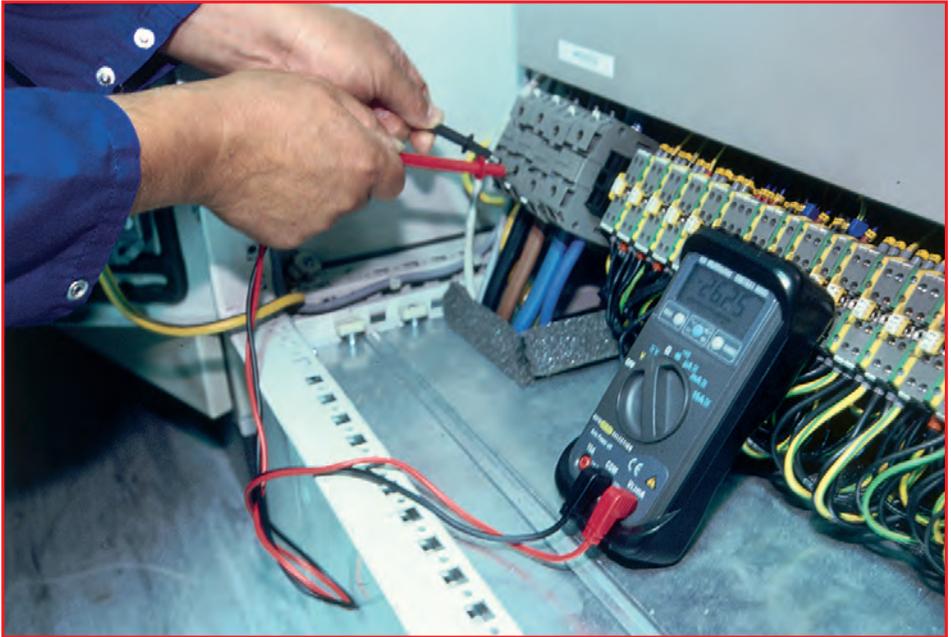


e / 05



3.10.0/08

Elektrischer Strom – Gefahren und Schutzmaßnahmen

Einführung

Elektrizität ist die am weitesten verbreitete Energiequelle in Nahrungsmittel verarbeitenden Betrieben sowie im Hotel- und Gaststättengewerbe. Elektrische Energie wird zum Beispiel eingesetzt für

- Beleuchtungszwecke
- Heiz-, Wärme- und Kühleinrichtungen
- Antriebe (Motoren, Pumpen, Gebläse usw.) sowie
- verfahrenstechnische Anlagen.

Neben dem offensichtlichen Nutzen des elektrischen Stroms müssen jedoch auch seine spezifischen Gefahren betrachtet werden.

Gefahren des elektrischen Stroms

Die Gefahren des elektrischen Stroms lassen sich grundsätzlich in vier Bereiche einteilen:

- Unfälle durch Fluss elektrischen Stroms über den menschlichen Körper (Durchströmungsunfall)
- Verbrennungen durch die Einwirkung von Lichtbögen (Lichtbögen sind elektrische Durchschläge durch die Luft, verbunden mit der Bildung von energiereichen Funken, Flambögen oder Plasma)
- Brandentstehung durch Kurzschlüsse, starke Erwärmung elektrischer Einrichtungen (z. B. von Leitungen, Spulen, ...) oder Überhitzung elektrischer Geräte
- Zündung explosionsfähiger Atmosphäre (z. B. durch Schalt- oder Schleiffunken, hohe Temperaturen an elektrischen Betriebsmitteln, ...)

Durchströmungsunfall

Ein Durchströmungsunfall kann sich dann ereignen, wenn der menschliche Körper Teil eines geschlossenen Stromkreises wird (vgl. Abbildung 1).

