

## Unter Spannung?

Die Risiken des elektrischen Stroms werden besonders von Berufsanfängerinnen und -anfängern unterschätzt. Das zeigen die Unfallstatistiken. Augenscheinlich sichere Geräte gepaart mit einer noch mangelnden beruflichen Erfahrung führen anscheinend zu einem sorglosen, ja teilweise leichtsinnigen Umgang mit elektrischem Gerät, Werkzeug oder Maschinen. Besonders auf Bau- und Montagestellen, wo es ohnehin hektisch und rau zugeht, kann dies zu Stromunfällen führen, deren Folgen auch tödlich sein können.

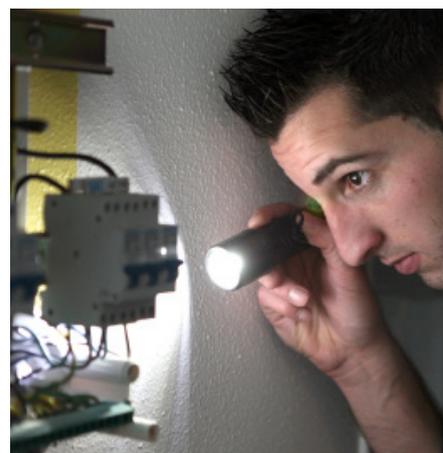


Foto: AdobeStock/lauremar

Arbeitsunfälle durch die Einwirkung von elektrischem Strom auf den menschlichen Körper bezeichnen die Expertinnen und Experten der Unfallkassen und Berufsgenossenschaften als „Stromunfälle“. Hierbei unterscheiden sie zwischen der Körperdurchströmung und der Einwirkung durch einen Störlichtbogen beziehungsweise einer Kombination aus beiden. Auch der sogenannte Sekundärnunfall, zum Beispiel der Sturz von einem Gerüst, der durch eine Schreckreaktion aufgrund einer Körperdurchströmung verursacht wurde, fällt unter die Kategorie „Stromunfall“. Seit Jahrzehnten erfasst das Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle, das bei der Berufsgenossenschaft Energie, Textil, Elektro, Medienerzeugnisse (BG ETEM) angesiedelt ist, detailliert alle gemeldeten Stromunfälle. Aus den Ergebnissen der letzten Jahre geht hervor, dass ein hoher Prozentsatz aller Stromunfälle von Personen verursacht wird, deren Berufserfahrung kürzer als fünf Jahre ist. An Stromunfällen beteiligt sind demzufolge vor allem Auszubildende sowie angeleitete Arbeiterinnen und Arbeiter (Quelle: Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle. Stromunfälle nach Art der elektrotechnischen Qualifikation und Berufserfahrung 2021, <https://www.bgetem.de/redaktion/arbeitsicherheit-gesundheitsschutz/bilder/statistik-stromunfaelle/5-stromunfaelle-nach-qualifikation.jpg>). Mögliche Ursachen für die hohen Unfallzahlen dieser Zielgruppe sind:

- Eine Reduzierung der praktisch-handwerklichen Ausbildung zugunsten des reinen Erwerbs theoretischer Kenntnisse. Oft wird die handwerkliche Ausbildungszeit verkürzt, da die Auszubildenden einen höheren Bildungsabschluss haben.
- Fehlender „Respekt“ vor den Gefahren des elektrischen Stroms, da Anlagen und Geräte auch im Privatbereich immer sicherer werden und zu falschen Risikoeinschätzungen führen.
- Eine generell fehlende Altanlagen-Kennntnis.
- Das Abgelenktsein durch den Gebrauch des Smartphones („Smartphone-Generation“) während der Arbeit.

### Wie wirkt Strom?

Die Wirkung des elektrischen Stroms auf den menschlichen Körper entsteht durch die Durchströmung von Körperteilen und/oder Organen, sofern sie durch Berührung unter Spannung stehender Teile Teil eines Stromkreises werden. Schwache Ströme im Bereich von wenigen Milliampere wirken bereits auf das Nervensystem und die Muskulatur. Muskeln **verkrampfen** schmerzhaft und erschweren das eigenständige Lösen von der Berührung. Der Herzmuskel versucht, der meist bei Unfällen zugrunde liegenden Wech-

selspannung zu folgen und damit 100-mal pro Sekunde zu schlagen. Eine derart schnelle Bewegung, die **Herzkammerflimmern** genannt wird, führt aber zu einem Verlust der Pumpleistung, sodass fast augenblicklich **Bewusstlosigkeit** und bei fehlender Herz-Lungen-Wiederbelebung nach wenigen Minuten **Hirnschäden** und **Hirntod** eintreten. Diese aus technischer Sicht sehr schwachen Ströme können je nach Berührungssituation schon bei Spannungen unter 50 Volt auftreten.

