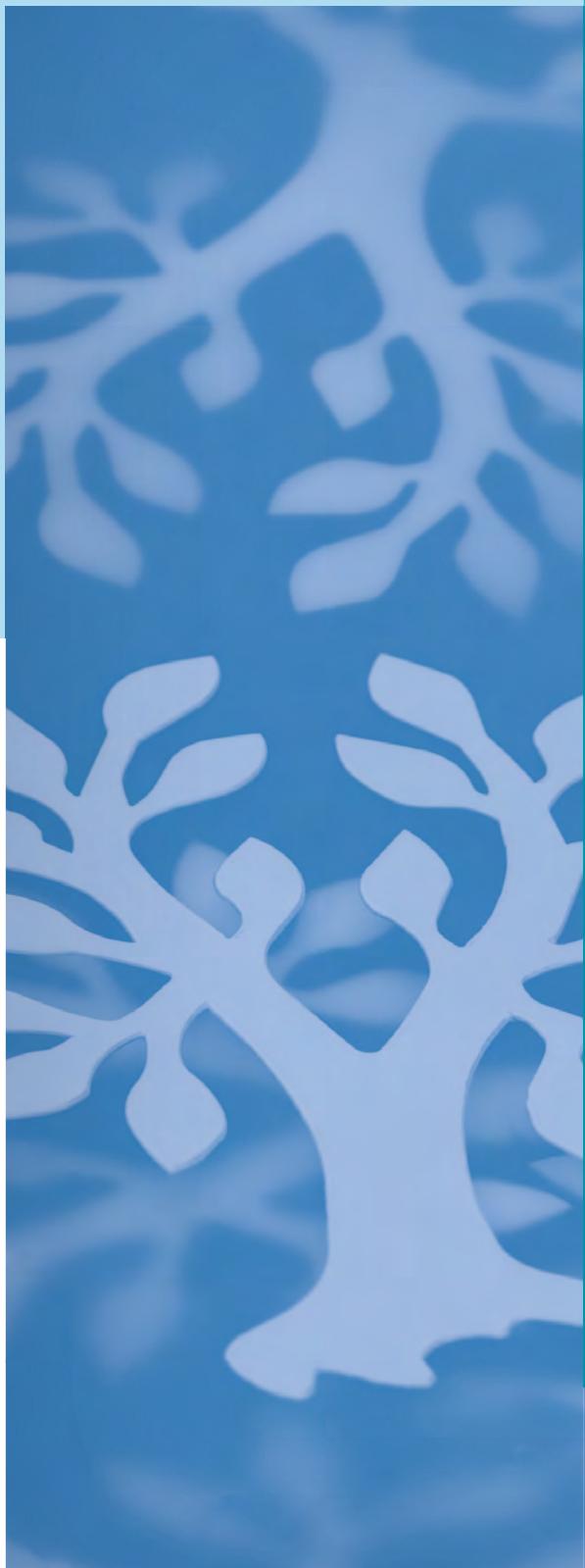


Persönliche PDF-Datei für Fraatz T, Plappert T.

Mit den besten Grüßen von Thieme



www.thieme.de

**Stromunfälle – wenn der
Stromkreis geschlossen ist**

retten!

2025

182–192

10.1055/a-1875-0679

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z.B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kolleginnen und Kollegen oder zur Verwendung auf der privaten Homepage der Autorin/des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

Copyright & Ownership

© 2025. Thieme. All rights reserved.

Die Zeitschrift *retten!* ist Eigentum von Thieme.

Georg Thieme Verlag KG,
Oswald-Hesse-Straße 50,
70469 Stuttgart, Germany
ISSN 2193-2387



Thieme

Stromunfälle – wenn der Stromkreis geschlossen ist

Tobias Fraatz, Thomas Plappert



Quelle: Thieme Gruppe.

Unfälle mit elektrischem Strom sind mit ca. 5000 Fällen im Jahr zwar selten, haben aber vielfältige und unterschiedliche physiologische Folgen [1, 2]. Das Verständnis der physikalischen Grundlagen und das Wissen um die verschiedenen Folgen der Einwirkung von Strom auf den menschlichen Körper sind für den Rettungsdienst wichtig – sowohl bzgl. der Aspekte des Eigenschutzes als auch für das Priorisieren der Maßnahmen und die Auswahl der Zielklinik im Rettungsfall.

