

# 15 Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag

Allgemein gültige Maßnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag bei allen Anlagen und Betriebsmitteln gibt es nicht. Vielmehr muss entsprechend den Gegebenheiten differenziert vorgegangen werden. Am einfachsten und sichersten wäre, alle spannungsführenden Teile ausreichend zu isolieren. Doch das geht nicht immer. So gibt es nach wie vor elektrische Betriebsmittel, bei denen das Berühren spannungsführender Teile auch durch den Benutzer der Anlage – also meist Laien – möglich ist (wie z. B. Fußkontakten von Glühlampenfassungen).

Doch nicht bei allen Geräten lässt sich die Isolierhülle so dicht gestalten, dass ein Berühren der spannungsführenden Teile in jedem Fall verhindert werden kann. So wäre der Betrieb z. B. von Haartrocknern, Heizlüftern u. ä. nicht möglich, wenn die Isolierhülle keine Öffnungen hätte. Deshalb hat man sich darauf geeinigt, dass der Schutz gegen direktes Berühren ausreichend ist, wenn das Berühren spannungsführender Teile mit den bloßen Gliedmaßen nicht möglich ist. Die Manipulation mit Werkzeugen und Hilfsmitteln (z. B. Schraubenzieher, Draht) soll durch entsprechende Informationen z. B. in den Gebrauchsanweisungen verhindert werden.

Die Größe der Öffnungen und damit die Güte des Schutzes wird für elektrische Geräte durch Schutzarten mit IP-Kennzeichnung angegeben (Tabelle 5-22, Kapitel „Installationsgeräte und -material, Leitungsmaterial“).

Dass Geräteindustrie und Errichter elektrischer Anlagen die notwendige Sorgfalt anwenden, beweist die Schadensstatistik der Bundesrepublik Deutschland. Weniger als 1 % der tödlichen Unfälle im Bereich Haushalt sind durch Einwirkungen des elektrischen Stromes verursacht und das trotz einer steigenden Anzahl von Geräten.

Nachfolgend soll der Schutz gegen elektrischen Schlag (früher: Schutz gegen gefährliche Körperströme) behandelt und ein Überblick über die in der Wohnungsinstallation wichtigen Schutzmaßnahmen und deren Wirkungsweise gegeben werden.

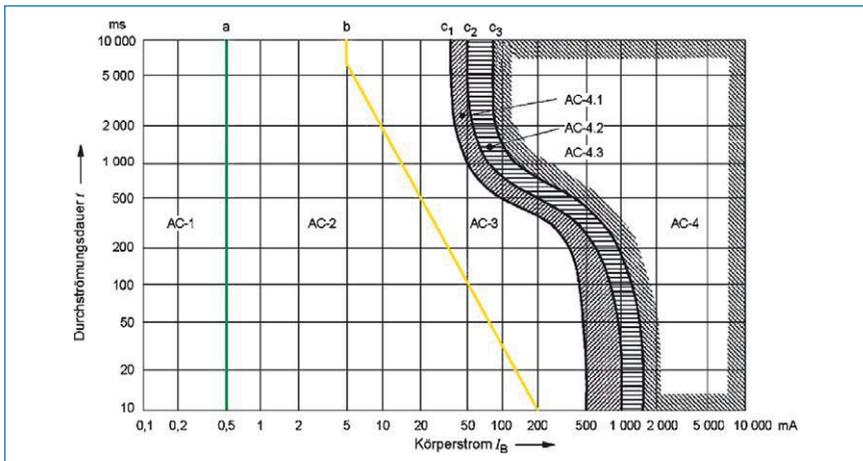
## Elektrischer Strom und menschlicher Körper

Schon kleine Stromstärken können tödliche Gefahr für Menschen bedeuten. Wie kann überhaupt ein Strom über den menschlichen Körper fließen? Nur dann, wenn zwei Teile mit unterschiedlichem Potential, zwischen denen somit eine Spannung besteht, berührt werden. Dieser Unterschied der beiden Spannungen wird Potentialdifferenz genannt. Als Potential bezeichnet man eine Spannung zur

Bereichs- kurz- zeichen	Bereichs- grenzen	Physiologische Auswirkungen
AC-1	bis 0,5 mA Linie a	Üblicherweise keine Reaktionen
AC-2	0,5 mA bis zur Linie b <sup>1)</sup>	Üblicherweise keine schädlichen physiologischen Effekte
AC-3	Linie b bis zur Kurve c <sub>1</sub>	Üblicherweise wird kein organischer Schaden erwartet. Wahrscheinlichkeit von krampfartigen Muskelkontraktionen und Schwierigkeiten beim Atmen beim Stromfluss länger als 2 s. Reversible Störungen der Bildung und Weiterleitung der Impulse im Herzen, einschließlich Vorhofflimmern und vorübergehenden Herzstillstand ohne Herzkammerflimmern (Asystole), zunehmend mit Stromstärke und Einwirkdauer.
AC-4	oberhalb Kurve c <sub>1</sub>	Zunehmend mit Stromstärke und Einwirkdauer können gefährliche pathophysiologische Effekte, wie Herzstillstand, Atemstillstand und schwere Verbrennungen, zusätzlich zu den Effekten von Bereich AC-3, auftreten.
AC-4.1	c <sub>1</sub> – c <sub>2</sub>	Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern steigt auf etwa 5 %
AC-4.2	c <sub>2</sub> – c <sub>3</sub>	Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern bis etwa 50 %
AC-4.3	oberhalb Kurve c <sub>3</sub>	Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern über 50 %