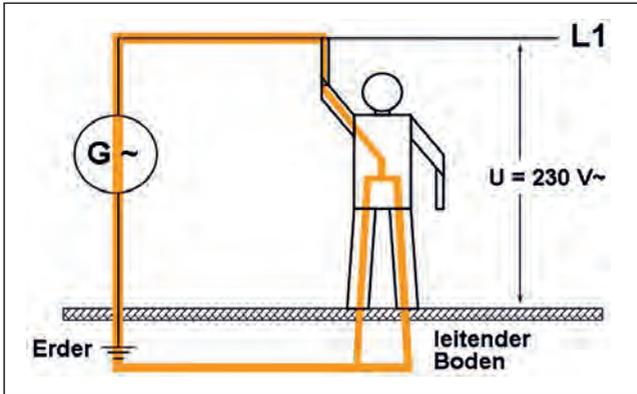


Abb. 1:
Körperdurchströmung
Hand => Füße
(Schema)

Die Schwere eines Durchströmungsunfalls hängt wesentlich von der Stärke des über den menschlichen Körper fließenden Stroms sowie von der Einwirkzeit ab. Für die Auswirkungen von Wechselstrom gelten die folgenden Beziehungen:

Stromstärke	Wirkung auf den menschlichen Körper
< 5 mA (Milliampere)	Nur geringe Einwirkungen (Kribbeln, leichter Schlag)
5 - 15 mA	Muskelverkrampfung, Loslassen aber noch möglich
> 15 mA:	Muskelverkrampfung, selbständiges Loslassen nicht mehr möglich
> 25 mA	Blutdrucksteigerung, Herzunregelmäßigkeit, Herzstillstände mit Wiedereinsetzen der Herzstätigkeit
> 50 mA	Bewusstlosigkeit
> 80 mA	Herzkammerflimmern (akute Lebensgefahr)
> 3000 mA	Innere und äußere Verbrennungen, Herzstillstand

Bei einer Netzspannung von $U = 230 \text{ V}$ und einem Körperwiderstand von $R = 1000 \text{ } \Omega$ ergibt sich rechnerisch nach dem Ohm'schen Gesetz eine Stromstärke von

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ [V]}}{1000 \text{ [}\Omega\text{]}} = 0,23 \text{ A} = 230 \text{ mA}$$

Ein Durchströmungsunfall unter diesen Voraussetzungen führt zu Herzkammerflimmern und wird, wenn nicht schnellstmöglich eine wirksame Erste Hilfe erfolgt, tödlich verlaufen.

Schutzmaßnahmen

Gemäß DIN VDE 0100-410 werden die Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme unterschieden in

- Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren (Basisschutz),
- Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren (Fehlerschutz) und
- zusätzliche Schutzmaßnahmen.

Bei der Herstellung elektrischer Geräte und Maschinen bzw. beim Errichten elektrischer Anlagen ist darauf zu achten, dass geeignete und wirksame Schutzmaßnahmen vorgesehen werden. Aufgabe des Betreibers ist es, dafür zu sorgen, dass die getroffenen Schutzmaßnahmen während der gesamten Benutzungsdauer erhalten bleiben. Um dies sicherzustellen, sind u. a. entsprechende wiederkehrende Prüfungen durchzuführen.

Schutz gegen direktes Berühren

Die Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren zielen darauf ab, den Kontakt mit bzw. die gefährliche Annäherung an betriebsmäßig Spannung führende (aktive) Teile zu verhindern. Dies kann erreicht werden durch

- die vollständige Isolierung (Abdeckung, Umhüllung) aktiver Teile, z. B. durch Isolierung von Leitungen, Steckern, Steckdosen, Schaltern usw. (Abb. 2)
- durch verdeckten Einbau aktiver Teile z. B. von Anschlussklemmen (Abb. 3)
- Hindernisse vor bzw. Abstand von nicht isolierten aktiven Teilen wie Freileitungen oder Sammelschienen



Abb. 2:
vollständige Isolierung
(von Kabeln, Steckern,
Steckdosen)

