 12 mm	Staubfreie Außen- und Innenräume mit nur groben Fremdkörpern, z.B. für Motoren, die abgedeckt in Maschinen eingebaut sind.	IP X2		Schräg fallendes Tropfwasser	Räume, in denen die Betriebsmittel keinem vom Boden aufspritzenden Wasser ausgesetzt sind.
IP 3X	 max. 2,5 mm	Kleine Fremdkörper Ø > 2,5 mm	Staubfreie Außen- und Innenräume mit nur kleinen Fremdkörpern.	IP X3		Sprühwasser	Geschützte Aufstellung im Freien ohne direkte Witterungseinflüsse
IP 4X	 max. 1 mm	Kornförmige Fremdkörper Ø > 1 mm	Außen- und Innenräume ohne Feinstaub, z.B. mechanische Werkstätten, landwirtschaftliche Betriebsstätten.	IP X4		Spritzwasser	Aufstellung im Freien bei geringen Witterungseinflüssen oder bei dauernd feuchter Umgebung.
IP 5X	 Staub	Staubablagerung	Für Klemmenkästen bei leitendem Staub, auch für Maschinen der Schutzart IP 4X (Räume mit nicht-brennbarem Staub).	IP X5		Strahlwasser	Ungeschützte Aufstellung (Sturmregen) oder Tropenklima mit dauernd 80% relativer Luftfeuchte.
IP 6X	 Staub	Staub-eintritt	Völlig staubdichte Betriebsmittel (Räume mit brennbarem Staub).	IP X6		Überfluten	Betriebsmittel, die kurzzeitig Schwallwasser ausgesetzt sind.
* Ist nur eine Kennziffer für den Fremdkörper- und Berührungsschutz oder für den Wasserschutz angegeben, so steht anstelle der fehlenden Kennziffer der Buchstabe X, z.B. IP X5 oder IP 2X.				IP X7		Ein-tauchen	Transportable Pumpen für kurzzeitigen Tauchbetrieb.
				IP X8		Unter-tauchen	Für dauernden Tauchbetrieb (unter Druck).

Abb. 1.17: Schutzarten

Schutzarten elektrischer Betriebsmittel nach DIN 40050

Erste Ziffer	Schutzgrad: Berührungs- und Fremdkörperschutz	Zweite Ziffer	Schutzgrad: Wasserschutz
0	Kein besonderer Schutz	①	Kein besonderer Schutz
1	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit $\varnothing > 50$ mm	①	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser.
2	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit $\varnothing > 12$ mm	②	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser, Betriebsmittel bis 15° gekippt.
		③	Schutz gegen Sprühwasser bis zu einem Winkel von 60° zur Senkrechten.
3	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit $\varnothing > 2,5$ mm	④	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen..
4	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit $\varnothing > 1$ mm	⑤	Schutz gegen Strahlwasser (Düse) aus allen Richtungen.
		⑥	Schutz gegen starken Wasserstrahl oder schwere See.
5	Schutz gegen Schädliche Staubablagerung (staubgeschützt). Vollständiger Berührungsschutz.	⑦	Schutz gegen Wasser bei Eintauchen des Betriebsmittels unter Druck- und Zeitbedingungen.
6	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht). Vollständiger Berührungsschutz.	⑧	Schutz gegen Wasser bei dauerndem Untertauchen des Betriebsmittels.

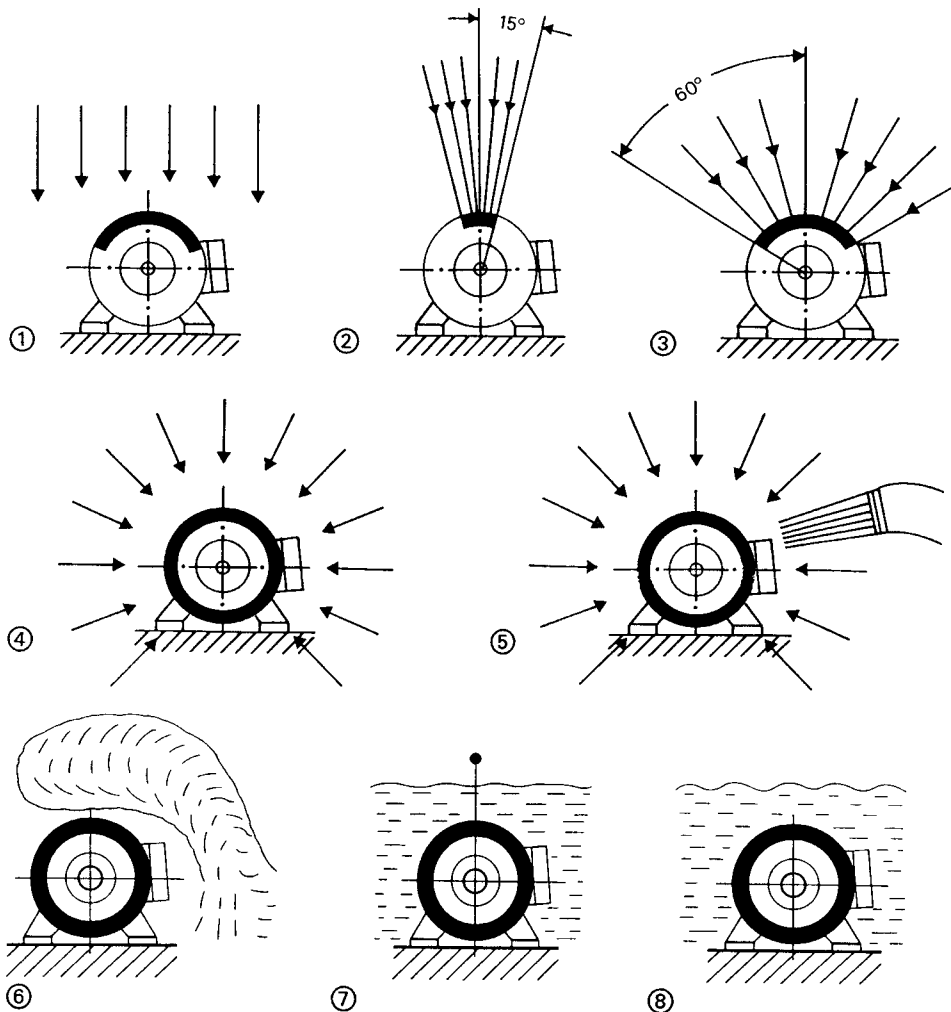


Abb. 1.18: Schutzarten von Motoren

1.9 Konzept des Elektroschutzes: Die Stufe 2

(DIN VDE 0100-410)

Bezeichnung		Anlagenschutz	Geräteschutz
1. Stufe	Basisschutz	Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile	Schutzart Für den Berührungs- und Fremdkörperschutz
2. Stufe	Fehlerschutz	Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren aktiver Teile	Schutzklasse
3. Stufe	Zusatzschutz	Maßnahmen zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile, z. B. Fehlerstromschutzeinrichtung mit Nennfehlerstrom $\leq 30 \text{ mA}$	

Abb. 1.19: Stufe 2 des Elektroschutzes

Schutz gegen indirektes Berühren

Anlagenschutz

- Schutz durch Abschaltung
- Schutzisolierung
- Schutz durch nicht leitende Räume
- Schutz durch erdfreien, örtlichen Potentialausgleich
- Schutztrennung

Geräteschutz

- Schutzklasse 1 Geräte mit Schutzleiteranschluss
- Schutzklasse 2 Geräte mit Schutzisolierung
- Schutzklasse 3 Schutzkleinspannung

Netzformen

Kenngrößen der Netze sind:

- Art und Zahl der aktiven Leiter der Einspeisung
- Art der Erdverbindungen

Die Abbildungen 1.20 bis 1.23 sind Beispiele für übliche Drehstromnetze. Die verwendeten Kurzzeichen haben folgende Bedeutung:

Erster Buchstabe – Erdungsverhältnisse der Stromquelle

- T direkte Erdung eines Punktes
I entweder Isolierung aller aktiven Teile von Erde oder Verbindung eines Punktes mit Erde über eine Impedanz

Zweiter Buchstabe – Erdungsverhältnisse der Körper der elektrischen Anlage

- T Körper direkt geerdet, unabhängig von der etwa bestehenden Erdung eines Punktes der Stromquelle
N Körper direkt mit dem Betriebserder verbunden (in Wechselstromnetzen ist der geerdete Punkt im Allgemeinen der Sternpunkt)

Weitere Buchstaben – Anordnung des Neutralleiters und des Schutzleiters im TN-Netz

- S Neutralleiter und Schutzleiterfunktionen durch getrennte Leiter
C Neutralleiter und Schutzleiterfunktionen kombiniert in einem Leiter

Weitere Kennzeichnungen


Art des Leiters		Kennzeichnung	
		alphanumerisch	durch Schaltzeichen
Wechselstromnetz	Außenleiter 1	L1	
	Außenleiter 2	L2	
	Außenleiter 3	L3	
	Mittelleiter	N	
Gleichstromnetz	Positiv	L+	±
	Negativ	L-	
	Mittelleiter	M	
Schutzleiter		PE	
Mittelleiter mit Schutzfunktion (Nulleiter)		PEN	

Abb. 1.20: Kennzeichnungen

TN-Netz (bisher Nullung)

In TN-Netzen ist ein Punkt direkt geerdet (Betriebsender); die Körper der elektrischen Anlage sind über Schutzleiter bzw. PEN-Leiter mit diesem Punkt verbunden.

Drei Arten von TN-Netzen sind entsprechend der Anordnung der Neutralleiter und der Schutzleiter zu unterscheiden:

TN-S-Netz - Getrennte Neutralleiter und Schutzleiter im gesamten Netz.

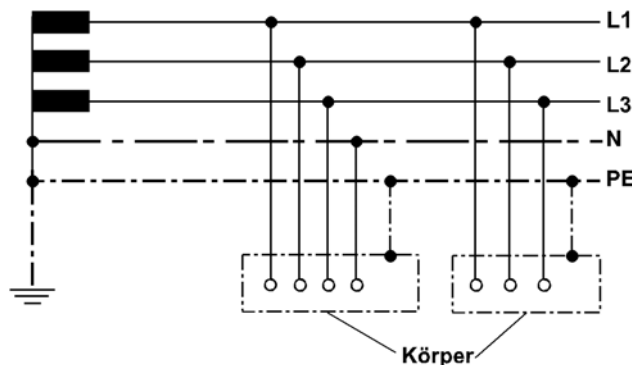


Abb. 1.21: Schaltplan TN-S-Netz

TN-C-S-Netz - In einem Teil des Netzes sind die Funktionen des Neutralleiters und des Schutzleiters in einem einzigen Leiter, dem PEN-Leiter, zusammengefasst.