<sup>1)</sup> Für Stromflussdauern unter 10 ms bleibt die Grenze des Körperstromes der Linie b konstant auf einem Wert von 200 mA

### 15-1 Beschreibung der Zeit-Stromstärke-Bereiche für Wechselstrom 15 Hz bis 100 Hz (zu Bild 15-2 gehörig)



**Anmerkung:** Bezüglich Herzkammerflimmern bezieht sich dieses Bild auf die Auswirkungen von Strom, der im Stromweg linke Hand zu beiden Füßen fließt. Die Schwellenwerte für Stromflusszeiten unter 0,2 s gelten nur, wenn der Strom während der vulnerablen Phase des Herzzyklus fließt.

### 15-2 Zeit-Stromstärke-Bereiche mit Auswirkungen bei Wechselströmen von 15 bis 100 Hz

elektrisch unbeeinflussten Erde. Berührt der Mensch nun ein fehlerhaft spannungsführendes Teil z. B. mit der Hand, so kann der Strom über den menschlichen Körper zum Erdpotential fließen (leitfähiges Schuhwerk und leitfähiger Standort vorausgesetzt). Der menschliche Körper ist aber kein „idealer Leiter“, sondern stellt dem Durchgang von Wechselstrom einen Widerstand entgegen. Da dieser Widerstand nicht rein ohmsch ist, wird er als Scheinwiderstand bzw. Impedanz bezeichnet. Diese Impedanz ist abhängig von der Beschaffenheit der Haut, dem Stromweg durch den Körper und der Größe der Berührungsfläche. Als typischer Wert gelten etwa 1000  $\Omega$ .

Der Spannungsfall an der Impedanz des menschlichen Körpers wird als Berührungsspannung ( $U_B$ ) bezeichnet. Die Auswirkungen des elektrischen Stroms auf den erwachsenen Menschen sind in Bild 15-1 und 15-2 dargestellt.

Unter Einfluss von Wechselströmen verkrampfen Muskeln schon bei sehr geringen Stromstärken. Auch Gleichstrom ist keinesfalls ungefährlich. Er wirkt jedoch bei gleicher Stromstärke weniger stark auf den Menschen als Wechselstrom. Das liegt daran, dass Muskelreizungen durch Stromänderungen hervorgerufen werden und Stromänderungen bei reinem Gleichstrom nur durch das Öffnen und Schließen des Stromkreises entstehen.

## Netzsysteme

Für die Beschreibung der Schutzmaßnahmen „Schutz gegen elektrischen Schlag“ ist zunächst die Kenntnis der möglichen Netzsysteme (DIN VDE 0100-100 spricht von Systemen nach Art der Erdverbindungen) nötig. Hier sind die Erdungsverhältnisse der Stromquelle und der Körper von Betriebsmitteln der Schutzklasse I beschrieben. Jedes System wird durch eine Buchstabenkombination mit folgender Bedeutung beschrieben:

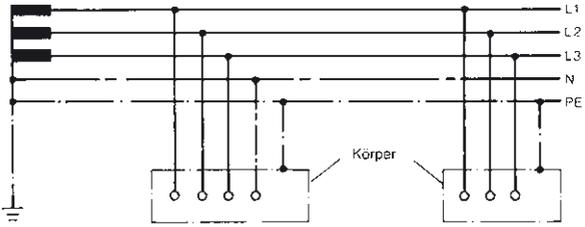
- Erster Buchstabe für die Erdungsverhältnisse der Stromquelle:
  - T** direkte Erdung eines Punktes,
  - I** entweder Isolierung aller aktiven Teile von Erde oder Verbindung eines Punktes mit Erde über eine Impedanz.
- Zweiter Buchstabe für die Erdungsverhältnisse der Körper der elektrischen Anlage:
  - T** Körper direkt geerdet, unabhängig von der etwa bestehenden Erdung eines Punktes der Stromquelle,
  - N** Körper direkt mit dem Betriebserder über einen besonderen Leiter verbunden.