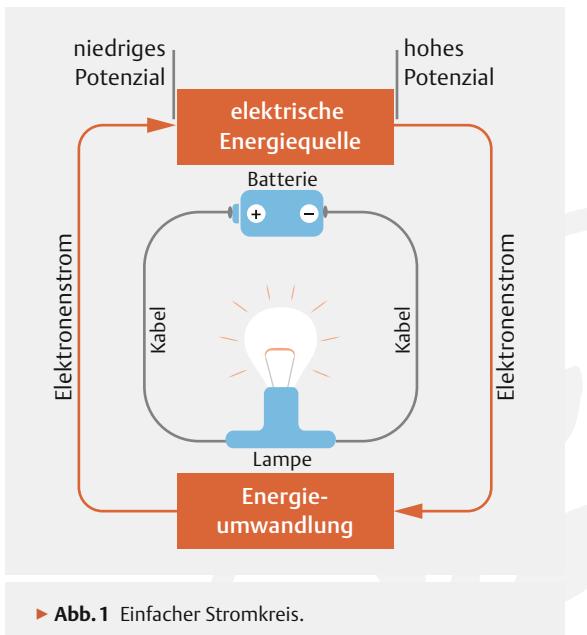
Definition

Die Begriffe Stromunfall, Elektounfall, elektrischer Schlag oder Stromschlag lassen sich in der Literatur zur Beschreibung des Notfallbildes finden. Es handelt sich um eine Verletzung, die durch den Körper fließenden elektrischen Strom ausgelöst wird [3, 4].

Physikalische Grundlagen

Elektrische Stromkreise

Ein Stromkreis ist ein geschlossener Pfad, durch den elektrische Energie übertragen wird. Wichtigster Bestandteil des elektrischen Stromkreises ist die elektrische Energiequelle (► Abb. 1). Zusätzlich werden Energieträger, sog. Elektronen, benötigt. In elektrischen Stromkreisen strömen Elektronen im Kreis, und die elektrische Energiequelle treibt den Elektronenstrom an. Innerhalb des ge-



► Abb. 1 Einfacher Stromkreis.

schlossenen Stromkreises kann die elektrische Energie in andere Energieformen umgewandelt werden, wie z.B. Wärme (thermische Energie) oder Licht (Strahlungsenergie) [5].

Es gibt verschiedene Arten von Stromkreisen, die für verschiedene Anwendungen entwickelt wurden. Für den Bereich der Stromunfälle sind besonders die Wechselstrom- und Gleichstromkreise interessant.

Elektrische Energiequelle

Eine elektrische Energiequelle ist ein System oder eine Vorrichtung, welche andere Energieformen (z.B. Bewegungs-, chemische oder Sonnenenergie) in elektrische Energie umwandelt. Sie besitzt 2 Anschlüsse mit unterschiedlichem elektrischem Potenzial: einen Pluspol und einen Minuspol. Die Spannung ist die Differenz dieser beiden Potenziale. Je größer diese Potenzialdifferenz bzw. Spannung ist, desto stärker ist der Antrieb, der den elektrischen Strom durch einen angeschlossenen Verbraucher fließen lässt [5].

Elektrische Stromstärke – der Fluss der elektrischen Energie

FALLBEISPIEL

Berechnung der Stromstärke bei Stromunfall im Haushalt

Eine ca. 80kg schwere männliche Person erleidet einen Stromunfall im Haushalt. Hierbei fließt der elektrische Strom von Hand zu Hand. Mit dem Ohm'schen Gesetz lässt sich hierbei die fließende Stromstärke von ca. 0,23A berechnen.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{(230 \text{ V})}{(1000 \Omega)} = 0,23 \text{ A}$$

Der Widerstand zwischen Hand und Hand beträgt ca. 1000Ω. Im Haushalt werden Wechselspannungen von 230V mit einer Frequenz von 50Hz verwendet.

Die Energieträger, die Elektronen, können sich in unterschiedlichen Geschwindigkeiten durch den Stromkreis bewegen. Verantwortlich dafür sind die elektrische Energiequelle und der Widerstand im Stromkreis. Die Stromstärke wird mit dem Buchstaben „I“ abgekürzt und in Ampere (A) gemessen. Je schneller sich die Energieträger bewegen, desto mehr elektrische Energie kann in andere Energieformen umgewandelt werden.

Merke

Die elektrische Stromstärke ist die wichtigste, aussagekräftigste Größe hinsichtlich Stromunfällen. Die Abschätzung der Gefahr bei Stromunfällen steht in engem Zusammenhang mit der Größe der Stromstärke [5].