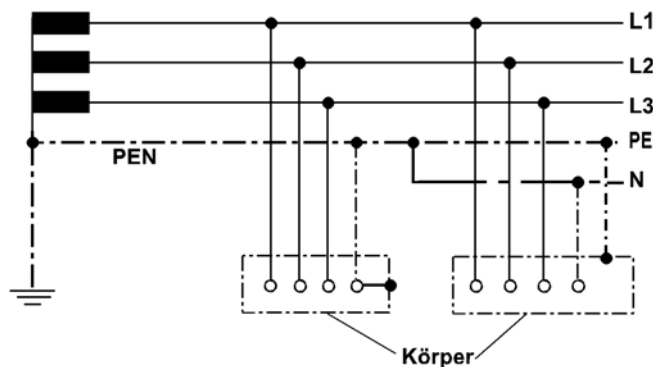


Abb. 1.22: Schaltplan TN-C-S-Netz

TN-C-Netz - Neutraleiter- und Schutzleiterfunktionen sind im gesamten Netz in einem einzigen Leiter, dem PEN-Leiter, zusammengefasst.

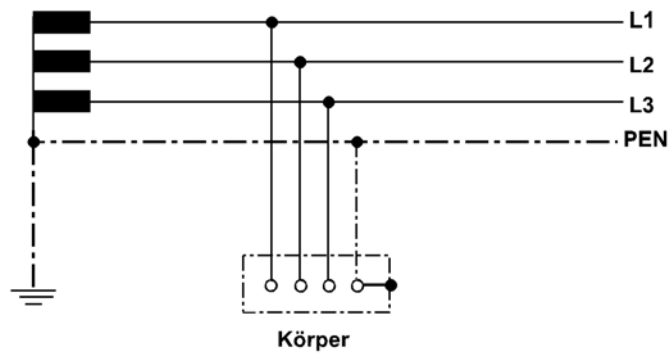


Abb. 1.23: Schaltplan TN-C-Netz

TT-Netz (bisher Schutzerdung)

Im TT-Netz ist ein Punkt direkt geerdet (Betriebserder); die Körper der elektrischen Anlage sind mit Erdern verbunden, die vom Betriebserder getrennt sind.

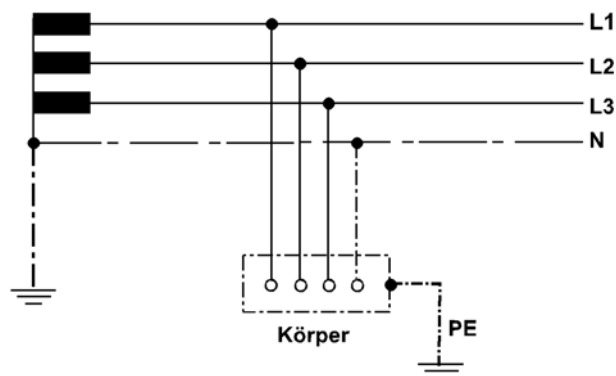


Abb. 1.24: Schaltplan TT-Netz

Das TN – System

Die Schutzmaßnahmen im TN- System beruhen auf folgender Grundidee:

Jeder Fehlerstrom wird über eine Leitung und nicht über das Erdreich zur Spannungsquelle zurückgeführt. Ein Körperschluss wird somit zu einem Kurzschluss mit entsprechend hohem Fehlerstrom. Dadurch können in den meisten Fällen so einfache Schutzeinrichtungen, wie Sicherungen oder Leitungsschutzschalter, die Aufgabe übernehmen, das fehlerhafte Betriebsmittel abzuschalten. Gleichzeitig wird durch entsprechende Maßnahmen im Verteilungsnetz sichergestellt, dass von dort keine gefährlichen Fehler Spannungen in die Verbraucheranlage übertragen werden. Schutzmaßnahmen durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-C bzw. im TN-C-S System entsprechen der früheren Schutzmaßnahme Nullung.

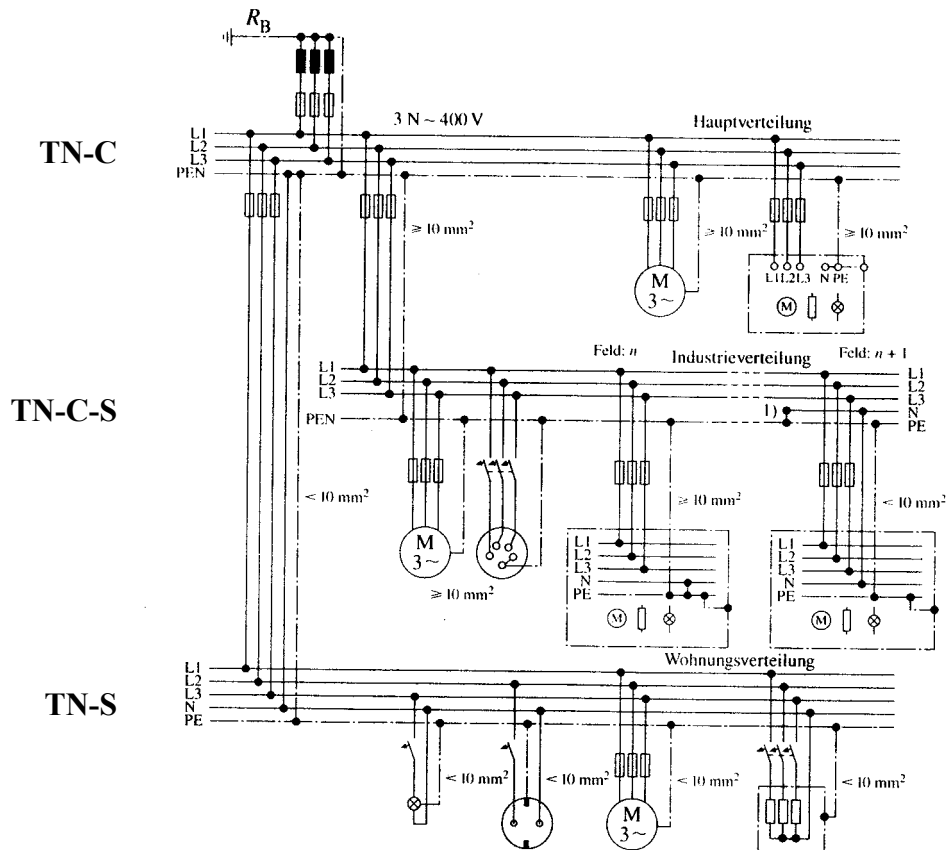


Abb. 1.25: TN-System

Der Fehlerschutz in TN – Systemen

Beim Fehlerschutz in elektrischen Verteilungsanlagen kann folgendes ablaufen: Tritt z. B. im TN – Netz ein erster Fehler auf, fließt ein Fehlerstrom, der bei einem gefährlichen Wert über eine Überstromschutzeinrichtung eine automatische Abschaltung des fehlerbehafteten Stromkreises bewirken muss. Damit ist gewährleistet, dass eine Gefahr für Menschen, Tiere und Sachwerte abgewendet wird.

Körper- und Erdschlüsse im TN – Netz

Die Körper der zu schützenden elektrischen Betriebsmittel sind über den Schutzleiter PE mit dem geerdeten Neutraleiter N des TN – Systems verbunden, wobei der Neutraleiter und der Schutzleiter in einem PEN – Leiter zusammengefasst sein können. Im fehlerfreien Zustand tritt kein Fehlerstrom auf.

Im Fehlerfall, dass heißt bei einem Schluss zwischen einem Außenleiter L1, L2 oder L3 und einem Körper, bildet sich eine Fehlerschleife und es fließt ein Fehlerstrom. Für die Höhe des Fehlerstroms sind die Impedanz (Schleifenwiderstand) der Fehlerschleife und die anliegende Spannung, in der Regel die Netzspannung zwischen Außenleiter und Neutraleiter 230 Volt maßgebend.

Die gesamte Impedanz der Fehlerschleife setzt sich zusammen aus den Teilimpedanzen

- des vorgelagerten Netzes
- des Verteilungstransformators
- des Außenleiters bis zur Fehlerschleife
- des Fehlers
- des PEN-Leiters bzw. Schutzleiters PE mit den parallelgeschalteten Betriebserdungen und Verbrauchserdungen.

Die Spannungen im Fehlerfall

Im Fehlerstromkreis tritt aufgrund des Fehlerstroms an den Teilimpedanzen ein Spannungsfall auf. Dieser Spannungsfall führt zu einer Fehlerspannung zwischen Körper und Erde. Gleichzeitig steht am Körper gegenüber der Standfläche eine Berührungsspannung an, die den zulässigen Wert von 50 Volt nicht übersteigen soll. Ist dies der Fall soll der Fehlerstromkreis innerhalb kürzester Zeit durch eine Überstromschutzeinrichtung abgeschaltet werden. Dies kann allerdings nur geschehen, wenn der Fehlerstrom wenigstens so groß ist wie der Abschaltstrom der Schutzeinrichtung.

Die Abschaltbedingungen

Die Abschaltung des Fehlerstroms erfolgt in der Regel durch Schmelzsicherungen oder Leitungsschutzschalter. Für die Schmelzsicherungen oder Leitungsschutzschalter ist in Deutschland der 1,6-fache Nennstrom (großer Prüfstrom) als Ausschaltstrom in Verteilungsnetzen, d. h. in Kabel- und Freileitungsnetzen einschließlich der Hausanschlusskästen und für Überstromschutzeinrichtungen in der Haupt- bzw. Steigleitung genormt. Verlangt wird eine maximale Ausschaltzeit in Verbraucheranlagen mit einer Spannung von 230 Volt gegen Erde von

- 0,4 s für Betriebsmittel, die während des Betriebs in der Hand gehalten werden, und für Steckdosenstromkreise;
- 5 s in allen anderen Stromkreisen.

In Verteilungsnetzen ist keine bestimmte Ausschaltzeit vorgegeben.

In der Praxis wird verlangt, dass in Verteilungsnetzen der Schleifenwiderstand so gering ist, dass bei einem Kurzschluss mit einem Z (Scheinwiderstand) von 0 Ohm an den Enden der Netzausläufer mindestens der Abschaltstrom fließt. Entsprechend dieser Forderung sind die Leitungsquerschnitte und die Überstromschutzeinrichtungen zu wählen.

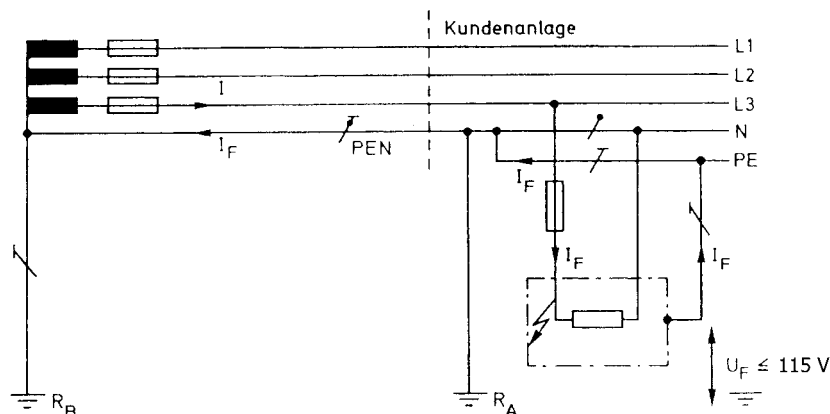


Abb. 1.26: Körperschluss in einem TN-System, Fehlerspannung und Fehlerstrom

Das TT-System

Der Fehlerschutz im TT – System

Auch beim TT – System erfolgt wie beim TN – System eine automatische Abschaltung des fehlerbehafteten Stromkreises, sobald an einem Körper eine unzulässige hohe Berührungsspannung anliegt

Im TT – Netz sind alle Körper der zu schützenden elektrischen Betriebsmittel über den Schutzleiter PE mit Erde verbunden. Der Neutralleiter N des Netzes ist über Betriebserder niederohmig geerdet. Die Erder der Verbraucheranlagen müssen außerhalb des Einflussbereiches der Betriebserden des Verteilungsnetzes liegen. Diese Forderung kann in der Praxis Probleme bereiten. Bei einem Körperschluss bildet sich eine Fehlerschleife über das vorgelagerte Netz, die Außenleiter, den Körperschluss, die Anlagenerdungen und die Betriebserdungen. Bei einem Erdschluss eines Außenleiters oder eines sonstigen spannungsführenden aktiven Teils fließt der Fehlerstrom direkt über den Erdschluss und die Betriebserder.