Daraus ergeben sich drei grundsätzlich unterschiedliche Netzsysteme, die aus Gründen der Übersichtlichkeit nach Art der Erdverbindung in vereinfachter Darstellung abgebildet werden:

- TN-System (Bild 15-3)
- TT-System (Bild 15-4)
- IT-System (Bild 15-5)

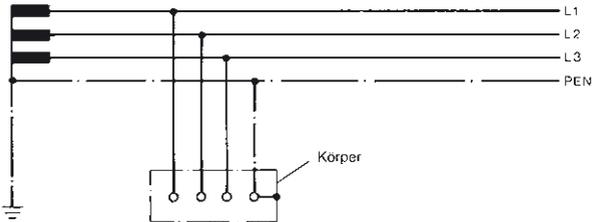
**TN-S-System:**

- Transformatorsternpunkt direkt geerdet (Betriebs-erder).
- Körper über Schutzleiter mit dem Betriebs-erder verbunden.
- Schutz- und Neutralleiter im gesamten Netz als zwei separate Leiter ausgeführt.



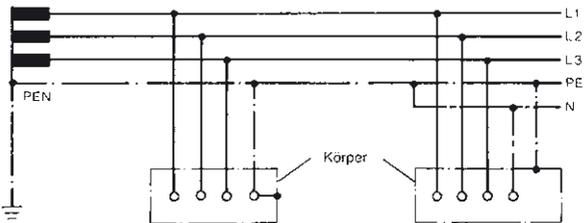
**TN-C-System:**

- Transformatorsternpunkt direkt geerdet (Betriebs-erder).
- Körper über PEN-Leiter mit dem Betriebs-erder verbunden.
- Schutz- und Neutralleiter im gesamten Netz zum PEN-Leiter kombiniert.



**TN-C-S-System:**

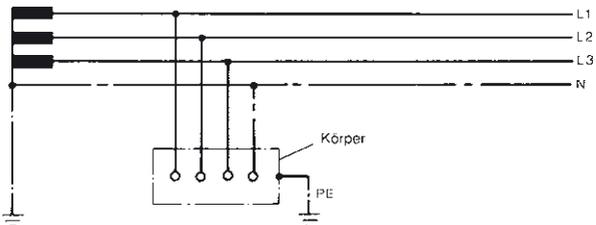
- Transformatorsternpunkt direkt geerdet (Betriebs-erder).
- Körper über PEN- bzw. Schutzleiter mit dem Betriebs-erder verbunden.
- Schutz- und Neutralleiter teils zum PEN-Leiter kombiniert, teils als separate Leiter ausgeführt.



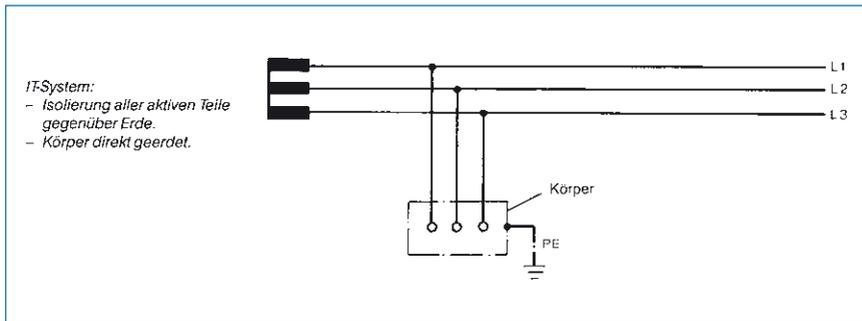
15-3 Die drei Arten des TN-Systems

**TT-System:**

- Transformatorsternpunkt direkt geerdet (Betriebs-erder).
- Körper direkt geerdet.



15-4 Das TT-System



## 15-5 Das IT-System

Weitere Buchstaben für die Anordnung des besonderen Leiters (Neutral- und Schutzleiters) im TN-System:

- S** Neutralleiter- und Schutzleiterfunktion durch getrennte Leiter,
- C** Neutralleiter- und Schutzleiterfunktion kombiniert in einem Leiter (PEN-Leiter),
- C-S** wenn Neutralleiter- und Schutzleiterfunktion sowohl kombiniert (PEN-Leiter) als auch durch getrennte Leiter (N-Leiter und PE-Leiter) bestehen.