Spannung – die Antriebskraft des elektrischen Stroms

Die elektrische Spannung ist die treibende Kraft hinter dem Fluss von Elektronen, vergleichbar mit dem Druckunterschied, der Wasser durch ein Rohr fließen lässt. Sie beschreibt, wie stark eine elektrische Energiequelle (z. B. Batterie oder Generator) die Elektronen durch einen Stromkreis „anschiebt“. Je höher die Spannung, desto größer ist diese Antriebskraft und desto mehr Energie können die Elektronen transportieren. Eine 24-Volt-Batterie kann bspw. doppelt so viel Energie liefern wie eine 12-Volt-Batterie. Die Spannung wird mit dem Buchstaben „U“ abgekürzt und in Volt (V) gemessen [5].

Hochspannung und Niederspannung

In der Energieversorgung unterscheidet man zwischen Hochspannung (ab 1000V Wechselspannung oder 1500V Gleichspannung) und Niederspannung (alles darunter). Diese Unterscheidung ist wichtig für die Sicherheit und den Umgang mit elektrischen Anlagen [3, 5].

ZUSATZINFORMATION

Wo wird Niederspannung und Hochspannung eingesetzt?

Niederspannung findet man bei Haushaltssteckdosen, Telekommunikationssystemen, der Stromschiene von U-Bahnen und der Oberleitung von Straßenbahnen. Auch medizinische Geräte wie implantierbare Kardioverter-Defibrillatoren (ICDs) nutzen Niederspannung, um therapeutische Schocks auszulösen und Herzrhythmusstörungen zu behandeln.

Hochspannung findet man bei Hochspannungsleitungen, im Bahnnetz (z.B. elektrifizierte S-Bahn-Strecken mit 15000 Volt) sowie beim Blitzschlag.

Elektrischer Widerstand – der Widerstand gegen den Stromfluss

Der elektrische Widerstand ist eine Eigenschaft von Materialien, die den Fluss des elektrischen Stroms behindert. Der Widerstand wirkt wie eine Engstelle in einem Wasserrohr, die den Wasserfluss verringert.

Je größer der Widerstand, desto schwieriger ist es für die Elektronen, sich durch das Material zu bewegen. Das bedeutet, dass bei gleicher Spannung weniger Strom fließen kann.

Der Widerstand wird mit dem Buchstaben „R“ abgekürzt und in Ohm (Ω) gemessen [5].

Leiter und Nichtleiter (Isolatoren)

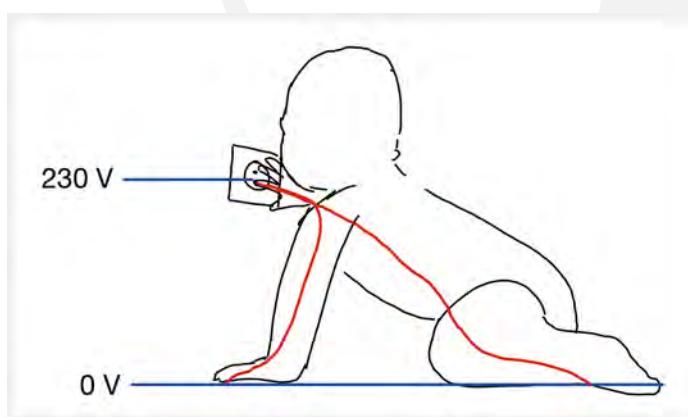
Materialien unterscheiden sich stark in ihrem elektrischen Widerstand.

Leiter

Materialien wie Kupfer und Silber haben einen sehr geringen Widerstand und lassen elektrischen Strom leicht fließen. Sie werden deshalb in elektrischen Leitungen und Kabeln verwendet.

Nichtleiter (Isolatoren)

Materialien wie Kunststoff, Glas, Holz oder Gummi haben einen sehr hohen Widerstand und lassen elektrischen Strom kaum fließen. Sie werden zur Isolierung von elektrischen Leitungen verwendet, um Stromschläge zu verhindern.



► Abb. 2 Darstellung des elektrischen Stromflusses bei einem Kind, welches mit einem leitenden Gegenstand an einer Steckdose spielt.

Merke

Die 3 Größen elektrische Stromstärke (I), Spannung (U) und Widerstand (R) stehen in einem mathematischen Zusammenhang:

Gleichstromkreis – Einbahnstraße für Elektronen

$$U = R \times I \text{ bzw. } I = \frac{U}{R}$$

In einem Gleichstromkreis fließen die Elektronen kontinuierlich in eine Richtung, wie Autos auf einer Einbahnstraße. Die Stromstärke (Anzahl der Elektronen pro Zeiteinheit) und die Spannung (Antriebskraft) bleiben dabei konstant.