Stärkere Ströme im Bereich von mehreren Ampere führen zusätzlich zu **Verbrennungen am und im Körper**. Durch die thermische Gewebeerstörung und die elektrolytische Wirkung werden zusätzlich Giftstoffe gebildet, die zu schwerwiegenden Spätfolgen führen. Derart hohe Körperströme bedingen Spannungen von über 1.000 Volt, die bei Mittel- und Hochspannungsanlagen sowie -freileitungen, aber auch bei Fahrleitungen von Bahnen auftreten können.

	Wirkung
Gleichstrom bis 80 mA, Wechselstrom bis 25 mA	Muskelverkrampfung durch Überschreiten der „Loslassgrenze“ (d. h. man kann das Gerät oder die Anlage nicht loslassen)
Gleichstrom 80 mA bis 3 A, Wechselstrom 25 mA bis 80 mA	Herzkammflimmern (d. h. Störung im Ablauf der Herzmuskelbewegungen); Herzstillstand
Gleichstrom 3 A bis 8 A, Wechselstrom 80 mA bis 3 A	<b>Irreversibles Herzkammerflimmern (Tod)</b>

## Schutzmaßnahmen gegen Personenschäden bei elektrischen Geräten und Anlagen

Täglich fassen wir elektrische Geräte einfach so an und in der Regel ist dies auch kein Problem. Weil nämlich alle Teile, die zu gefährlichem Kontakt führen könnten, isolierend eingepackt werden, etwa mit Kunststoff. Dadurch kann niemand unter Spannung stehende Teile berühren. Diese Schutzvorkehrung heißt „Basisschutz“ und jede Anlage, jedes elektrische Gerät ist damit ausgestattet.

### Basisschutz

Der Basisschutz wird durch eine entsprechende Konstruktion (Isolierstoffe) von Geräten und Zuleitungen erreicht, die eine Berührung unter Spannung stehender Teile verhindern soll. Da aber Geräte beispielsweise zu Kühlzwecken belüftet werden sollen oder Leitungen mit leicht lösbaren Steckverbindern versehen werden, ist die Isolation nicht völlig fehlerfrei. Festkörper bestimmter Größe oder Flüssigkeiten können durchaus in solche Geräte eindringen. In der Folge können Isolierungen unwirksam werden und es kann zumindest indirekt zu einer Berührung unter Spannung stehender Teile kommen. Um abschätzen zu können, ob im jeweiligen Einsatzfall der Basisschutz ausreichend ist, erfolgt eine Einteilung in Schutzarten (IP-Codes, International Protection Codes). Dabei wird durch die erste Ziffer der Schutzgrad gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen und gegen feste Fremdkörper gekennzeichnet. Die zweite Kennziffer gibt die Schutzart durch Gehäuse im Hinblick auf schädliche Einflüsse auf das Betriebsmittel infolge Eindringens von Wasser an.

1. Kennziffer DIN EN 60529	Bedeutung: Schutz gegen Fremdkörper	Schutz gegen Berührung
0	Kein Schutz	Kein Schutz
1	Geschützt gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser $\geq 50$ mm	Geschützt gegen den Zugang mit dem Handrücken
2	Geschützt gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser $\geq 12,5$ mm	Geschützt gegen den Zugang mit einem Finger
3	Geschützt gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser $\geq 2,5$ mm	Geschützt gegen den Zugang mit einem Werkzeug
4	Geschützt gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser $\geq 1,0$ mm	Geschützt gegen den Zugang mit einem Draht
5	Geschützt gegen Staub in schädigender Menge	Vollständiger Schutz gegen Berührung
6	Staubdicht	Vollständiger Schutz gegen Berührung

2. Kennziffer DIN EN 60529	Bedeutung: Schutz gegen Wasser
0	Kein Schutz
1	Schutz gegen Tropfwasser
2	Schutz gegen fallendes Tropfwasser, wenn das Gehäuse bis zu $15^\circ$ geneigt ist
3	Schutz gegen fallendes Sprühwasser bis $60^\circ$ gegen die Senkrechte
4	Schutz gegen allseitiges Spritzwasser
5	Schutz gegen Strahlwasser (Düse) aus beliebigem Winkel
6	Schutz gegen starkes Strahlwasser
7	Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen
8	Schutz gegen dauerndes Untertauchen
9	Schutz gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahlreinigung

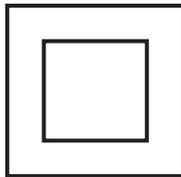
Quelle: DIN EN 60529

Die Kennzeichnung IP44 bei einem Leitungsroller im Innen- und Außenbereich besagt demnach, dass er gegen die Berührung zum Beispiel mit einem Draht und gegen allseitiges Spritzwasser geschützt ist.