Die Abschaltbedingungen

Es ist in der Praxis nicht immer einfach, den Erdungswiderstand der Anlagenerdungen gering zu halten. Bei Verwendung von Überstromschutzeinrichtungen zum automatischen Abschalten des Fehlerstromkreises könnte bei höheren Erdungswiderständen wegen der hohen Abschaltströme sehr schnell die zulässige Berührungsspannung überschritten werden.

Um die Ausschaltbedingungen einzuhalten, werden in der Praxis beim TT-System Fehlerstromschutzeinrichtungen zur automatischen Abschaltung verwendet.

Bei Fehlerstromschutzschaltern ist der Fehlerstrom, der eine automatische Abschaltung auslöst, mit z. B. 30 mA sehr gering. Das hat zur Folge, dass die Fehlerspannung auch bei hohen Erdungswiderständen gering ist.

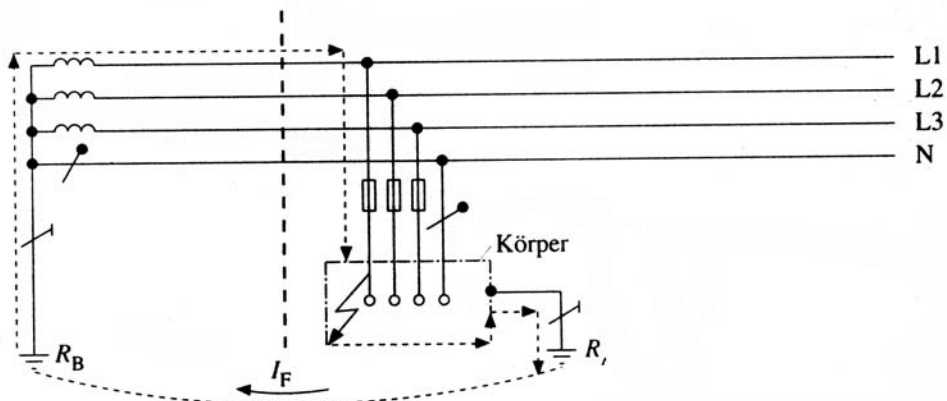


Abb. 1.27: Fehlerschutz im TT-System

Der Schutz bei indirektem Berühren im TT-System

Schutz bei indirekten Berühren bedeutet Schutz von Personen oder Tieren bei Körperschlüssen. Das Kürzel TT steht für das lateinische Wort Terra (die Erde) und kennzeichnet eines von drei Netzsystemen, in denen unterschiedliche Anforderungen im Zusammenhang mit dem automatischen Abschalten im Fehlerfall zu beachten sind. Im TT-System wird der Fehlerstromkreis über eine zweifache Erdung geschlossen, erstens über die Erdung des Sternpunkts der Stromquelle und zweitens über die Erdung der leitfähigen Körper (Gehäuse) der angeschlossenen elektrischen Betriebsmittel.

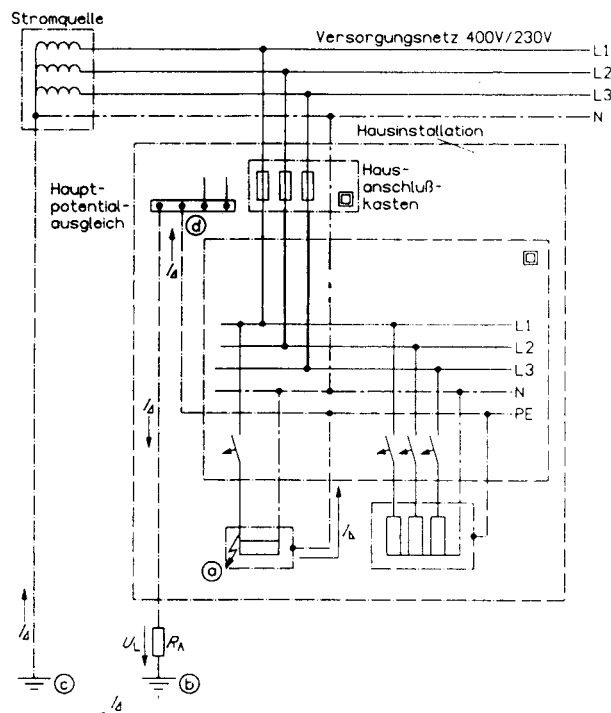


Abb. 1.28: Der Schutz bei indirektem Berühren im TT-System

Die Abbildung 1.28 zeigt das Prinzip eines entsprechenden Netzaufbaus. Darin ist „c“ die Sternpunkterde der Stromquelle, auch Betriebserdung genannt und „b“ die örtliche Erdung der leitfähigen Körper, der über die Hausinstallation versorgten Verbrauchsmittel. Körper von Betriebsmitteln, die gleichzeitig berührbar sind oder aus einem gemeinsamen Stromkreis versorgt werden, müssen am gleichen Erder angeschlossen sein. Innerhalb einer Anlage (Hausinstallation) darf folglich nur eine Erdungsanlage betrieben werden. In Neubauten ist dies der Gebäude-Fundamenterder.

Schutz- (PE) und Neutralleiter (N) des Netzes dürfen im Gegensatz zu dem in der Praxis häufiger anzutreffenden TN-System an keiner Stelle elektrisch leitend verbunden sein

Im TT-System ist es unzulässig, Schutz- und Neutralleiterfunktion miteinander zu kombinieren.

Hier fehlt die für TN-Systeme typische Verbindung zwischen der Potentialausgleichsschiene des Hauptpotentialausgleichs und der N (PEN) Schiene im Hausanschlusskasten. Der Netzbetreiber kann (oder will) die für den Fall eines Körperschlusses geltenden besonderen Betriebsbedingungen für den N-Leiter nicht gewährleisten. In Netzen der öffentlichen Stromversorgung gilt dies für Gegenden, die über lange Ausläuferleitungen oder Freileitungsstrecken versorgt werden oder / und in gebirgiger Umgebung (und mit deshalb schwierigen Erdungsmöglichkeiten) liegen. Vor Errichtung einer neuen Hausinstallation ist deshalb von beauftragten Elektroinstallationsbetrieben bei der zuständigen Dienststelle des Energieversorgungsunternehmens (EVU) unter anderem zu klären, ob es sich bei dem einspeisenden Netz um ein TT- oder TN System handelt.

Elektrische Anforderungen an den Erder

Im TT-System hat ein Körperschluss an einem Betriebsmittel einen Fehlerstrom I_f durch das Erdreich (Erdschlussstrom) zur Folge. Er wird an der Fehlerstelle a vom Schutzleiter des Betriebsmittels übernommen, über den PE zum Hauptpotentialausgleich der Anlage geführt und über dessen Erdung in das Erdreich geleitet. Von der Sternpunkterdung wird der Strom aus dem Erdreich wieder aufgenommen und zur Stromquelle zurückgeführt. Der Fehlerstromkreis ist damit über die beiden Erdverbindungen durch das dazwischenliegende Erdreich geschlossen. Die Sternpunkterdung ist Angelegenheit des Netzbetreibers. Die Herstellung der Schutzleitererdung fällt dagegen in die Zuständigkeit des mit der Herstellung der Hausinstallation beauftragten Elektroinstallationsbetriebs. Der Übergangswiderstand des Schutzleiters zum Erdreich soll möglichst klein sein (Erdungswiderstand R_A) und beim Auftreten eines Körperschlusses folgende Bedingungen gewährleisten: Der auftretende Spannungsfall als Folge des Erdschlussstroms I_f darf den Wert $U_L = 50 \text{ V}$ (in Ausnahmefällen 25 V) nicht überschreiten;

Wird dieser Grenzwert aber überschritten, so muss die der Fehlerstelle vorgeschaltet nächstliegende Abschalteneinrichtung innerhalb von 5 s automatisch ansprechen.

Der zulässige Erdungswiderstand errechnet sich nach folgender Formel: $R_A = 50 \text{ V} : I_a$. Darin ist I_a der Strom, der die Abschalteneinrichtung innerhalb der geforderten Zeit zum Auslösen bringt. Der Übergangswiderstand an der Fehlerstelle im Betriebsmittel wird bei diesen Überlegungen mit 0 Ohm angenommen. Als automatische Abschalteneinrichtungen kommen Schmelzsicherungen (z. B. vom Typ gl), Leitungsschalter (z. B. Typ B) oder Fehlerstrom Schutzeinrichtungen in Frage. Da die in Stromkreisen von Hausinstallationen häufig eingesetzten gl – Sicherungen mit 16 A Nennstrom zum Ansprechen innerhalb von 5 s immerhin einen Strom $I_a = 70 \text{ A}$ und ein entsprechender L-Schalter Typ B sogar 80 A erfordern, müssen bei dieser Technik sehr kleine Erdungswiderstände realisiert werden. Solche Erdungswiderstände sind aber selbst bei günstigsten Bodenverhältnissen mit geringen spezifischen Widerstand nur mit erheblichen Materialaufwand erreichbar.

Für das automatische Abschalten im Fehlerfall kommen im TT-System vor allem FI-Schutzeinrichtungen in Betracht.

In der genannten Formel tritt anstelle des Auslösestroms I_a dann deren Nennfehlerstrom I_n , z. B. 0,03 A, 0,3 A oder 0,5 A. Auf der Basis dieser Werte ergeben sich dann wesentlich höhere zulässige Erdungswiderstände R_A .

Schutzisolierung des Standorts

Während die Schutzisolierung bei Geräten immer größere Bedeutung gewinnt, ist die Schutzisolierung des Standorts auf wenige Sonderfälle beschränkt. Sie kann vor allem nur bei ortsfesten Stromverbrauchern angewendet werden. Etwa dann, wenn aus betriebstechnischen Gründen nicht zulässig ist, dass der Verbraucher, zum Beispiel ein Schmelzofen, wegen möglicher Betriebsschäden im Fehlerfall durch die Schutzmaßnahme ausgeschaltet wird. Man geht dabei so vor, dass sowohl der Fußboden in der Umgebung des zu schützenden Gerätes als auch im Handbereich befindliche, geerdete Teile isolierend abgedeckt werden.

Diese Abdeckungen müssen aus hochwertigen Isolierstoffen (Gummibelag usw.) bestehen und fest mit ihrer Unterlage verbunden sein. Sie müssen auch entsprechende mechanische Festigkeit besitzen und selbstverständlich so groß sein, dass die zu schützenden Geräte nur vom isolierten Standort aus berührt werden können.

