

5 Schutzmaßnahmen

Personen und Sachen müssen vor schädigenden Einwirkungen durch elektrischen Strom geschützt werden, dazu sind Maßnahmen erforderlich, die den Fehlern, Mängeln und Schädigungen entgegenwirken können oder die die negativen Einflüsse erst gar nicht eintreten lassen.

Um dem Leser und Anwender einen Überblick über die Schutzmaßnahmen zu geben, die eine wichtige Funktion bei der Errichtung und dem Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel erfüllen, werden weitestgehend alle Schutzmaßnahmen nachfolgend angesprochen, klar gegliedert und erläutert.

Merke: Schutz ist die Verringerung des Risikos durch geeignete Vorkehrungen, die entweder die Eintrittshäufigkeit oder den Umfang des Schadens oder beides verringern.

5.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

Als Schutz gegen elektrischen Schlag werden alle Mittel und Maßnahmen bezeichnet, die verhindern, dass ein gefährlicher Strom den Körper eines Menschen oder Tieres durchfließt. Er wird dann als gefährlich bezeichnet, wenn dabei ein schädigender (pathophysiologischer) Effekt (elektrischer Schlag) auftritt. Bei ordnungsgemäßer Herstellung, Errichtung bzw. Aufstellung und bei bestimmungsgemäßer Verwendung dürfen elektrotechnische Erzeugnisse keine Gefahren für Personen und Tiere verursachen. Um dieses Ziel zu erreichen, sind geeignete Schutzmaßnahmen vorzusehen. Das Konzept der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag beruht auf dem Prinzip der zweifachen Sicherheit und ist bei besonderer Gefährdung durch eine dritte Schutzebene zu ergänzen.

Zu unterscheiden sind der:

- Basisschutz,
- Fehlerschutz,
- Zusatzschutz.

Schutz gegen gefährliche Körperströme

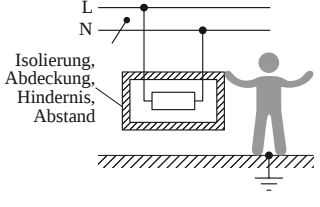
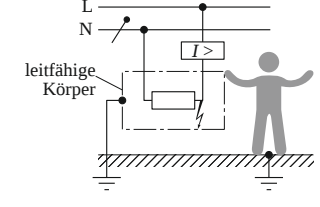
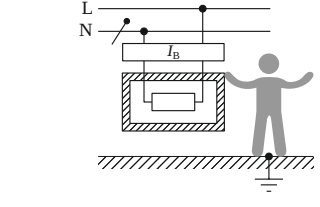
1. Schutzebene: Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	Schutz vor Gefahren, die sich aus einer Berührung mit aktiven Teilen ergeben	
2. Schutzebene: Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)	Schutz vor Gefahren, die sich im Fehlerfall aus einer Berührung mit dem Körper oder fremden leitfähigen Teilen ergeben	
3. Schutzebene: Zusatzschutz (Schutz bei direktem Berühren)	Ergänzung der Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren, z. B. wenn diese unwirksam werden	

Bild 5.1 Definitionen des Schutzes gegen elektrischen Schlag in drei Schutzebenen

Es muss verhindert werden, dass ein gefährlicher Strom den Körper eines Menschen oder eines Nutztiers durchfließt. Dazu sind Maßnahmen zu ergreifen, die Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag.

Wichtig: Grenze der dauernd zulässigen Berührungsspannung U_L Wechselspannung, AC 50 V/Gleichspannung, DC 120 V

Merke:

Zwei grundsätzliche Anforderungen:

Ein **elektrischer Schlag** durch Berühren von unter Spannung stehenden Teilen muss verhindert werden durch:

Isolieren, Abdecken, Umhüllen oder Abstand zu den spannungsführenden Teilen (**Basisschutz**). Dies gilt für den Normalzustand, also den ungestörten Betrieb und bei bestimmungsgemäßer Verwendung und ohne Fehler in den Anlagen. Außerdem dürfen ebenso keine Gefährdungen entstehen, wenn durch einen Fehler in der entsprechenden Anlage, z. B. durch eine schadhafte Isolierung die Spannung auf den Körper eines Betriebsmittels verschleppt werden könnte. Der Schutz vor der Gefährdung, die sich im Fehlerfall aus einer Berührung mit Körpern oder fremden leitfähigen Teilen ergeben könnte, ist der **Fehlerschutz**.