Wenn ein elektrisches Betriebsmittel eine für den Einsatzzweck unzureichende IP-Kennzeichnung hat, darf es nicht verwendet werden. Das Gleiche gilt für beschädigte Betriebsmittel. Der nachfolgend beschriebene Fehlerschutz darf nicht zur „Erhöhung“ der Schutzart missbraucht werden!

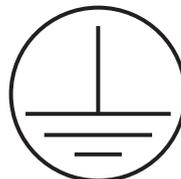
Weitere Informationen erhalten Sie in der DGUV Information 203-002 „Elektrofachkräfte“, Kapitel 10 „Erläuterung des IP-Codes...“ (<https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/313/elektrofachkraefte>).

### Schutzisolierung



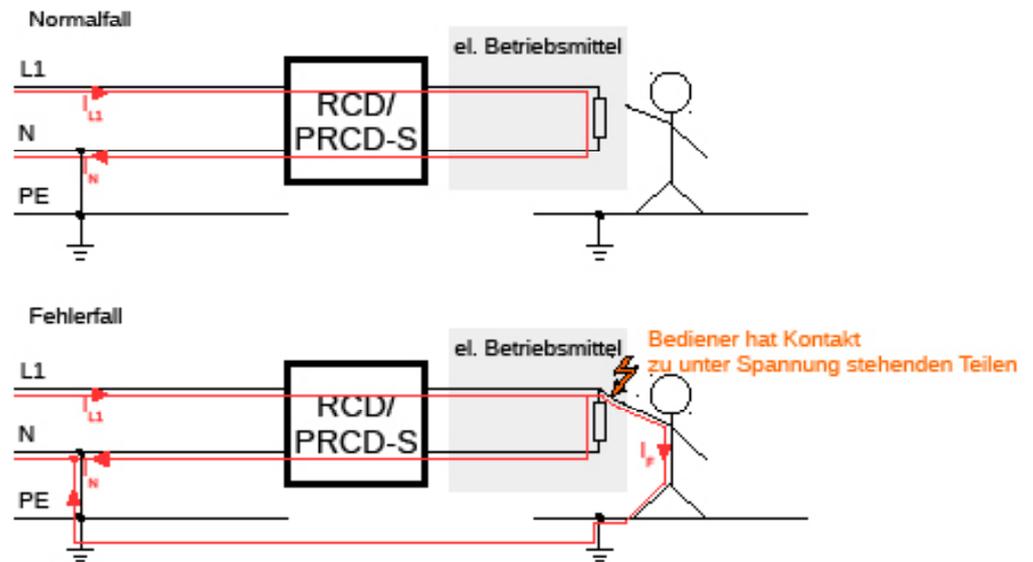
Eine weitere Maßnahme, die insbesondere für elektrische Geräte angewendet wird, ist die Schutzisolierung. Bei schutzisolierten Geräten wird die Isolierung (Basisschutz) mit einer weiteren Isolierung (Fehlerschutz) umhüllt, sodass nach menschlichem Ermessen Teile, die unter Spannung stehen, nicht berührt werden können. Diese Geräte tragen als Kennzeichen der verstärkten Isolierung das Doppelquadrat.

### Schutzklasse 1



Elektrische Geräte, die berührbare leitfähige Teile haben, die im Fehlerfall eine gefährliche Berührungsspannung annehmen können, müssen durch den Basisschutz, eine Isolierung der im Normalfall unter Spannung stehenden Teile, und die Fehlerschutzvorkehrung „Automatische Abschaltung im Fehlerfall“ geschützt werden. Dazu sind alle oben genannten berührbaren leitfähigen Teile durch Anschluss eines Schutzleiters in das Schutzleitungssystem mit einzubinden. Im Fehlerfall kommt es zu einem Kurzschlussstrom, durch den das vorgelagerte Überstromschutzorgan (Sicherung oder Leitungsschutzschalter) rechtzeitig den Stromkreis abschaltet. Diese Schutzmaßnahme lässt eine kurzzeitige (wenige ms dauernde) Körperdurchströmung zu, da diese ja erst einmal messtechnisch erkannt werden muss. Die vorgelagerte elektrische Anlage muss so ausgelegt sein, dass die Stromflussdauer zu keiner Körperdurchströmung kommt, die eine Gefahr darstellen könnte. Für die Auslegung der elektrischen Anlage gibt es in Normen festgelegte Werte.