Gleichstrom findet man vor allem in batteriebetriebenen Geräten wie Taschenlampen, Smartphones oder Laptops. Auch Elektromotoren werden oft mit Gleichstrom betrieben [5].

Wechselstromkreis – Elektronen im Hin und Her

In einem Wechselstromkreis wechseln die Elektronen ständig ihre Richtung, vergleichbar mit einem Pendel, das hin und her schwingt. Sowohl die Stromstärke als auch die Spannung ändern sich dabei periodisch. Meistens folgt diese Änderung einer sinusförmigen Kurve, bei der die Spannung in regelmäßigen Abständen zwischen positiven und negativen Werten wechselt.

Wechselstrom ist die übliche Form der Stromversorgung in unseren Haushalten und wird für die meisten elektrischen Geräte verwendet. Der Vorteil von Wechselstrom liegt darin, dass er sich leicht über große Entfernungen transportieren lässt, ohne dabei viel Energie zu verlieren [5].

Ursachen von Stromunfällen

Damit es zu einem Stromunfall kommen kann, benötigt man immer einen geschlossenen Stromkreis, in dem der menschliche Körper integriert ist.

Direkter Kontakt mit spannungsführenden Gegenständen

Werden 2 unterschiedliche elektrische Potenziale durch den Körper berührt, kann elektrischer Strom fließen. Beispielsweise steckt ein Kind einen metallischen Gegenstand in die Steckdose (► Abb. 2). Da die Erde grundsätzlich das Potenzial 0V und die Steckdose 230V hat, ist der Stromkreis geschlossen und es kommt zu einem Elektrolytenstrom [3, 4, 5].

Lichtbogeneinwirkung – wenn Luft zum Stromleiter wird

Normalerweise ist Luft ein guter Isolator, d. h. sie verhindert den Fluss von elektrischem Strom.

Unter bestimmten Bedingungen kann sich dies jedoch ändern:

- Hohe Spannung: Wenn die Spannung zwischen 2 Punkten extrem hoch wird, kann sie die Luftmoleküle aufbrechen und in positiv geladene Ionen und negativ geladene Elektronen trennen. Dieser Prozess wird Ionisation genannt.
- Feuchtigkeit: Feuchte Luft enthält Wassermoleküle, die leichter ionisiert werden können als die Moleküle trockener Luft. Dadurch wird die Luft leitfähiger.

Wenn die Luft ionisiert ist, entsteht ein leitender Pfad aus Plasma, einem Gemisch aus Ionen und Elektronen. Durch diesen Pfad kann elektrischer Strom fließen, was als Lichtbogen bezeichnet wird (► Abb. 3).

Merke

Lichtbögen sind sehr heiß und können Temperaturen von mehreren 1000 Grad Celsius erreichen. Sie sind gefährlich und können schwere Verbrennungen und andere Verletzungen verursachen [3, 4, 5].

Schrittspannung

Liegt eine Oberleitung auf der Erde oder schlägt ein Blitz in den Boden ein, dann bildet sich um die Einspeisestelle ein sog. Potenzialtrichter. Dieser beschreibt die konzentrische Verteilung des elektrischen Potenzials im Boden, das sich radial um die Einspeisestelle aufbaut. Direkt am Einschlagpunkt ist das Potenzial am höchsten und nimmt

mit zunehmender Entfernung kontinuierlich ab. Entscheidend ist, dass die Potenzialdifferenz zwischen 2 Punkten innerhalb dieses Potenzialgefälles – bspw. zwischen den Füßen einer Person – einen Stromfluss ermöglicht.