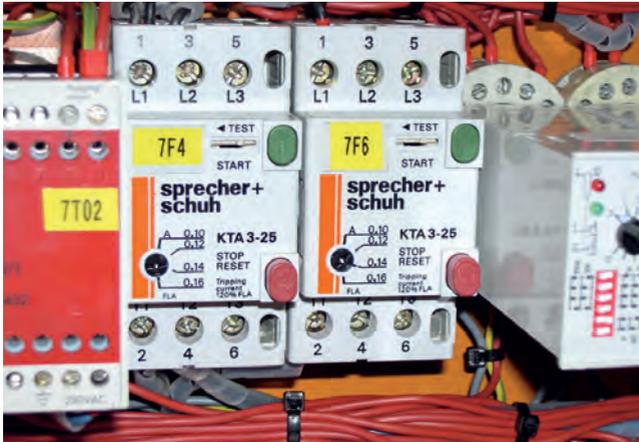


Abb. 3:
verdeckter (finger-
sicherer) Einbau von
Anschlussklemmen

Räume bzw. Bereiche, bei denen ein vollständiger Schutz gegen direktes Berühren nicht gegeben ist, dürfen nur von Elektrofachkräften oder von elektrotechnisch unterwiesenen Personen betreten bzw. geöffnet werden.

Schutz bei indirektem Berühren

Die Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren dienen dem Schutz von Personen für den Fall, dass betriebsmäßig nicht aktive Teile (Gehäuse von Maschinen und Geräten, Schalt- und Steuerschränke usw.) im Fehlerfall doch unter Spannung stehen. Je nach Anwendung kommt hierzu insbesondere eine der nachfolgenden Schutzmaßnahmen in Betracht:

- Schutz durch Abschalten, z. B. mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen (Schmelzsicherungen oder Leitungsschutzschalter), ggf. auch mit RCD (Fehlerstromschutzschalter) als Zusatzschutz
- Schutz durch Schutzisolierung (Zusatzisolierung von Geräten, ergänzend zur Basisisolierung)
- Schutz durch Schutzkleinspannung (Geräte werden mit Wechselspannung kleiner als 50 V bzw. Gleichspannung kleiner als 120 V betrieben, so dass im Fehlerfall keine lebensgefährlichen Körperströme fließen können)
- Schutz durch Schutztrennung (Einsatz eines kurzschlussfesten Trenntransformators zwischen dem speisenden Netz und den angeschlossenen Geräten)



Einsatz von RCD's

RCD's (Residual Current Protective Devices) werden meist als Fehlerstromschutzeinrichtungen oder FI-Schutzschalter bezeichnet. Sie gewährleisten ein schnelles Abschalten ($< 0,1$ s) aller nachgeordneten Stromkreise, wenn in einem Gerät oder einer Anlage ein Fehlerstrom fließt. Für Personenschutz Zwecke werden in 230 V-Stromkreisen insbesondere RCD's mit einer Empfindlichkeit von $I_{\Delta N} = 30$ mA eingesetzt. Ein Einsatz von RCD's ist u. a. vorgeschrieben.

- in Räumen mit Badewanne oder Dusche,
- für Steckdosen in Schwimmbädern,
- für Steckdosen im Freien,
- auf Baustellen sowie
- bei fliegenden Bauten und Wagen nach Schaustellerart.

Ein weitergehender Einsatz in anderen Bereichen ist jedoch, sofern technisch möglich, grundsätzlich empfehlenswert.



Abb. 4:
Bauformen von RCD's
(FI-Schutzschaltern)

Schutzarten

Elektrische Geräte und Betriebsmittel müssen so ausgewählt werden, dass sie den zu erwartenden Beanspruchungen und Umgebungsbedingungen standhalten. Insbesondere ist darauf zu achten, dass ein ausreichender Schutz besteht gegen

- das Eindringen von Fremdkörpern (z. B. von Körperteilen, Spänen, Staub)
- das Eindringen von Wasser.

Der jeweilige Fremdkörper- und Wasserschutz wird entweder mit den zwei Ziffern des IP-Codes (nach DIN EN 60529) oder bei älteren Geräten mit entsprechenden Symbolen beschrieben. Beim IP-Code beschreibt die erste Ziffer den Fremdkörperschutz, die zweite Ziffer den Wasserschutz.