Schutzmaßnahmen zum Fehlerschutz (siehe Kapitel 5.1.2)

- Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung ^{*)},
- Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung,
- Schutztrennung,
- Schutz durch Niederspannung SELV und PELV

^{*)} Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung ist die am häufigsten angewendete Schutzmaßnahme in elektrischen Anlagen

In der letzten Zeit haben sich zu den Schutzmaßnahmen verschiedene Begrifflichkeiten durch die Harmonisierung der Normen, Angleichung an die international verwendeten Begriffe und der unterschiedlichen Übergangsfristen im allgemeinen Sprachgebrauch ergeben, die evtl. zu Verwirrungen führen könnten, daher ist in **Tabelle 5.1** eine übersichtliche Darstellung verschiedener Bezeichnungen enthalten.

Bezeichnung nach DIN VDE 0100-410:2007-06	Frühere Bezeichnungen
Schutz gegen elektrischen Schlag, Basisschutz *)	Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen (Schutz gegen direktes Berühren/Basisschutz)
Schutz gegen elektrischen Schlag, Fehlerschutz *)	Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren/Fehlerschutz)
Schutz durch nicht leitende Umgebung	Standortisolierung
Schutz durch erdfreien örtlichen Schutzpotentialausgleich	Potentialausgleich
Schutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs	Schutz durch Abstand
Basisisolierung von aktiven Teilen	Schutz durch Isolierung von aktiven Teilen
Basisschutz unter normalen Bedingungen durch Abdeckungen und Umhüllungen	Schutz durch Abdeckungen und Umhüllungen
Schutzmaßnahme doppelte oder verstärkte Isolierung	Schutz durch Verwenden von Betriebsmitteln der Schutzklasse II oder gleichwertige Isolierung bzw. zeitlich davor: Schutzisolierung
Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung eines Verbrauchsmittels	Schutztrennung
Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	Schutzkleinspannung
Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene	Hauptpotentialausgleich
Schutzerdung nach DIN VDE 0100-410:2007-06 ist in der Funktion eigentlich „Erdung über den Schutzleiter“	als Schutzerdung wurde früher „Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TT-System“ bezeichnet

*) die Verwendung der Begriffe Basisschutz und Fehlerschutz gilt als ausreichend

Tabelle 5.1 Bezeichnung der Begriffe Schutz gegen elektrischen Schlag

Merke: Schutzmaßnahme gegen elektrischen Schlag

Nach DIN VDE 0100-410:2007-06 muss eine Maßnahme zum Schutz gegen elektrischen Schlag aus einer geeigneten Kombination aus Basisschutz und Fehlerschutz bestehen. Die Norm behandelt die Anwendung und Koordinierung dieser Anforderungen auch in Beziehung zu den äußeren Einflüssen (siehe DIN VDE 0100 Gruppe 700). Die Schutzmaßnahme muss bestehen aus:

- einer geeigneten Kombination von zwei unabhängigen Schutzvorkehrungen^{*)} für den Basisschutz und den Fehlerschutz oder
- einer verstärkten Schutzvorkehrung^{*)} die den Basisschutz und den Fehlerschutz bewirkt.

^{*)} Schutzvorkehrung nach DIN VDE 0140-1:2007-03 kann als Bestandteil der Schutzmaßnahme verstanden werden bzw. die Schutzvorkehrung ist die Durchführung oder Ausführung einer Schutzmaßnahme.