Als Hauptfehler bei dieser Schutzmaßnahme werden nämlich immer wieder geerdete Teile, zum Beispiel Wasserauslässe, Konsolen usw. übersehen, die im Handbereich des zu schützenden Gerätes liegen. Hat das Gerät Körperschluss und wird zugleich mit dem geerdeten Teil berührt, dann kann es zu Unfällen kommen, weil die Schutzisolierung des Standortes überbrückt wird.

Häufig wird mehr als ein Gerät durch eine gemeinsame Standortisolierung geschützt. Dabei muss man bedenken, dass trotzdem Berührungsspannungen überbrückt werden können, nämlich dann wenn beide Geräte Körperschluss mit verschiedenen Außenleiter haben. Aus diesem Grund muss bei mehreren Geräten, die vom isolierten Standort aus erreicht werden können, eine Leitung vorgesehen werden, durch welche die schutzbedürftigen Metallgehäuse untereinander verbunden werden (Potentialausgleichsleiter).

Auf ein weiteres Gefahrenmoment soll noch verwiesen werden. Ist das Gerät, z. B. ein Motor, auf einer leitfähigen Konsole befestigt, dann tritt infolge der Schutzisolation des Standorts bei Körperschluss zwar keine Gefährdung im Handbereichs des Motors auf, aber die Fehlerspannung kann über leitfähige Konstruktionsteile oder andere metallische Verbindungen an andere Stellen des Gebäudes verschleppt werden. Ortsfeste Geräte, die durch Schutzisolierung geschützt sind, müssen daher von Erde isoliert montiert werden.

Sie dürfen auch nicht an einen von außen kommenden Schutzleiter angeschlossen werden. Ebenso wenig dürfen ortsveränderliche Betriebsmittel der Schutzklasse 1 verwendet werden, wenn sie an Steckdosen mit den üblichen Schutzmaßnahmen angeschlossen werden.

Schutzisolierte Betriebsmittel

Schutzisolierte Betriebsmittel müssen, soweit es in den einschlägigen Normen verlangt wird, mit dem Zeichen der Schutzisolierung nach Abb. 1.29 gekennzeichnet sein. Sie dürfen keine Schutzleiterklemme haben.



Abb. 1.29: Symbol für Schutzisolierung

Zum Bau schutzisolierter Verteiler ist noch Einiges zu bemerken. Zunächst muss man entscheiden, ob man die zusätzliche Isolierung oder die Schutzisolierumhüllung anwenden will. Der eigentliche schutzisolierte Verteiler ist wohl der Isolierstoffkastenverteiler, in dem die Betriebsmittel meist auf leitfähigen Metallplatten montiert werden.

Diese Platten dürfen nicht an den Schutzleiter angeschlossen werden. Einerseits bringt man dadurch nur unnötig Erdpotential in den Verteiler, andererseits sind die Schutzeinrichtungen, wie FI-Schutzschalter und Leitungsschutzschalter, meistens selbst im Verteiler angeordnet und können daher nicht schützen, wenn vor ihren Klemmen ein Körperschluss entsteht. Die Fehlerspannung würde in diesen Fällen von der Montageplatte über die Schutzleiter in die Anlage verschleppt werden.

Die zusätzliche Isolierung wird meist bei Blechverteilern angewendet, wobei der Rahmen, der die Installationsgeräte trägt, isoliert in den Verteiler eingesetzt wird. Auch hier darf aus gleichen Gründen wie oben der Schutzleiter nicht an den Trägerrahmen angeschlossen werden.

Darüber hinaus müssen bei dieser Bauform die Leitungen so in ihrer Lage fixiert werden, dass keine Gefahr von Körperschlüssen besteht, bzw. die Leiter müssen selbst schutzisoliert sein. Das heißt, es müssen entweder Mantelleitungen Verwendung finden oder die Einzelleitungen in Isolierschläuchen, Kabelkanälen aus Isolierstoff oder Ähnlichem geführt werden.

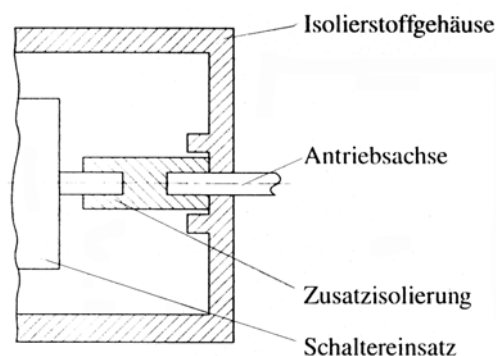


Abb. 1.30: Zusatzisolierung des Achsantriebs eines Schaltgeräts

Die Abbildung 1.30 zeigt das Prinzip der zusätzlichen Isolierung, wobei die Antriebsachse eines Schaltgeräts durch ein Isolierstoffzwischenstück vom äußeren Antrieb schutzisoliert ist.

Für die Schutzisolierung gibt es zwei Grundsätze, die allgemein Gültigkeit haben. Wenn man sie beachtet, kann man weder beim Bau von schutzisolierten Anlagen noch bei der Reparatur schutzisolierter Geräte Fehler machen.

Die Schutzisolierung darf an keiner Stelle von leitfähigen Teilen so durchbrochen werden, dass im Fehlerfall eine Spannungsverschleppung nach außen möglich ist. So dürfen z. B. die Befestigungsschrauben von Gehäusedeckeln nicht durch das Gehäuseinnere führen (Abb. 1.31 a).

Die Befestigung des Gehäuses selbst erfolgt am Besten durch Befestigungsschrauben außerhalb der Gehäuse. Dies ist aus Platzgründen oft nicht möglich. Man muss in diesen Fällen zumindest die Befestigungslöcher in der Gehäusewanne durch Isolierstoffwülste so umgeben, dass die Montageschrauben vertieft sitzen und bei etwaigen Leiterbrüchen oder Klemmfehler nicht durch blanke Leiterteile berührt werden können. Manchmal geben die Hersteller auch Plastikpfropfen mit, durch die dann die Befestigungsschrauben zusätzlich abgedeckt werden können (Abb. 1.31 d).

Falsch ist es, bei den Leitungseinführungsöffnungen Kabelverschraubungen aus Metall zu verwenden, die mit Gegenmuttern im Gehäuse befestigt werden. Es müssen Kabelverschraubungen aus Isolierstoff oder Kabeltüllen aus Gummi verwendet werden. Auch Stahlpanzerrohr kann ohne Weiteres verwendet werden. Man setzt dann in das Gehäuse das Unterteil einer Kabelverschraubung aus Isolierstoff und verhindert so Spannungsverschleppungen.

Ein zweiter, wichtiger Gesichtspunkt ist bei der Schutzisolierung zu beachten: Metallteile der Betriebsmittel, die durch Zusatzisolierung oder Schutzisolierrückführung von den isolierten aktiven Teilen getrennt sind, dürfen nicht mit dem Schutzleiter verbunden werden.

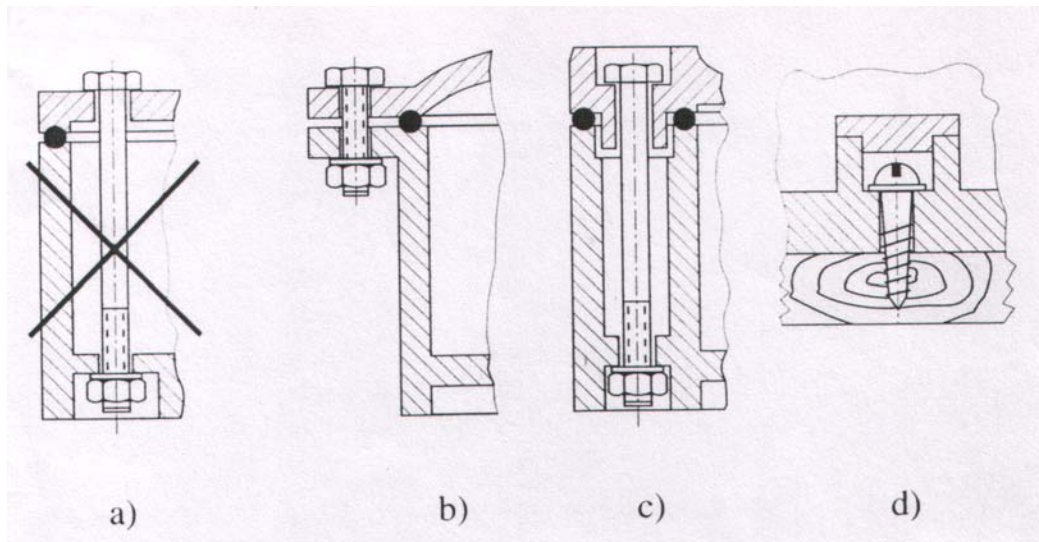


Abb. 1.31: Anordnung von Schrauben bei Gehäusen schutzisolierter Geräte

Schutz durch erdfreien, örtlichen Potentialausgleich

Die gleichzeitig berührbaren Körper und fremde leitfähige Teile müssen durch Potentialausgleichsleiter verbunden werden. Dieses Potentialausgleichssystem darf weder über Körper noch über fremde leitfähige Teile mit Erde verbunden werden. Diese Bedingungen sind z. B. bei einem erdfrei aufgestellten metallenen Behälter eingehalten. Es ist klar, dass Maßnahmen getroffen werden müssen, um sicherzustellen, dass Personen beim Betreten derartiger Anlagen keinen gefährlichen Berührungsströmen ausgesetzt werden, besonders dann, wenn ein gegen Erde isolierter, leitfähiger Fußboden mit dem Potentialausgleich verbunden ist.

Leitfähige Fußböden oder Wände (z. B. aus Metall) müssen mit dem örtlichen Potentialausgleichsleiter verbunden werden, oder sie werden nach den Regeln der Standortisolierung zusätzlich isoliert. Daraus erkennt man schon, dass die Schutzmaßnahme „Schutz durch erdfreien, örtlichen Potentialausgleich“ nicht unproblematisch in der Anwendung ist. Sie sollte deshalb auf Sonderfälle beschränkt werden.

Die Schutztrennung

Das Prinzip der Schutztrennung besteht darin, dass eine kleine überschaubare Anlage über einen Trenntransformator, mit sicherer elektrischer Trennung von Erde isoliert, mit elektrischer Energie versorgt wird, wobei die Nennspannung des Sekundärstromkreises nicht höher sein darf als 400 Volt (Außenleiterspannung). Die Leitungsimpedanzen gegen Erde müssen so hoch sein, dass bei einem satten Erdschluss kein Fehlerstrom fließt, der einen gefährlichen elektrischen Schlag verursachen kann. Das heißt also, dass auch beim Berühren eines nicht erdschlussbehafteten aktiven Teiles durch den Menschen, der gleichzeitig geerdete Teile berührt, keine Gefahr besteht, wobei man als Kriterium der Gefahr einen Höchstwert des Berührungsstroms von 30 mA zulässt. Wegen der Überschaubarkeit der Anlage ist das Auftreten eines Erdschlusses eines Leiters des Sekundärstromkreises unwahrscheinlich. Deshalb ist auch im Gegensatz zum Isolationsüberwachungssystem keine besondere Isolationsüberwachung erforderlich. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass bei der Schutztrennung keine absichtliche Verbindung der Körper mit Erde über eine Schutzleitung durchgeführt werden darf. Meist wird die Schutztrennung nur für ein Betriebsmittel bei Arbeiten in Umgebungen mit normaler aber auch bei erhöhter Gefährdung angewendet. Bei mehreren Betriebsmitteln werden deren Körper über einen Potentialausgleichsleiter verbunden, um die Gefahr einer Elektrisierung über zwei Betriebsmittel, die Körperschlüsse mit Leitern verschiedenen Potentials haben, auszuschließen.