Erste Ziffer	Schutz gegen Fremdkörper	Symbol	Zweite Ziffer	Schutz gegen	Symbol
0	–	–	0	–	–
1	≥ 50 mm Durchmesser	–	1	senkrecht tropfendes Wasser	
2	≥ 12,5 mm Durchmesser	–	2	schräg (15°) tropfendes Wasser	–
3	≥ 2,5 mm Durchmesser	–	3	Sprühwasser (60°)	
4	≥ 1,0 mm Durchmesser	–	4	Spritzwasser	
5	staubgeschützt		5	Strahlwasser	
6	staubdicht		6	starkes Strahlwasser	
–	–	–	7	zeitweiliges Untertauchen	–
–	–	–	8	dauerndes Untertauchen	 ... bar

Kennziffern zur Beschreibung der Schutzart von Gehäusen (IP-Code)

Welche Schutzart elektrische Anlagen und Betriebsmittel mindestens aufweisen müssen, ist auf der Grundlage der Anforderungen des elektrotechnischen Regelwerks (VDE-Bestimmungen) sowie unter Berücksichtigung der Verhältnisse am Arbeitsplatz zu ermitteln. Betriebsmittel, die ungeschützt im Freien verwendet werden, müssen mindestens IP X3 aufweisen. In Räumen, in denen betriebsmäßig mit Strahlwasser umgegangen wird (z. B. Großküchen, Nassbereiche von Molkereien, Brauereien usw.) müssen elektrische Anlagen mindestens IP X4 entsprechen. Das Reinigen elektrischer Maschinen und Anlagen durch Abspritzen mit dem Wasserschlauch ist problematisch und wird von den Herstellern in der Betriebsanleitung meist auch ausgeschlossen. Sind elektrische Betriebsmittel wie Taster, Positionsschalter o. ä. unmittelbar dem Wasserstrahl ausgesetzt, so ist eine Schutzart von mindestens IP X6 angezeigt. Eine Reinigung mit Flüssigkeitsstrahlern (Hochdruckreinigern) wird von den Prüfgrundsätzen der Norm EN 60529 nicht erfasst und sollte grundsätzlich unterbleiben.

Erhöhte elektrische Gefährdung

Von einer erhöhten elektrischen Gefährdung ist immer dann auszugehen, wenn elektrische Anlagen oder Geräte in leitfähigen Bereichen mit begrenzter Bewegungsfreiheit oder in Bereichen mit leitfähiger Umgebung betrieben werden. Dies ist z. B. der Fall bei Arbeiten mit Elektrogeräten im Inneren von engen Räumen, Tanks oder Behältern. Eine erhöhte elektrische Gefährdung besteht unter Umständen aber auch dann, wenn die Begrenzung des Arbeitsbereichs im Wesentlichen aus leitfähigen Teilen besteht (z. B. Arbeiten zwischen Rohrleitungen) oder wenn die arbeitende Person mit Metallteilen großflächig in Berührung steht und auf Grund der Arbeitshaltung die Unterbrechung der Berührung nur eingeschränkt möglich ist (z. B. bei bestimmten Arbeiten auf großen Gitterrosten oder leitfähigen Unterlagen). In den genannten Fällen besteht die Gefahr, dass es auf Grund der niedrigen Übergangswiderstände und der eingeschränkten Möglichkeit zur Unterbrechung des Kontakts mit spannungsführenden Teilen zu lebensgefährlichen Körperdurchströmungen kommt.

Geeignete Schutzmaßnahmen bei erhöhter elektrischer Gefährdung sind insbesondere

- Schutz durch Schutzkleinspannung oder
- Schutztrennung, wobei am Trenntransformator nur ein Betriebsmittel abgeschlossen sein darf.

In besonderen Fällen können auch geeignete Ersatzmaßnahmen getroffen werden. Weitere Hinweise enthält die BGI 594 „Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung“.