Ist es unmöglich, die oben beschriebene Schutzvorkehrung zu realisieren, zum Beispiel aufgrund von Leitungslängen oder anderen, den Widerstand der Leitung beeinflussenden Faktoren, kann dazu eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) eingesetzt werden. In bestimmten Netzsystemen muss zur Realisierung der Schutzvorkehrung eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) verwendet werden. Diese ist entweder installationsseitig vorhanden oder in einem Baustromverteiler integriert. Auf Bau- und Montagestellen muss eine RCD vorgeschaltet sein. Ist dies nicht der Fall, kann zur Schutzpegelerhöhung eine sogenannte ortsveränderliche Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (PRCD-S) in Form eines Zwischensteckers in eine ungeschützte Zuleitung geschaltet werden kann.



Die prinzipielle Arbeitsweise von RCD und PRCD-S ist in folgendem Bild dargestellt:

Grafik: Gunther Glaser

Die RCD vergleicht – vereinfacht gesagt – den Strom, der zum Betriebsmittel hinfließt ( $I_{L1}$ ) und den vom Betriebsmittel zurückfließenden Strom über den Neutralleiter ( $I_N$ ). Normalerweise sind diese beiden Ströme gleich groß, da es nur einen Stromkreis gibt. Sind beide Ströme nicht gleich groß, unterbricht die RCD die Verbindung allpolig. Dieser Fall tritt auf, wenn ein Teil des Stroms über die Erde abfließt, der sogenannte Fehlerstrom ( $I_F$ ). Im Gegensatz zu Leitungsschutzschaltern („Automaten“) und Sicherungen, die zum rechtzeitigen Abschalten im Fehlerfall sehr hohe Ströme benötigen (bei einem Leitungsschutzschalter mit B-Charakteristik typ. 80 A), liegt die Auslöseschwelle für eine RCD für den Personenschutz bei 30 mA (für den Fehlerstrom  $I_F$ ). Für einen kurzen Moment findet bei beiden Schutzeinrichtungen eine Körperdurchströmung statt, die aber die Möglichkeit des Herzkammerflimmerns unter normalen Bedingungen nicht auslöst.

Zu bedenken ist, dass eine RCD nur bei einem einzelnen Berührungspunkt mit unter Spannung stehenden Teilen anspricht. Berührt eine Person beispielsweise gleichzeitig Phase (L1) und Neutralleiter (N) und ist relativ gut gegen die Erde isoliert, ändert sich an der Differenz der beiden Ströme  $I_{L1}$  und  $I_N$  nichts, der Körper wird zum Verbraucher. Die RCD kann diesen Fall nicht erkennen und wird den Stromkreis natürlich nicht unterbrechen. Für Leitungsschutzschalter oder Sicherungen gilt das Gleiche bis zum Stromwert, der der Charakteristik entsprechend aus Überlastgründen oder gar Kurzschluss zum Abschalten ausreicht.

In Verteilungen werden oft vierpolige RCDs eingesetzt, die alle drei Phasen des Stromnetzes und den Neutralleiter gleichzeitig überwachen. Prinzipiell arbeiten diese genauso wie die hier gezeigte zweipolige Ausführung. In einigen Fällen können Fehlerströme auftreten, die wegen der Stromart (Gleichfehlerströme) von gängigen RCDs (Typ A) nicht erkannt

werden können.

Da der Fehlerschutz aus den dargestellten Gründen nicht in allen Fällen wirksam sein kann, führt nur die Kombination mit dem Basisschutz zu einer Schutzmaßnahme. Der Fehlerschutz kann den Basisschutz keinesfalls ersetzen. Der Gedanke: „Die Isolierung ist zwar defekt, aber die RCD wird mich schon schützen ...“ ist gefährlich!