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

Die Erzeugung der erdfreien Sekundärspannung erfolgt wie bei der Schutzkleinspannung durch besondere Stromquellen mit sicherer elektrischer Trennung von elektrischen Anlagen, durch die ein elektrischer Schlag verschleppt werden könnte, wobei jedoch die Nennspannung des Sekundärstromkreises 400 Volt nicht übersteigen darf. Meist werden Trenntransformatoren verwendet.

Die Leitungsimpedanzen gegen Erde des schutzgetrennten Stromkreises müssen so hoch sein, dass auch beim direkten Berühren nicht erdschlussbehafteter Körper und Erde kein gefährlicher Schlag entstehen kann. Diese Bedingung gilt als erfüllt, wenn der Fehlerstrom unter 30 mA liegt.

Der Basisschutz aktiver Teile muss gewährleistet sein.

Es können Betriebsmittel der Schutzklasse 1 und 2 verwendet werden.

Vorsicht ist geboten bei der Anwendung mehrerer Betriebsmittel. Die Bedingungen sind für Laien schwer zu durchschauen. Es ist einfach, ein Wasserwerk mit einem modernen Notstromaggregat auszustatten, welches diese Schutzmaßnahme schon beinhaltet oder auf Akkuschauber usw. auszuweichen. Diese Betriebsmittel sind auch für Laien einfacher anzuwenden.

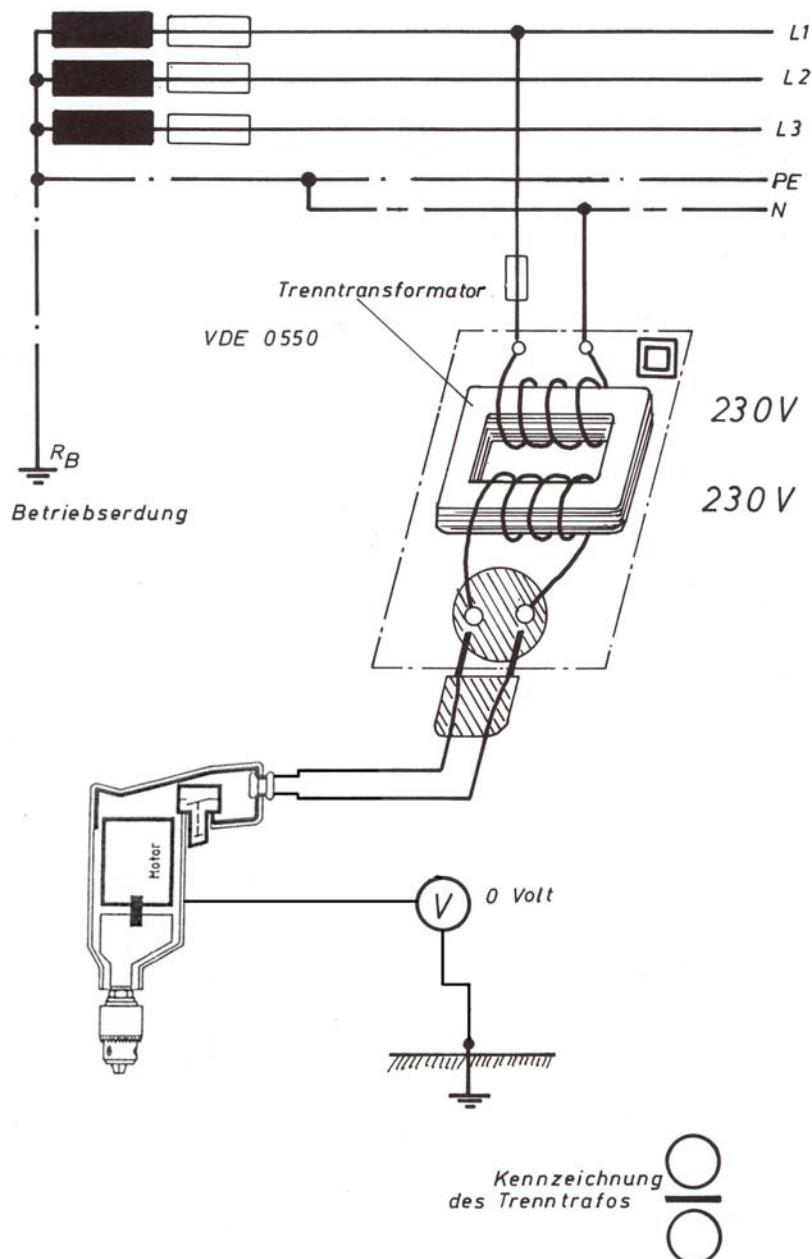


Abb. 1.32: Schutztrennung

Schutzklassen

Symbole nach DIN 40 100


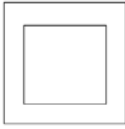

Schutzklasse I		Schutzleiteranschluss <ul style="list-style-type: none"> • Das Gerät verfügt über einen Schutzleiteranschluss. • Der Schutzleiter verbindet alle leitende Teile, die im Fehlerfall unter Spannung stehen.
Schutzklasse II		Schutzisolierung <ul style="list-style-type: none"> • Eine zweite zusätzliche Isolierung übernimmt den Schutz beim Versagen der Basisisolierung. • Gerät besitzt keinen Schutzleiteranschluss.
Schutzklasse III		Schutzkleinspannung <ul style="list-style-type: none"> • Gerät wird mit einer Spannung betrieben, die maximal der zulässigen Berührungsspannung entspricht. • max. Berührungsspannungen: <ul style="list-style-type: none"> normal DC: $U \leq 120 \text{ V} =$ AC: $U \leq 50 \text{ V} \sim$ in Ställen/Tierhaltung DC: $U \leq 60 \text{ V} =$ AC: $U \leq 25 \text{ V} \sim$ für Kinderspielzeug $U \leq 25,0 \text{ V}$ in Feuchträumen $U \leq 12,0 \text{ V}$ in der Medizintechnik $U \leq 6,0 \text{ V}$ <p>(Spannungsangaben für Gleichstrom[DC] gelten nur bis zu einer max. Welligkeit von 10 %.) AC: alternating current = Wechselstrom DC: direct current = Gleichstrom</p>

Abb. 1.33: Symbole für Schutzklassen

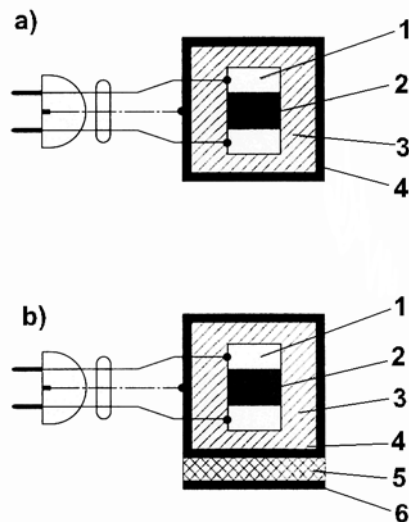
Betriebsmittel der Schutzklasse 1

Bei Betriebsmitteln der Schutzklasse 1 sind die äußeren leitfähigen Teile (Körper) nur durch die Basisisolierung von den aktiven Teilen isoliert.

Der Körper ist jedoch gut leitend mit einer Anschlussstelle für den Schutzleiter verbunden. Zu den äußeren leitfähigen Teilen zählen auch Metallteile, die von Lacken, Kunststoffbeschichtungen und ähnlichen Oberflächenschutzmitteln überzogen sind. Falls jedoch derartige leitfähige Teile durch doppelte oder verstärkte Isolation oder durch einen mit dem Schutzleiter verbundenen, metallenen Schirm von den aktiven Teilen getrennt sind, brauchen sie nicht mit dem Schutzleiteranschluss verbunden werden. Ebenso wenig müssen kleinere Metallteile, die bei normalem Gebrauch des Betriebsmittels nicht berührt oder infolge ihrer Kleinheit weder umfasst werden noch großflächig mit dem menschlichen Körper in Berührung kommen, nicht an den Schutzleiter angeschlossen werden. Diese Ausnahme gilt z. B. für Befestigungsschrauben oder Niete und Leistungsschilder. Berührbare äußere Teile aus Isolierstoff brauchen im Allgemeinen ebenfalls nur durch die Basisisolierung von den aktiven Teilen isoliert sein.

Ob man verlangt, dass derartige Isolierstoffteile, wenn sie beim Gebrauch bestimmungsgemäß in der Hand gehalten werden oder mit fremden leitfähigen Teilen dauernd in Verbindung stehen, durch eine doppelte oder verstärkte Isolation von aktiven Teilen getrennt sein müssen, hängt von den Bauvorschriften für die verschiedenen Geräte ab.

Betriebsmittel der Schutzklasse 1 müssen also eine Anschlussstelle für den Schutzleiter haben, die deutlich gekennzeichnet sein muss und für die zusätzlichen Vorschriften hinsichtlich des Korrosionsschutzes und des Schutzes gegen Lockerung bestehen. Anschlussleitungen für Betriebsmittel der Schutzklasse 1 müssen einen Schutzleiter enthalten, und Steckverbindungen müssen einen Schutzkontakt besitzen.



a) alle leitfähigen äußeren Teile (Körper) mit dem Schutzleiter verbunden

b) ein äußeres leitfähiges Teil durch doppelte Isolation von aktiven Teilen und dem übrigen Körper getrennt

- 1 aktive Teile des Betriebsstromkreises
- 2 Betriebsisolation zwischen aktiven Teilen
- 3 Basisisolation zwischen aktiven Teilen und Körper
- 4 äußere leitfähige Teile
- 5 Zusatzisolation
- 6 äußerer leitfähiger Teil, der nicht mit dem Schutzleiteranschluss verbunden sein muss

Abb. 1.34: prinzipieller Aufbau von Betriebsmitteln der Schutzklasse 1

In diesem Zusammenhang soll auch der Schutzleiteranschluss in Anschlussleitungen erwähnt werden. Im Stecker oder in der Kupplungsdose soll das Schutzleiterende immer länger sein als die Enden der unter Spannung stehenden Adern, damit beim Versagen der Zugentlastung der Schutzleiter zuletzt auf Zug beansprucht und zuerst die Spannung führenden Leitungen aus den Klemmen gerissen werden. Wird gegen diese Regel der Technik verstoßen, dann kann es leicht zum Unfall kommen.