Besondere und Spezielle Schutzvorkehrungen nach DIN VDE 0100-410:2007-06

Voraussetzung für die Anwendung dieser Schutzvorkehrungen ist es, dass alle elektrischen Betriebsmittel einen Basisschutz haben.

Art der speziellen Schutzvorkehrung	Status	Charakteristisch ist
Schutz durch nicht leitende Umgebung	Neben den allgemein erlaubten Schutzmaßnahmen als besondere Schutzvorkehrung erlaubt, aber nur, wenn die Anlage unter Überwachung durch Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen steht	Die isolierende Umgebung nicht leitender Räume/Umgebung kann beim Versagen der Basisisolierung gefährliche Berührungsströme verhindern, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt werden: • kein gleichzeitiges Berühren der Körper unterschiedlicher Betriebsmittel oder Betriebsmittel mit fremden leitfähigen Teilen (Abstand > 2,5 m im Handbereich), • es darf kein Schutzleiter vorhanden sein. • isolierender Fußboden und isolierende Wände, 50 kΩ bei Nennspannungen bis 500 V; 100 kΩ bei Nennspannungen über 500 V, • alle Vorkehrungen müssen dauerhaft sichergestellt werden. Da die letzte Forderung im Allgemeinen nicht sichergestellt werden kann, ist es besser, eine andere Schutzmaßnahme z. B. Schutz durch Abschaltung oder Meldung zu wählen.

Tabelle 5.2 Schutzvorkehrungen nach DIN VDE 0100-410

Art der speziellen Schutzvorkehrung	Status	Charakteristisch ist
Schutz durch erdfreien örtlichen Schutzpotentialausgleich	Neben den allgemein erlaubten Schutzmaßnahmen als besondere Schutzvorkehrung erlaubt, aber nur, wenn die Anlage unter Überwachung durch Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen steht	Durch den erdfreien örtlichen Schutzpotentialausgleich kann das Auftreten einer gefährlichen Berührungsspannung verhindert werden. In den Schutzpotentialausgleich sind alle gleichzeitig berührbaren Körper und fremden leitfähigen Teile einzubeziehen. Eine Verbindung zur Erde oder zu geerdeten Teilen oder Körper muss ausgeschlossen werden. Ist dies nicht möglich, kann der Schutz durch erdfreien Schutzpotentialausgleich nicht angewendet werden. Deshalb wird diese Schutzmaßnahme selten angewendet. Stattdessen ist z. B. der Schutz durch automatische Abschaltung zu wählen.
Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung von mehr als einem Verbrauchsmittel	Neben den allgemein erlaubten Schutzmaßnahmen als besondere Schutzvorkehrung erlaubt, aber nur, wenn die Anlage unter Überwachung durch Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen steht	Als allgemein erlaubte Schutzmaßnahme darf die Schutztrennung nur für die Versorgung eines Verbrauchsmittels angewendet werden. Muss mehr als ein Verbrauchsmittel angeschlossen werden, so ist es eine Schutzvorkehrung mit der Bezeichnung Schutztrennung mit mehr als einem Verbrauchsmittel. Anforderungen: • Vorsichtsmaßnahmen sind zu treffen, damit der getrennte Stromkreis vor Isolationsfehler und weiteren Beschädigungen geschützt wird (Isolierung sollte von Elektrofachkräften täglich überprüft werden), • Körper des getrennten Stromkreises müssen miteinander durch isolierte, nicht geerdete Schutzpotentialausgleichsleiter verbunden werden; diese Leiter sind nicht mit den Schutzleitern oder Körpern anderer Stromkreise verbunden, • Steckdosen: mit Schutzkontakten ausgestattet; mit dem Schutzpotentialausgleichssystem verbunden; Schutzkontakte dürfen nicht mit anderen Schutzsystemen verbunden sein, • flexible Anschlussleitungen müssen einen Schutzleiter enthalten, • Länge der Kabel- und Leitungen beachten: Produkt der Spannung in Volt und der Leitungslänge in Meter sollte der Wert 100 000 nicht überschritten werden
Schutz durch Hindernisse	Basisschutz unter besonderen Bedingungen; nur in Anlagen verwenden, die durch Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen überwacht werden	Zweck der Maßnahme: Berühren aktiver Teile verhindern • unabsichtliches Berühren aktiver Teile und unbeabsichtigte Berühren der aktiven Teile während des Bedienens von Betriebsmitteln im Normalbetrieb sollen verhindert werden durch Schutzleisten, Gitter, Ketten, Seile oder Geländer, • Hindernisse sollten durch Bügel o. Ä. gesichert sein, die jedoch ohne Werkzeug entfernbar sein dürfen; Kennzeichnung: auffällig in rot-weiß oder schwarz-gelb; Abstand zu den aktiven Teilen etwa 0,2 m, Höhe etwa 1,3 m
Schutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs	Basisschutz unter besonderen Bedingungen, nur in Anlagen verwenden, die durch Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen überwacht werden	Zweck der Maßnahme: Berühren aktiver Teile verhindern • Handbereich ist der Bereich, der mit der Hand ohne besondere Hilfsmittel von der Standfläche aus erreicht wird; die berührbaren aktiven Teile müssen sich außerhalb des Handbereichs befinden, • gleichzeitig berührbare Teile unterschiedlichen Potentials dürfen nicht innerhalb des Handbereichs errichtet sein, d. h. sie müssen > 2,5 m voneinander entfernt angeordnet sein (siehe Bild 5.2), • sollte ein Hindernis die Abgrenzung bilden, so muss z. B. dieses Maschengitter die Schutzart IP2X oder IPXXB haben, damit das Eindringen fester Fremdkörper oder das Berühren des menschlichen Fingers nicht möglich ist