### Reparaturen: nur etwas für Profis

Immer wieder basteln selbst ernannte Fachleute an kaputten Geräten, Zuleitungen oder Sicherungen herum. Ein höchst gefährliches und leichtsinniges Unterfangen. Reparaturen gehören ausschließlich in die Hände von dafür befähigten Personen (Elektrofachkräfte). Sie haben umfangreiche Fachkenntnisse und Erfahrungen, um Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten mit Überblick und handwerklichem Know-how ausführen zu können. Auch wenn Arbeiten drängen und die Maschine dringend benötigt wird, darf kein Laie weder provisorische noch regelgerechte Reparaturen vornehmen.

### Rettungsmaßnahmen bei Stromunfällen

Falls es doch einmal zu einem Stromunfall kommt, ist es besonders wichtig, dass alle Beteiligten wissen, was zu tun ist. Hier können Sekunden über Leben oder Tod entscheiden.

Bei Stromunfällen ist der Eigenschutz der Helfer und Helferinnen wichtig, da die verunglückte Person möglicherweise noch Kontakt zu unter Spannung stehenden Teilen hat. Dies ist in der Situation nicht immer zuverlässig festzustellen, da sich das unter Spannung stehende Teil beispielsweise auch unter dem Körper der verunglückten Person befinden kann. Daher sollte zunächst so schnell wie möglich die Versorgungsspannung abgeschaltet werden (Baustromverteilung, Stecker von Zuleitungen ziehen). Ist dies nicht zeitnah möglich, kann man versuchen, die verunglückte Person mittels isolierender Hilfsmittel von dem unter Spannung stehenden Teil wegzubewegen.

Die verunglückte Person leidet unter Umständen wegen der Durchströmung des Herzens an Herzkammerflimmern und ist bewusstlos. Ergibt die Pulskontrolle das Fehlen oder Aussetzen des Pulsschlags, sollte sofort mit der Herz-Lungen-Wiederbelebung begonnen werden. Diese wird bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes aufrechterhalten, da ansonsten Hirnschäden und Hirntod drohen. Der Einsatz eines Automatisierten Externen Defibrillators (AED, „Laiendefibrillator“) ist auf jeden Fall sinnvoll. Diese Geräte können Kammerflimmern durch gezielte Elektroschocks beenden und der normalen Herztätigkeit Gelegenheit geben, wieder einzusetzen. Da ein AED zunächst selbsttätig feststellt, ob ein Kammerflimmern vorliegt, und nur bei Bedarf einen Schock auslöst, kann hierbei kein Fehler gemacht werden. Einige Geräte unterstützen die helfende Person durch elektronische Ansagen während der Herz-Lungen-Wiederbelebung.



Foto: AdobeStock/Artur Golbert

**Bei Stromunfällen ist schnelle und kompetente Hilfe wichtig.**

Egal, wie es der verunglückten Person geht, in jedem Fall ist der Rettungsdienst zu verständigen, da auch bei kurzzeitiger Körperdurchströmung und nicht eingetretener Bewusstlosigkeit Herzrhythmusstörungen auftreten können, die nur von einer Ärztin oder einem Arzt ausgeschlossen werden können.

Weitere Informationen zu den Auswirkungen des Stroms auf den menschlichen Körper und Rettungsmaßnahmen finden Sie

- in der Infoschrift des DGUV Fachbereichs „Erste Hilfe“, [www.dguv.de/medien/fb-ersthilfe/de/pdf/stromunfall-2016.pdf](http://www.dguv.de/medien/fb-ersthilfe/de/pdf/stromunfall-2016.pdf) und
- auf der Informationsseite der BG ETEM in der Beitragsserie „Unfälle in der elektrotechnischen Industrie“, <https://www.bgetem.de/arbeitssicherheit-gesundheitsschutz/aus-unfaellen-lernen/unfaelle-in-der-elektrotechnischen-industrie-1>

## Impressum

DGUV Lernen und Gesundheit, Elektrischer Strom, November 2023

**Herausgeber:** Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Glinkastraße 40, 10117 Berlin

**Chefredaktion:** Andreas Baader, (V.i.S.d.P.), DGUV, Sankt Augustin

**Redaktion:** Melanie Dreher, Martyna Marzec, Universum Verlag GmbH, Wiesbaden, [www.universum.de](http://www.universum.de)

**E-Mail Redaktion:** [info@dguv-lug.de](mailto:info@dguv-lug.de)

**Text:** Gunther Glaser, Kaiserslautern, Schülertext 2: Gabriele Albert



Internet-  
hinweis



Arbeits-  
blätter



Arbeits-  
auftrag



Präsentation



Video



Didaktisch-  
methodischer  
Hinweis



Lehr-  
materialien



Distanz-  
unterricht