Anschlussleitungen von Betriebsmitteln der Schutzklasse 1

Bewegliche Anschlussleitungen sind eine der Hauptursachen von Elektrounfällen. Beschädigte Anschlussleitungen sollen als Ganzes ausgewechselt werden. Es ist gefährlich, schadhafte Stellen z. B. durch Umwickeln mit Isolierband zu reparieren. Bei gezogenem Stecker dürfen die Stifte nie Spannung führen (dieser Fehler wird manchmal bei Verlängerungsleitungen gemacht). Bewegliche Anschlussleitungen mit Gerätesteckdosen (Geräteanschlussleitungen) und Kupplungsdosen (Verlängerungsleitungen) müssen auf alle Fälle einen Schutzleiter enthalten. Sie müssen an einem Ende mit einem Schutzkontaktstecker und am anderen Ende mit einer Gerätesteckdose mit Schutzkontakt oder einer Kupplung mit Schutzkontakt versehen sein.

Betriebsmittel der Schutzklasse 2

Bei den schutzisolierten Geräten besteht der Grundgedanke darin, zusätzlich zur Basisisolation eine Isolation vorzusehen, die auch dann einen vollwertigen Schutz gegen gefährliche Berührungsströme sicherstellt, wenn die Basisisolation durch einen Isolationsfehler überbrückt wird. Der Aufbau eines schutzisolierten Gerätes wird in Abbildung 1.35 dargestellt.

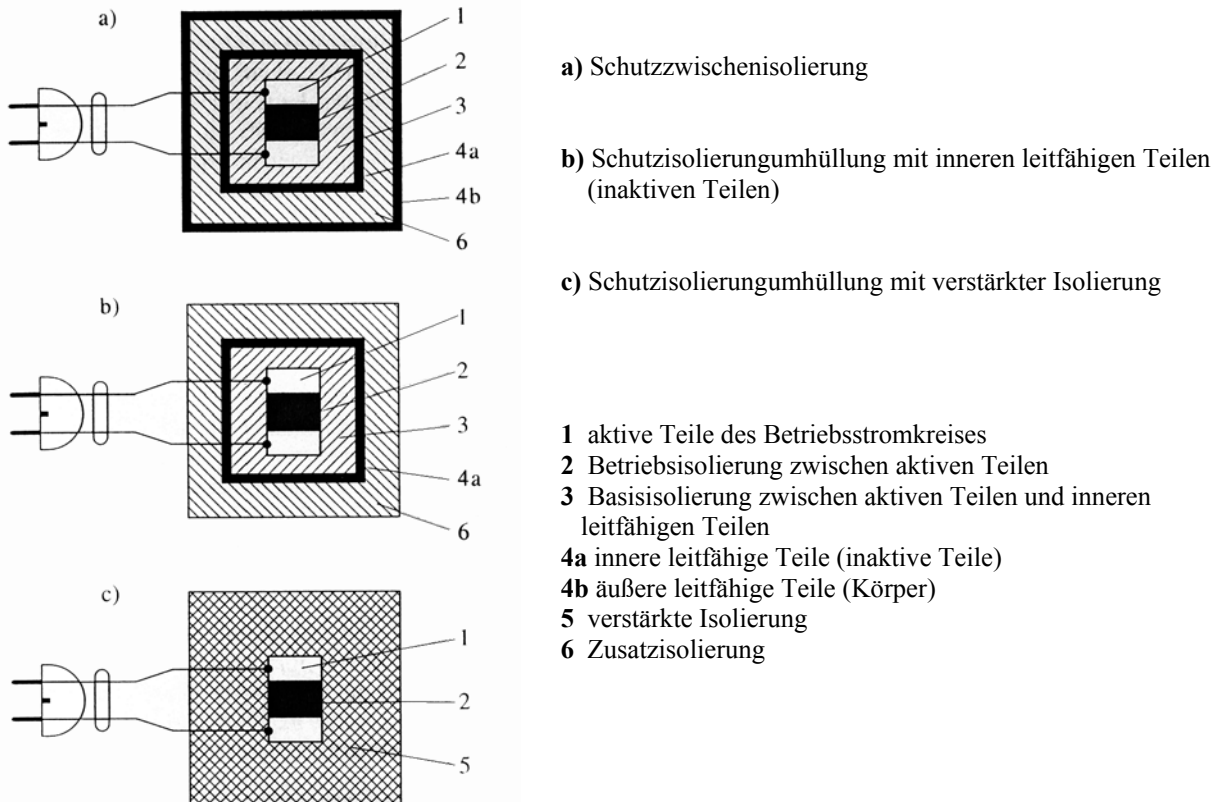


Abb. 1.35: Aufbau eines schutzisolierten Gerätes

Im Prinzip gibt es drei Formen der Schutzisolierung:

1. Die Schutzisolierungsumhüllung ist eine Schutzisolierung, bei der als zusätzliche Isolierung alle leitfähigen Teile, die im Fehlerfall zu gefährlichen Berührungsströmen führen können, fest und dauerhaft mit Isolierstoff bedeckt werden. Dazu zählen auch Betriebsmittel, deren Gehäuse aus Isolierstoff bestehen, die also keine berührbaren leitfähigen Teile besitzen, die im Fehlerfall Spannung annehmen können.
2. Die Zusatzisolierung ist eine Schutzisolierung, bei der zusätzlich zur Basisisolierung alle äußeren, leitfähigen Teile durch Isolierungen von allen Teilen, die bei Fehlern der Basisisolierung gefährliche Berührungsspannungen annehmen können (inaktive Teile) getrennt sind.
3. Die verstärkte Isolierung ist eine Isolierung zwischen aktiven Teilen und äußeren, leitfähigen Teilen mit solchen mechanischen und elektrischen Eigenschaften, dass sie eine Basisisolierung und einer Zusatzisolierung gleichwertig ist.

Die Zusatzisolierung wird angewendet, wenn die thermische oder mechanische Festigkeit von Isolierstoffen nicht ausreicht, also Metall für die Gehäuse der Betriebsmittel unbedingt notwendig ist (z. B. Elektrogeräte).

Die verstärkte Isolierung wird an Stellen vorgesehen an denen weder Schutzisolierungsumhüllungen noch eine Zusatzisolierung möglich sind, z.B. bei Gerätesteckern, Schaltern, Anschlussklemmen und ähnlichem Installationsmaterial. In diesen Fällen werden dann die Kriech- und Luftstrecken und die Form der Isolation so ausgebildet, dass die gleiche elektrische Sicherheit erreicht wird wie bei der Basisisolierung und Zusatzisolierung.

Definition

Schutzisolierung elektrischer Betriebsmittel ist eine Maßnahme des Fehlerschutzes in Form einer zusätzlichen Isolierung zur Basisisolierung oder einer Verstärkung der Basisisolierung, damit beim Versagen der Basisisolierung keine gefährlichen Berührungsströme zum Fließen kommen können.

Ausführungsformen

Die Schutzisolierung eines Betriebsmittels wird durch isolierende Gehäuse und Abdeckungen, durch isolierende Umpressung von Kleinstmaschinen, durch Einbau von Isolierzwischenteilen in Getrieben, Wellen, Gestängen, Gehäusen, durch Mantelleitungen oder durch verstärkte Isolierungen hergestellt.

Lack- oder Emailleüberzüge, Oxidschichten sowie Faserumhüllungen (Umspinnung, Umklöppelung, Gewebebänder) gelten nicht als Schutzisolierung.

Dagegen gelten äußere Umhüllungen aus geeigneten Isolierstoffen, wie z.B. Mäntel von Schlauchleitungen, als Schutzisolierung. Abbildung 1.36 zeigt die Schutzisolierumhüllung bei einem Schaltgerät im Prinzip und bei Leitungen und Kabeln. Bei Kabeln und Leitungen gelten isolierende äußere Umhüllungen und Mäntel (z. B. bei Feuchtraumleitungen und Schlauchleitungen) als Schutzisolierung. Allerdings wird vorausgesetzt, dass sie mittels Isolierstoffschellen befestigt werden.

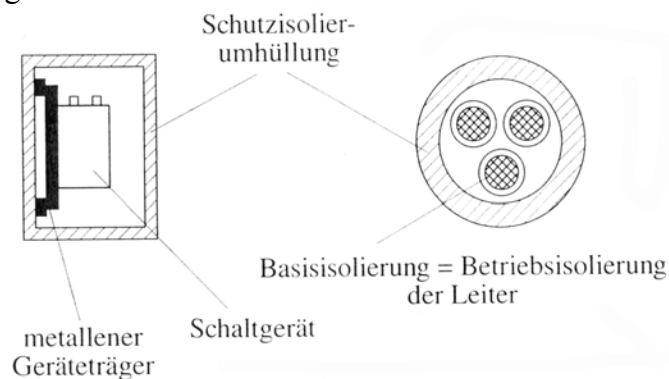


Abb. 1.36: Ausführungsformen der Schutzisolierung

Anschlussleitungen

Schutzisolierte Betriebsmittel können bei normalen und erschwerten Umgebungsbedingungen verwendet werden. Das Risiko ist auch bei erschwerten Umgebungsbedingungen vertretbar, wenn die Geräte bestimmungsgemäß verwendet und instand gehalten werden. Die Instandhaltung ist besonders in gewerblichen und industriellen Betriebsstätten wichtig, da sonst leitfähiger Staub oder Fehler in der Anschlussleitung Gefahren verursachen können.

Dagegen schützt der Zusatzschutz und damit bringen Betriebsmittel der Schutzklasse 2 die höchste Sicherheit bei der Elektrizitätsanwendung. Sie sind in sich selbst sicher. Daher darf an schutzisolierten Geräten kein Schutzleiter angeschlossen werden. Bewegliche Anschlussleitungen enthalten daher auch keinen Schutzleiter. Wird bei Instandsetzungsarbeiten eine dreiadrigte Anschlussleitung mit Schutzleiter verwendet, so darf der Schutzleiter der Anschlussleitung nicht an das Betriebsmittel angeschlossen werden, das im übrigen auch keine Schutzleiter-Anschlussklemme besitzt. Der Schutzleiter ist so abzusetzen, dass er nicht mit den aktiven Teilen in Berührung kommen kann. Im Schutzkontaktstecker ist der Schutzleiter anzuschließen, um Isolationsfehler in der Anschlussleitung zu melden oder bei späterer Verwendung der Anschlussleitung zusammen mit Geräten der Schutzklasse 1, etwa beim Gerätewechsel, Schutzleiterunterbrechungen zu vermeiden.

Stecker, die zusammen mit einer beweglichen Anschlussleitung ohne Schutzleiter ein unteilbares Ganzes bilden, z. B. solche aus Weichgummi oder thermoplastischen Isolierstoffen, müssen in eine Schutzkontaktsteckdose passen, dürfen aber keine Schutzkontaktstücke haben. Bei größeren mechanischen Beanspruchungen und höherer Leistung, etwa bei Elektrowerkzeugen, wird meist der Konturenstecker, bei Haushaltsgeräten der zweipolige Flachstecker (Europastecker) bis 3 A verwendet.

Derartige Anschlussleitungen dürfen nur für schutzisolierte Geräte verwendet werden und sind an diese fest anzuschließen.

Ist aus betrieblichen Gründen, z. B. wegen der Funkentstörung oder des Überspannungsschutzes, der Anschluss eines Schutzleiters oder seine Durchführung bei schutzisolierten Geräten erforderlich, dann können diese Maßnahmen nur dann durchgeführt werden, wenn die einschlägigen Normen dies ausdrücklich erlauben.