Tabelle 5.2 (Fortsetzung) Schutzvorkehrungen nach DIN VDE 0100-410

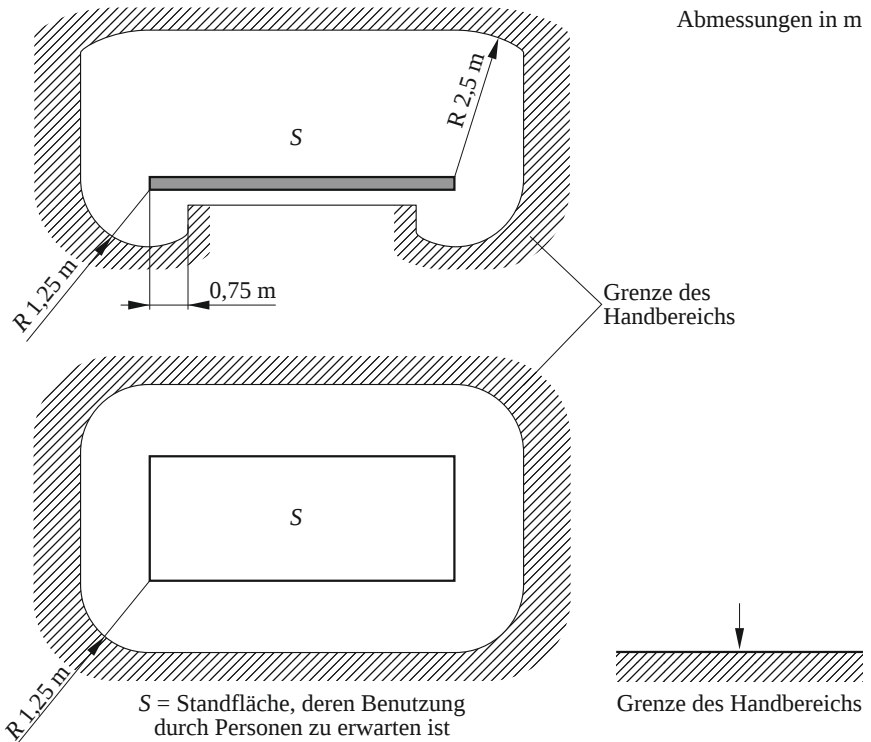


Bild 5.2 Handbereich

(Quelle: DIN VDE 0100-410:2007-06, Bild B.1)