## Allgemeine Anforderungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag

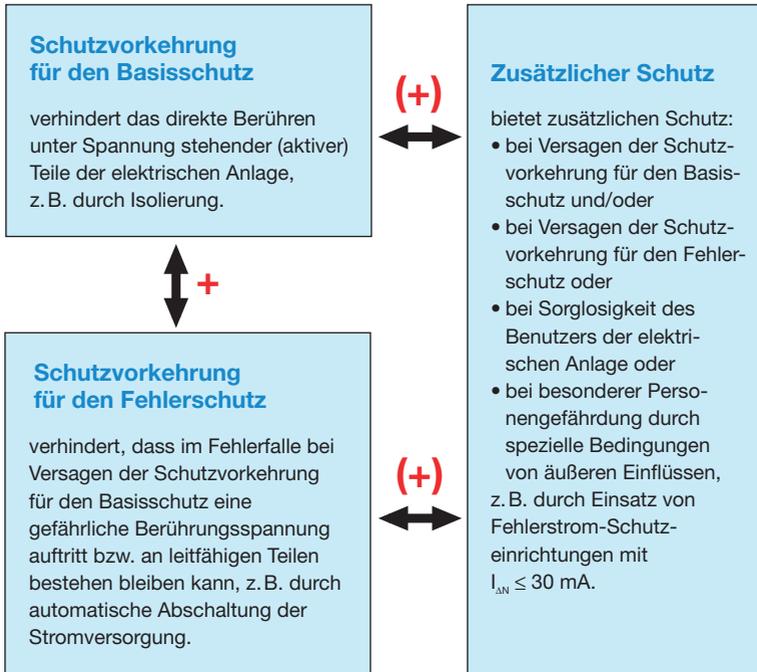
Die grundlegenden Prinzipien und Anforderungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag sind in DIN VDE 0100-410 festgelegt:

- Im fehlerfreien Zustand dürfen Teile der elektrischen Anlage, die eine für den Menschen gefährliche elektrische Spannung führen, nicht berührbar sein.
- Im Fehlerfall muss eine geeignete Schutzmaßnahme verhindern, dass berührbare Teile eine gefährliche elektrische Spannung annehmen oder eine für Menschen lebensgefährliche Berührungsspannung bestehen bleibt.

Um diese Forderungen zu erfüllen muss eine Schutzmaßnahme für den Schutz gegen elektrischen Schlag bestehen aus:

- einer geeigneten Kombination von zwei unabhängigen Schutzvorkehrungen, nämlich einer Basisschutzvorkehrung und einer Fehlerschutzvorkehrung, oder
- einer verstärkten Schutzvorkehrung, die sowohl den Basisschutz als auch den Fehlerschutz bewirkt.

Unter bestimmten äußeren Einflüssen und in bestimmten besonderen Räumlichkeiten ist „zusätzlicher Schutz“ als Teil einer Schutzmaßnahme festgelegt. In der Reihe DIN VDE 0100 Gruppe 700 sind für diese Anwendungsfälle Konkretisierungen mit Ergänzungen zu den allgemeinen Anforderungen enthalten.



=

**Schutzmaßnahme zum Schutz gegen elektrischen Schlag nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06**

- Abschnitt 411: Automatische Abschaltung der Stromversorgung
- Abschnitt 412: Doppelte oder verstärkte Isolierung
- Abschnitt 413: Schutztrennung
- Abschnitt 414: Kleinspannung SELV oder PELV

## Schutzmaßnahmen

Geeignete Kombinationen aus Basis- und Fehlerschutzvorkehrungen führen zu den nachstehenden für den Schutz von Personen allgemein und gleichwertig anwendbaren Schutzmaßnahmen:

- Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung,
- Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung,
- Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung eines Verbrauchsmittels,
- Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV.

Als weitere Schutzmaßnahmen, die nicht allgemein zulässig sind, sondern nur anwendbar sind, wenn die Anlage unter der Überwachung durch Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen steht, werden genannt:

- Schutz durch nicht leitende Umgebung,
- Schutz durch erdfreien örtlichen Schutzpotentialausgleich,
- Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung von mehr als einem Verbrauchsmittel.

Diese Sachverhalte sind in Bild 15-6 wiedergegeben.

## Basisschutzvorkehrungen

Ziel der Basisschutzvorkehrung ist das unbeabsichtigte Berühren unter Spannung stehender Teile (aktiver Teile) zu verhindern, z. B. durch Isolierung. Man nannte dies früher vom „Schutz gegen direktes Berühren“. Vorkehrungen für den Basisschutz unter **normalen Bedingungen** sind:

- Basisisolierung aktiver Teile
- Abdeckungen oder Umhüllungen

Unter **besonderen Bedingungen**, wie in Anlagen, die ausschließlich von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen betrieben und überwacht werden, können als Basisschutzvorkehrungen angewendet werden:

- Hindernisse
- Anordnung der spannungsführenden Teile außerhalb des Handbereichs

### Basisisolierung aktiver Teile

Hierdurch soll verhindert werden, dass aktive (spannungsführende) Teile unbeabsichtigt berührt werden können. Dazu müssen diese vollständig mit einer Isolierung umgeben sein, die nur durch Zerstörung entfernt werden kann, ein Beispiel hierfür zeigt Bild 15-7. Bei fabrikfertigen Betriebsmitteln muss die Isolierung den einschlägigen Normen der elektrischen Betriebsmittel genügen.