Abb. 1.37: Bauformen von Steckern für schutzisolierte Geräte (siehe Anhang)

Betriebsmittel der Schutzklasse 3

Betriebsmittel der Schutzklasse 3 sind für den Betrieb mit Kleinspannung gebaut. Die Nennspannung darf daher die für die Kleinspannung vorgeschriebenen Grenzwerte von 50 Volt für Wechselstrom und 120 Volt für Gleichstrom nicht überschreiten. Diese Nennspannungen werden bei den Maßnahmen des Fehlerschutzes Schutz durch Kleinspannung SELV und PELV eingesetzt. Bei der Kleinspannung PELV sind oft aber auch Betriebsmittel zulässig, die nicht der Schutzklasse 3 entsprechen müssen. Zu beachten ist, dass die Grenzwerte für die Leerlaufspannung gelten, wenn die Primärspannung der Schutztransformatoren der Nennspannung entspricht.

Wesentlich ist, dass für Betriebsmittel der Schutzklasse 3 eine Basisisolierung verlangt wird, die einer Nennspannung von 250 Volt entspricht, und auch der Schutz gegen direktes Berühren gegeben sein muss.

Betriebsmittel der Schutzklasse 3 sind mit dem international genormten Kurzzeichen nach Abbildung 1.38 gekennzeichnet.

Anschlussleitungen haben keinen Schutzleiter, und als Steckvorrichtungen werden Sonderbauformen verwendet, z. B. die international genormte Rundsteckvorrichtung. Abbildung 1.39 zeigt als Beispiel die Kleinspannungssteckvorrichtung 16 A 42 V, bei der am Innenkragen der Dose eine Unverwechselbarkeitsnase vorgesehen ist. Der Stecker für 42 Volt besitzt eine entsprechende Ausnehmung. Der Stecker für 24 V hat keine Nut, und damit kann er nicht in die Dose für 42 Volt eingeführt werden.



Abb. 1.38: Bildzeichen für Betriebsmittel der Schutzklasse III



Abb. 1.39: Internationale Rundsteckvorrichtung (siehe Anhang)

Schutzkleinspannung

In einigen Fällen ist eine strikte Trennung zwischen Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren und solchen bei indirekten Berühren nicht möglich. Dazu zählt auch der Schutz durch Kleinspannung. Wir behandeln hier den Nachfolger der alten Schutzmaßnahme Kleinspannung, heute heißt diese Art des Schutzes durch Kleinspannung SELV. Maßgebend für die Höhe der Spannung ist der Spannungsbereich 1 nach IEC 449. Der Effektivwert der Wechselspannung zwischen aktivem Leiter und Erde darf maximal 50 V_{AC} betragen. Bei überschwingungsfreier Gleichspannung beträgt der Maximalwert 120 V_{DC}. Für besondere Anwendungsfälle, bei denen das Gefahrenpotenzial sehr hoch ist, sind niedrige maximale Spannungswerte von beispielsweise 25 V_{AC} oder 60 V_{DC} vorgeschrieben.

Die Schutzmaßnahmen unterscheiden sich durch die Art der Erzeugung und der Trennung. Die Grundidee besteht darin, dass bei den zu berücksichtigten Umgebungsbedingungen von der Spannung selbst keine Gefahr mehr ausgeht. Diese wird durch die Einhaltung von drei Bedingungen erreicht:

- Anwendung einer ausreichend niedrigen Spannung, die aus bestimmten Stromquellen gespeist wird.
- Sichere Trennung von anderen Stromkreisen.
- Weitere festgelegte Bedingungen wie das Verbot Körper absichtlich mit Erde oder einen Schutzleiter zu verbinden.

Es ist also nicht die niedrige Spannung alleine, die diese hochwertige Schutzmaßnahme ausmacht. Je nach Art der Umgebungsbedingungen z. B. Feuchtigkeit bei Schwimmbädern oder Badewannen können die Spannungsgrenzwerte für die Schutzkleinspannung auch niedriger festgelegt werden als die nach VDE 410 erlaubten.

Erschwerte Bedingungen, unter denen Schutzkleinspannung angewendet werden muss, sind beispielsweise:

- Umgebung aus leitfähigen Stoffen
- Kessel, Behälter usw.
- Spielzeug
- Betriebsmittel in Badewannen

Wichtig ist, wie die Kleinspannung erzeugt wird:

Soll die Kleinspannung als Schutzmaßnahme dienen, darf sie nicht über Spannungsteiler, Spartransformator oder Halbleiterbauelemente erzeugt werden. Wichtig ist die sichere Trennung im Transformator, wenn er als Sicherheitstransformator eingesetzt werden soll. Bei geschlossenen Trafos müssen auch die Anschlussleitungen mit einbezogen werden.

Vorsicht bei Reparaturen!

Beim Kauf unbedingt auf die Bildzeichen des Typenschildes achten.
 Vorsicht bei der Verlegung und Installation von Schutzkleinspannung.

- Nicht mit anderen normalen Stromkreisen mischen
- Keine gemeinsame Rückleitung oder Null geben z. B. Schutzkleinspannungsstromkreise und Niederspannungsstromkreise eine. Unbedingt strikt trennen.

Elektrochemische Spannungsquellen, wie Batterien und Akkumulatoren, erfüllen schon konstruktionsbedingt die Anforderungen an Schutzkleinspannung.

1.10 Konzept des Elektroschutzes: Die Stufe 3

(DIN VDE 0100-410)

Bezeichnung		Anlagenschutz	Geräteschutz
1. Stufe	Basisschutz	Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile	Schutzart Für den Berührungs- und Fremdkörperschutz
2. Stufe	Fehlerschutz	Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren aktiver Teile	Schutzklasse
3. Stufe	Zusatzschutz	Maßnahmen zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile, z. B. Fehlerstromschutzeinrichtung mit Nennfehlerstrom $\leq 30 \text{ mA}$	

Abb. 1.40: Stufe 3 des Elektroschutzes

Zusatzschutz

- Maßnahmen zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile, z. B. Fehlerstromschutzeinrichtungen mit Nennfehlerstrom $< 30 \text{ mA}$. In dieser Stufe gibt es keinen Unterschied zwischen Anlagen- und Geräteschutz.

Die Fehlerstromschutzeinrichtung

Als dritte Stufe im Elektroschutz wird der Fehlerstromschutzschalter als Maßnahme zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile eingesetzt. Heute wird hauptsächlich der Fehlerstromschutzschalter kleiner 30 mA eingesetzt.

Der Fehlerstromschutzschalter kann aber nie die alleinige Schutzmaßnahme sein.

Der Aufbau eines FI – Schutzschalters kann in 3 Funktionsgruppen unterteilt werden.

1. Summenstromwandler zur Fehlerstromerfassung
2. Auslöser zur Umsetzung der elektrischen Messgröße in eine mechanische Entklinkung
3. Schaltschloss mit den Kontakten

Der Summenstromwandler umfasst alle zur Stromführung benötigten Leiter also auch den Neutralleiter.

In einer fehlerfreien Anlage heben sich für den Summenstromwandler die magnetisierenden Wirkungen der stromdurchflossenen Leiter auf, da entsprechend dem Kirchhoff'schen Gesetz die Summe aller Ströme Null ergibt. Es entsteht kein Restmagnetfeld, das in der Sekundärwicklung eine Spannung induzieren könnte.

Wenn dagegen durch einen Isolationsfehler, elektrisch gesehen, nach dem FI-Schutzschalter ein Fehlerstrom fließt, wird das Gleichgewicht gestört, und es bleibt ein Restmagnetfeld im Wandlerkern. Dadurch wird in der Sekundärwicklung eine Spannung erzeugt, die über den Auslöser und dem Schaltschloss die Abschaltung des mit dem Isolationsfehler behafteten Stromkreises und damit die zu hohe Berührungsspannung abgeschaltet.

Diese Abschaltung muss nach VDE innerhalb von 0,2 s erfolgt sein.

Um den Schalter zu überprüfen sollte er wenigstens alle vier Wochen von Hand geprüft werden, auf Baustellen täglich vor Arbeitsbeginn. Bei der Prüfung wird eine Brücke über einen Widerstand zwischen zwei Leitern gelegt, so dass der Summenstromwandler irritiert wird und auslösen muss. Löst der Schalter nicht aus, muss die Anlage sofort still gelegt werden.

An dem FI-Schalter wird weder eine Schutzleitung noch eine Hilfserde angeschlossen. Dafür erhält die gesamte Anlage eine gute Erde. Diese Erden werden an einen Punkt zusammengefasst und über die Poti-Schiene an eine Hilfserde angeschlossen. Als Hilfserde wird heute der Fundamenterder genommen.

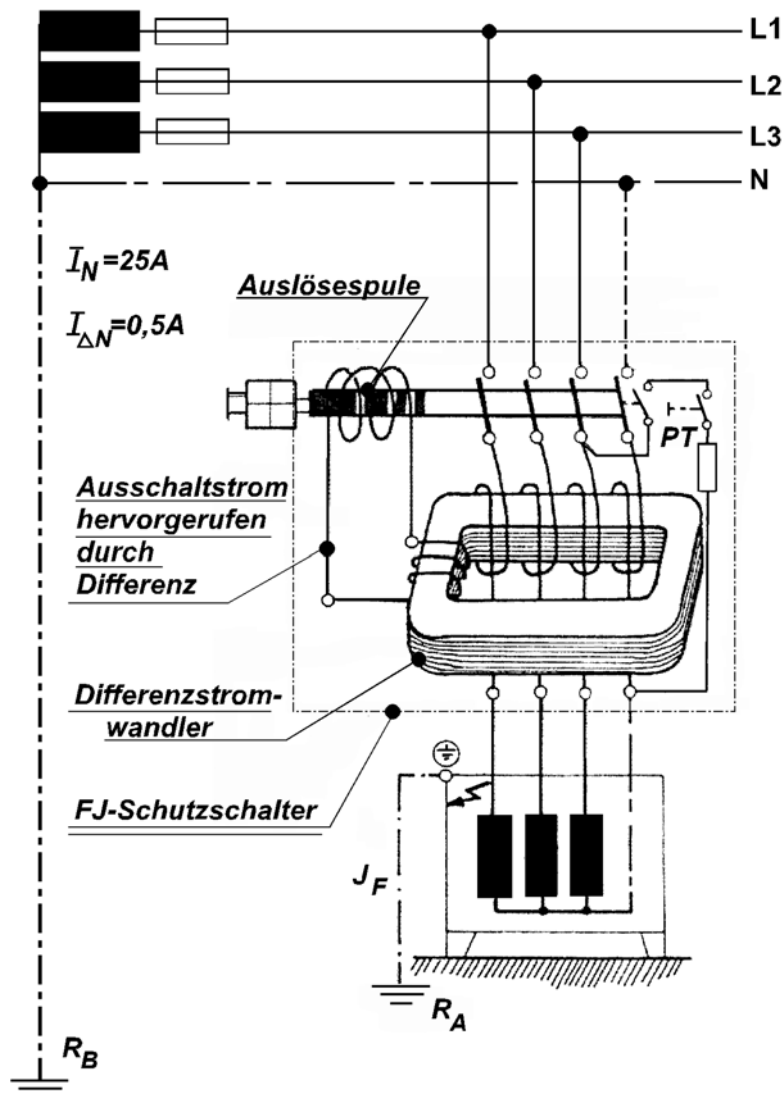


Abb. 1.41: FI-Schutzschaltung

R_B = Betriebserdung

R_A = Erdung (passend zum FJ-Schalter)