Das „Zusammenspiel“ der Schutzvorkehrungen und der Schutzmaßnahmen wird aus dem nachfolgenden **Bild 5.3**, das im Buch Rudnik, S.; Pelta, R.: *Der Lotse durch die DIN VDE 0100. VDE-Schriftenreihe Band 144*. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG als Bild 410-2 dargestellt wird, sehr deutlich und soll an dieser Stelle erneut wiedergegeben werden.

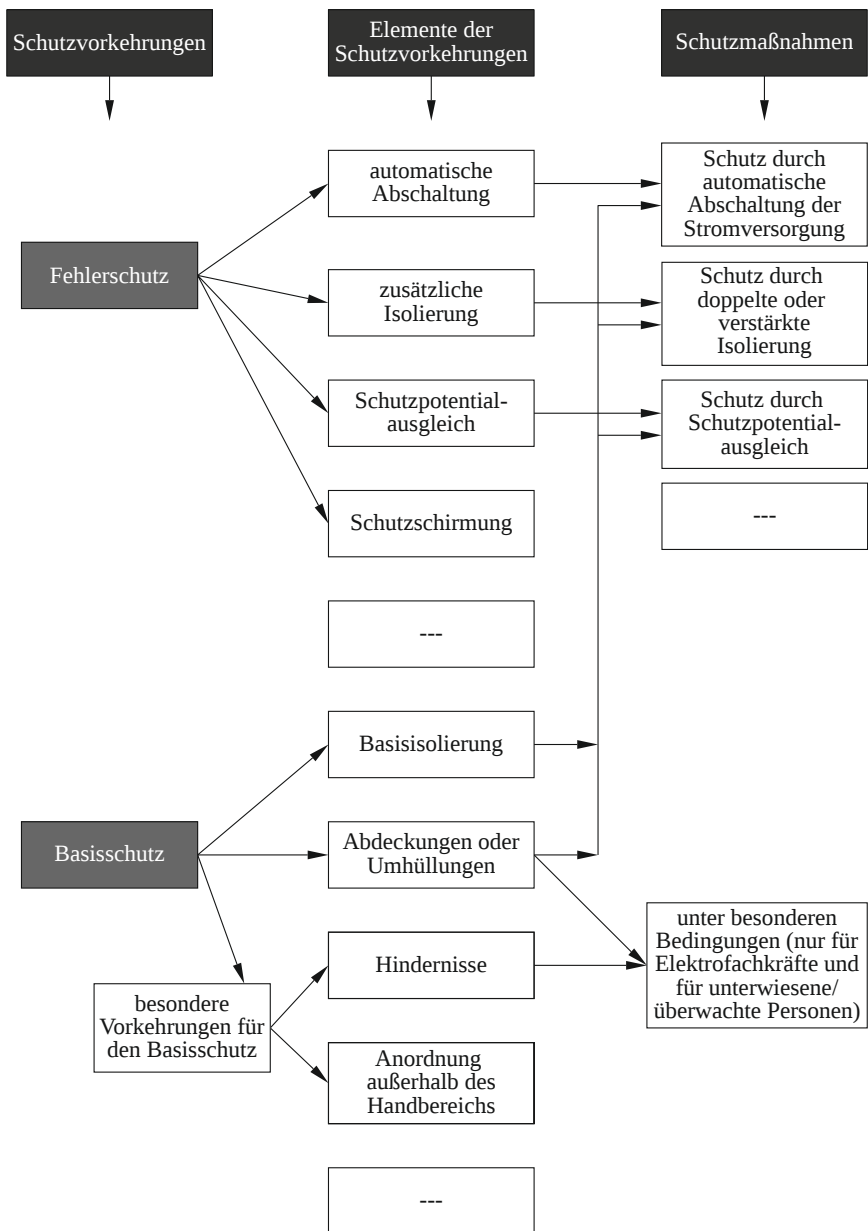


Bild 5.3 Beispiele von Schutzvorkehrungen und die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen

Anmerkung: Die Schutzvorkehrungen

- Schutz durch Schutztrennung mit mehreren Verbrauchsmitteln,
 - Schutz durch nicht leitende Umgebung,
 - Schutz durch erdfreien örtlichen Schutzpotentialausgleich
- sind im Kapitel 5.1.2 erläutert und die jeweiligen Anforderungen herausgearbeitet.

5.1.1 Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)

Als Basisschutz, der in der Vergangenheit als „Schutz gegen direktes Berühren“ bezeichnet wurde, gelten alle Maßnahmen zum Schutz von Personen und Nutztieren vor Gefahren, die sich aus einer Berührung mit aktiven Teilen, also mit den während des Betriebs dauernd unter Spannung stehenden Teilen elektrischer Betriebsmittel ergeben. Dabei handelt es sich um einen vollständigen Schutz, wenn absichtliches oder unabsichtliches Berühren spannungsführender Teile ausgeschlossen ist. Ein teilweiser Schutz ist lediglich ein Schutz gegen unabsichtliches und damit zufälliges Berühren aktiver Teile. Er ist nur da zulässig, wo elektrotechnische Laien keinen Zugang haben, wie z. B. in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten.

Basisschutz ist der Schutz gegen elektrischen Schlag, wenn keine fehlerhaften Zustände vorliegen	
Basisschutz unter normalen Bedingungen	Basisschutz unter besonderen Bedingungen
• Isolierung, • Abdeckungen oder Umhüllungen	• Hindernisse, • Anordnung außerhalb des Handbereichs (Abstand)

Tabelle 5.3 Basisschutz

Der gebräuchlichste Schutz gegen direktes Berühren ist die Isolierung. Aktive Teile müssen vollständig mit einer Isolierung umgeben werden, die nur durch Zerstörung entfernt werden kann und die den thermischen Beanspruchungen dauerhaft standhält. Lackisolierungen und andere Farbanstriche sind nicht geeignet, den Schutz sicherzustellen.

Merke: Basisschutz: Schutz vor Gefahren, die sich aus einer Berührung mit aktiven Teilen ergeben. Der Mensch wird durch Maßnahmen/Vorkehrungen davor geschützt, aktive Teile direkt berühren zu können.

Durch Abdeckungen oder Umhüllungen wird ebenfalls ein vollständiger Schutz erreicht. Aktive Teile müssen von Umhüllungen umgeben oder hinter Abdeckungen angeordnet sein, die mindestens der Schutzart IP2X (fingersicher) und bei horizontalen

Flächen IP4X (drahtsicher) entsprechen und den Betriebs- und Umgebungsbedingungen angepasst ausreichende Festigkeit aufweisen. Es muss sichergestellt sein, dass Abdeckungen oder Umhüllungen nur mit Werkzeug oder Schlüssel entfernt werden können. Wenn hinter den Abdeckungen oder Umhüllungen Betriebsmittel so angeordnet sind, dass sich Betätigungselemente in der Nähe berührungsgefährlicher Teile befinden, ist DIN EN 50274 (**VDE 0660-514**) zu beachten. Dabei handelt es sich um eine Norm, die dem Errichter elektrischer Anlagen Hinweise gibt, Betätigungselemente, wie Drucktaster, Schalter, Signallampen, Sicherungen, in der Nähe berührungsgefährlicher Teile sicher anzuordnen. Vorausgesetzt wird dabei, dass die Betätigungselemente nur Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen zugänglich sind.

Merke: Abdeckung ist eine Maßnahme zum Schutz gegen direktes Berühren und eine Schutzmaßnahme bei Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile bis 1 000 V mindestens durch teilweisen Schutz gegen direktes Berühren. Die Abdeckungen müssen ausreichend fest und zuverlässig sein.

Als Hindernisse gelten Schutzleisten, Gitter, Teilabdeckungen und ähnliche Bauteile. Sie bieten nur einen teilweisen Schutz und dürfen nur dort verwendet werden, wo elektrotechnische Laien normalerweise keinen Zugang haben. Hindernisse müssen die zufällige Annäherung an spannungsführende Teile verhindern. Sie müssen ausreichend fest sein, sodass ein unbeabsichtigtes Entfernen ausgeschlossen werden kann.

Der Berührungsschutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs (früher: Schutz durch Abstand) können aktive Teile aufgrund der Entfernung nicht berührt werden. Als Beispiel sind zu nennen die Freileitung, die Fahrleitung oder die Kranschleifleitung. Im Handbereich, d. h. in einem Abstand von mindestens 2,50 m, dürfen sich keine gleichzeitig berührbaren Teile unterschiedlichen Potentials befinden. Geeignete Hindernisse können den geforderten Abstand eingrenzen. Der Schutzabstand ist definiert als die kürzeste Entfernung zu unter Spannung stehenden Teilen ohne Schutz gegen direktes Berühren, die beim Arbeiten nicht unterschritten werden darf. Dabei sind unmittelbar Personen oder von Personen gehandhabte Werkzeuge, Geräte, Hilfsmittel und Materialien zu berücksichtigen.

Die Gefahrenzone ist im Allgemeinen der durch bestimmte Maße begrenzte Bereich um unter Spannung stehende Teile herum, gegen deren direktes Berühren kein vollständiger Schutz besteht. In DIN VDE 0105-100 sind in Abhängigkeit der Nennspannungen unterschiedliche Maße der Begrenzung angegeben.

Für Nennspannungen bis 1 000 V ist die Oberfläche des unter Spannung stehenden Teils gleichzeitig die Grenze der Gefahrenzone.

Nr.	Unterscheidung nach	Schutzabstände bei Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile
1	Gefahrenzone	Die Oberfläche des unter Spannung stehenden Teiles gilt als Grenze der Gefahrenzone. Das Berühren des Teiles ist gefahrbringend.
2	Arbeiten in der Nähe von Freileitungen bzw. Arbeiten unter Aufsicht von Elektrofachkräften	0,5 m
3	Bauarbeiten und sonstige nicht elektrotechnische Arbeiten	1,0 m

Tabelle 5.4 Schutzabstände bei Nennspannung bis 1000 V

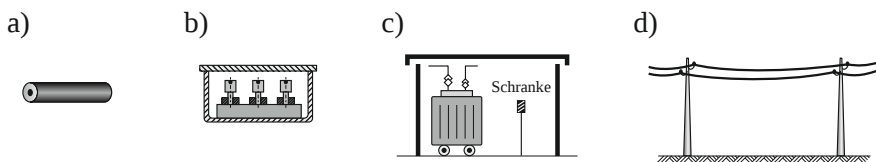


Bild 5.4 Beispiele zum Schutz durch – a) Isolierung, b) Abdeckung oder Umhüllung, c) Hindernisse, d) Abstand

5.1.2 Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

Der Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) ist der Schutz von Personen und Nutztieren vor Gefahren, die sich im Fehlerfall aus einer Berührung mit Körpern der Betriebsmittel oder fremden leitfähigen Teilen ergeben können. Alterungserscheinungen oder mechanische und thermische Beanspruchungen führen zum Versagen des Basisschutzes und verursachen Isolationsfehler, die die Körper elektrischer Betriebsmittel, also die leitfähigen Gehäuseteile oder andere fremde leitfähige Teile, unter Spannung setzen können. Vor den dadurch entstehenden Gefahren zu schützen ist Aufgabe der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren. Da sie im Fehlerfall wirksam werden müssen, wird der Schutz bei indirektem Berühren auch als Fehlerschutz oder nach dem Basisschutz als zweite Schutzebene bezeichnet.