P_T = Prüftaste

$J_{\Delta N}$ = Differenz Nennstrom

Das TT-Netz mit FI-Schutzschalter

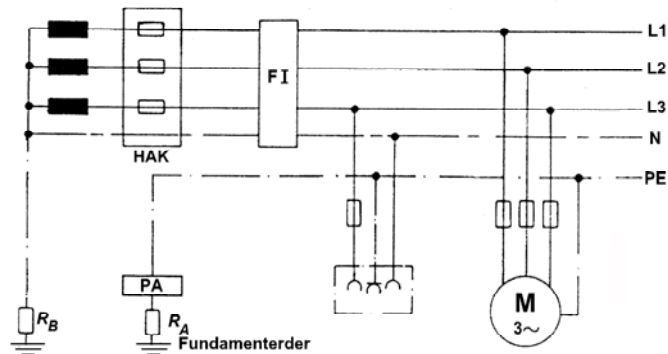


Abb. 1.43: TT-Netz mit FI-Schutzschalter

Der Schutzleiter darf mit den Zuleitungen, die vor dem Fehlerstromschutzschalter liegen, nicht in gemeinsamer Umhüllung sein, da sonst bei einem Isolationsfehler zwischen Außenleiter und Schutzleiter eine Fehlerspannung auf das Betriebsmittel übertragen wird, ohne dass der Schalter abschaltet.

Das TN-Netz mit FI-Schutzschalter

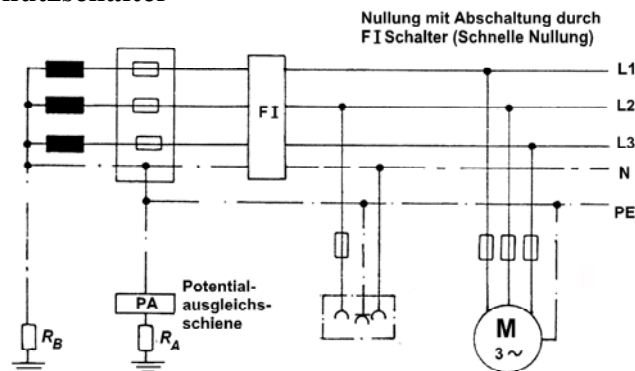


Abb. 1.44: TN-Netz mit FI-Schutzschalter

Hinter dem FI-Schutzschalter dürfen Neutralleiter und Schutzleiter nicht leitend verbunden sein. Durch diese Verbindung kann die Funktion des FI-Schutzschalters außer Kraft gesetzt werden, oder es kommt zu Fehlschaltungen des FI-Schutzschalters durch den Rückstrom des Betriebsmittels.

Vorgaben zum Einsatz von FI-Schutzschaltern in Anlagen

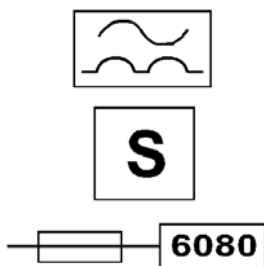
VDE-Bestimmung DIN VDE ...	Anwendung	Nennauslösestrom $f_{\Delta n}$
0100 Teil 559	Leuchten und Beleuchtungsanlagen Vorführrstände für Leuchten	$\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 701	Räume mit Badewanne oder Dusche Steckdosen im Bereich 3	$\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 702	Überdachte Schwimmbecken (Schwimmhallen) und Schwimmanlagen im Freien	$\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 703	Sauna-Anlagen	$\leq 30 \text{ mA}$

0100 Teil 704	Baustelle Steckdosenstromkreise [Einphasenbetrieb] bis 16 A Sonstige Steckdosenstromkreise	$\leq 30 \text{ mA}$ $\leq 500 \text{ mA}$
0100 Teil 705	Landwirtschaftliche Betriebsstätten, Intensivtierhaltung ($U_s \leq 25 \text{ V}$), allgemein Steckdosenstromkreis	$\leq 500 \text{ mA}$ $\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 720	Feuergefährdete Betriebsstätten	$\leq 500 \text{ mA}$
0100 Teil 721	Caravans, Boote und Yachten sowie ihre Stromversorgung auf Camping- bzw. an Liegeplätzen	$\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 722	Fliegende Bauten, Wagen und Wohnwagen nach Schaustellerart ($R_A \leq 30 \Omega$)	$\leq 500 \text{ mA}$
0100 Teil 723	Unterrichtsräume mit Experimentierständen	$\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 728	Ersatzstromversorgungsanlagen ($A_1 \leq 100 \Omega$)	$\leq 500 \text{ mA}$
0100 Teil 737	Feuchte und nasse Bereiche und Räume; Anlagen im Freien	$\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 738	Springbrunnen	$\leq 30 \text{ mA}$
0107	Medizinisch genutzte Räume ($R_S \leq \frac{24 \text{ V}}{f_{\Delta n}}$) für Anwendungsgruppe 1 und 1 E allgemein für Anwendungsgruppe 2 E für eingeschränkte Bereiche	bei $f_n \leq 63 \text{ A}$ $f_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ bei $f_n \leq 63 \text{ A}$ $f_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$
0544 Teil 100	Schweißeinrichtungen und Betriebsmittel für Lichtbogenschweißen und verwandte Verfahren – Bereiche erhöhter elektrischer Gefährdung -	$\leq 30 \text{ mA}$

Abb. 1.45: Anwendung von FI-Schutzschaltern in Anlagen

Kurzzeichen und Symbole auf elektrischen Betriebsmitteln

	GS-Prüfzeichen, Berufsgenossenschaftliche Prüfstelle: Fachausschuss „Elektrotechnik“		Druckwasserdicht (mit Angabe der maximalen Eintauchtiefe)
			Staubgeschützt
	EG-Konformitätszeichen (CE-Zeichen)		Staubdicht
	Kennzeichen der Prüfstelle Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)		Für rauen Betrieb
	VDE- Harmonisierungskennzeichen für Kabel und Leitungen		Schutzleiteranschluss
	Gefährliche elektrische Spannung		Leuchte für Entladungslampen zur direkten Montage auf oder an normal oder leicht ent- flammbaren Baustoffen.
	Schutzisoliert (Schutzklasse II)		Nicht zur direkten Montage auf normal entflammbaren Oberflä- chen geeignete Leuchte (nur zur Montage auf nicht entflamm- baren Oberflächen geeignet)
	Schutzkleinspannung (Schutzklasse III)		Zur Montage in oder auf normal entflammbaren Oberflä- chen geeignete Leuchte, falls Wärmedämm-Material die Leuchte umhüllt
	Sicherheitstransformator (Schutzklasse III)		Explosionsgeschützte, baumustergeprüfte Betriebsmittel
	Trenntransformator		--- neu; = alt Gleichstrom
	Tropfwassergeschützt		~ Wechselstrom
	Sprühwassergeschützt (Regenwassergeschützt)		~--- Mischstrom
	Spritzwassergeschützt		FI-Schutzschalter löst sowohl bei Wechsel- als auch bei pul- sierenden Gleichfehlerströmen aus.
	Strahlwassergeschützt		FI-Schutzschalter zum Einsatz bei tiefen Temperaturen
	Wasserdicht	V	Volt (Spannung)
		A	Ampère (Stromstärke)
		W	Watt (Leistung)
		kW	Kilowatt (Leistung)
		Hz	Hertz (Frequenz)



FI-Schutzschalter löst sowohl bei Wechsel- als auch bei pulsierendem Gleichfehlerstrom aus.

Selektiver FI-Schutzschalter

Nenn-Kurzschlussfestigkeit in Verbindung mit einer Sicherung in A... ohne Einheitszeichen

Abb. 1.42: Kurzzeichen und Symbole auf elektrischen Betriebsmitteln

1.11 Testfragen

Erläutern Sie den Unterschied der Erdungsverhältnisse der Stromquelle und der Körper der elektrischen Anlage zwischen dem TN- Netz und dem TT- System.

Welche Gefahren können von elektrischen Betriebsmitteln oder Anlagen durch Verhaltensfehler und technische Fehler ausgehen?

Wovon hängt die Höhe eines durch den Menschen fließenden Körperstroms ab?

Ab welcher Stromstärke muss mit der Gefahr von Herzkammerflimmern gerechnet werden?

Ab welcher Spannungshöhe kann das Berühren von spannungsführenden Teilen gefährlich sein?

Was ist bei Stromunfällen zu beachten?

Was ist das Prinzip bei der Schutzmaßnahme Kleinspannung?

Welche Stromquellen können zur Erzeugung der Schutzkleinspannung genommen werden?

Durch welche baulichen Maßnahmen erreicht man die große Sicherheit bei schutzisolierten Geräten?

Worin besteht der besondere Schutz in elektrischen Anlagen bei Anwendung der Schutzmaßnahme Schutztrennung?

Unter welchen Voraussetzung dürfen bei der Schutztrennung im Sekundärstromkreis mehrere Betriebsmittel angeschlossen werden?

Kann durch Farbanstriche oder Lacküberzüge eine ausreichende Isolierung für den Schutz gegen direktes Berühren erreicht werden?

Welcher Schutzart müssen Abdeckungen oder Umhüllungen mindestens entsprechen?

Auf welche Weise müssen Abdeckungen oder Umhüllungen innerhalb elektrischer Betriebsmittel befestigt sein?

Wann kann der Schutz gegen direktes Berühren durch Hindernisse erfolgen?

Bietet ein Fehlerstromschutzschalter Schutz bei direkten Berühren?

Welche Auswirkungen hat ein Körperschluss in einem TN-System?

Wie lautet die Abschaltbedingung im TN-System?

Welche Auswirkung hat ein Körperschluss in einem TT-System?

Wie lautet die Abschaltbedingung im TT-System?

Warum ist der Einsatz von Überstrom- Schutzeinrichtungen zum Schutz gegen indirektes Berühren im TT- System nur in Ausnahmefällen möglich?

Warum ist die Schutzmaßnahme Schutzisolierung eine besonders sichere Schutzmaßnahme?

Welcher Schutzart müssen Betriebsmittel der Schutzklasse 2 genügen?

Wie ist zu verfahren, wenn bei einem schutzisolierten Gerät eine neue Anschlussleitung mit Schutzleiter angeschlossen werden soll?

Welche Bedingungen müssen eingehalten werden, damit der Schutzmaßnahme durch nichtleitende Räume angewendet werden kann?

Welche Stromquellen können für die Schutztrennung verwendet werden?

Nennen Sie die maximale Leitungslänge des Sekundärstromkreises bei der Schutztrennung?

Erklären Sie die Wirkungsweise eines FI- Schutzschalters.

Wodurch wird das Auslösen des FI- Schutzschalters verursacht?

Wie wird die Wirksamkeit der FI- Schutzschalter geprüft?