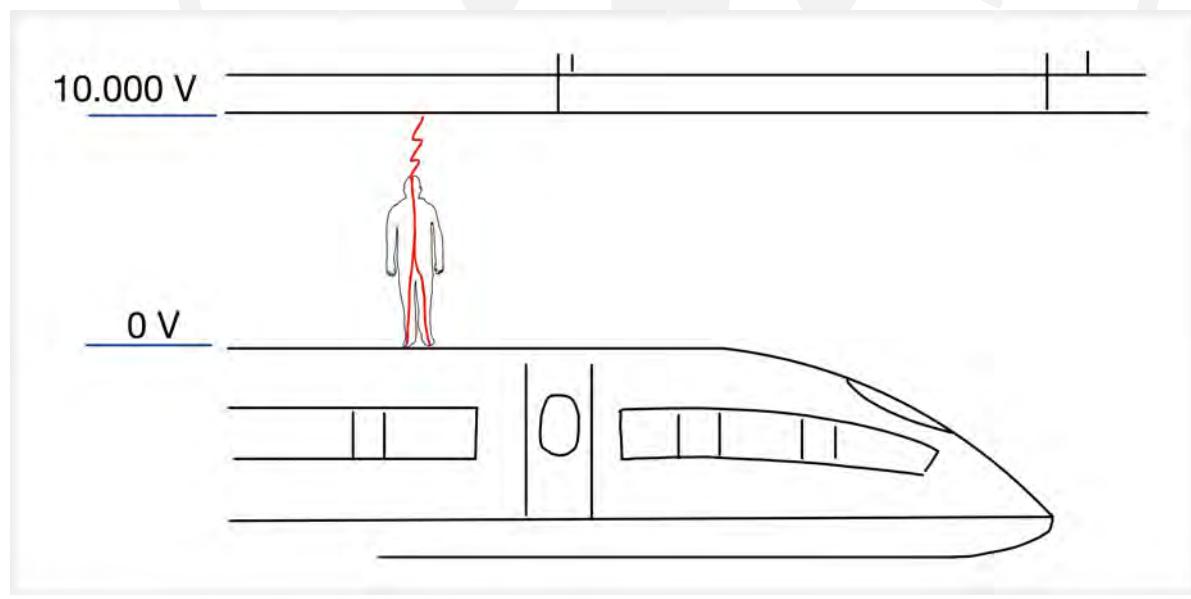
Wenn jemand mit den Füßen auf 2 unterschiedlichen Potenzialen steht, wird der Körper Teil des elektrischen Stromkreises und ein Stromfluss durch den Körper ist möglich. Dies wird als Schrittspannung bezeichnet (► Abb. 4) [3, 4, 5].

Wirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Organismus

Da zahlreiche physiologische Prozesse im menschlichen Körper auf elektrischer Signalübertragung basieren, können diese durch externe Stromquellen erheblich gestört werden. Zusätzlich kann die Umwandlung elektrischer Energie in Wärme zu thermischen Schädigungen führen. Ungeachtet der direkten Stromwirkung kann es auch immer zu Folgeverletzungen wie Stürzen oder Abstürzen kommen, die nicht übersehen werden dürfen.

Herz-Kreislauf-System

Elektrische Ströme können die Erregungsleitung des Herzens beeinträchtigen und zu schwerwiegenden Arrhythmienvielfalt, einschließlich Kammerflimmern, führen. Kammerflimmern ist ein lebensbedrohlicher Zustand, bei dem die Herzkammern unkoordiniert kontrahieren und somit kein Blut mehr pumpen können. Im Elektrokardiogramm (EKG) können sich auch Pseudoinfarktbilder zeigen, die fälschlicherweise auf einen Herzinfarkt hindeuten. Grundsätzlich kann nahezu jede Form von Herzrhythmusstörungen durch elektrische Ströme induziert werden.



► Abb. 3 Lichtbogen bei einer Person, die auf einen Zug gestiegen ist.

Nervensystem

Die erhöhte Erregbarkeit und die damit einhergehende exzessive Freisetzung von Neurotransmittern durch elektrische Ströme können zu einer Übererregung oder Inhibition neuronaler Aktivität führen. Mögliche Symptome sind Parästhesien (Missemmpfindungen), Paresen (unvollständige Lähmungen), Lähmungen der Atemmuskulatur, Bewusstlosigkeit, Verwirrtheitszustände, Krampfanfälle, Tinnitus (Ohrgeräusche), Aphasie (Sprachstörungen), Sehstörungen oder im schlimmsten Fall Querschnittslähmung. Bei Wechselstrom kann es aufgrund von Muskelkontraktionen zum „Festhängen“ an der Stromquelle kommen [3, 4, 6].

Haut

Obwohl die Haut selbst nicht elektrisch erregbar ist, spielt sie bei Stromunfällen eine entscheidende Rolle als Einstiegs- und Austrittspunkt für den Stromfluss. Bei niedriger Stromstärke (bis 0,01A) fungiert die Haut als Isolator. Verletzungen der Hautbarriere wie Wunden oder Feuchtigkeit erhöhen jedoch die Leitfähigkeit und begünstigen den Stromfluss. Höhere Stromstärken können zu tiefen, von außen nicht sichtbaren Verbrennungen führen. Die dabei entstehenden Strommarken geben Aufschluss über den Stromweg durch den Körper [3].

Auge

Lichtbögen oder Blitze emittieren intensives Licht, einschließlich ultravioletter Strahlung, die die Hornhaut schädigen kann. Dies kann zu Verblitzungen führen, einer schmerhaften Entzündung der Hornhaut [3].

Faktoren für Verletzungsschwere

Kouwenhoven-Faktoren

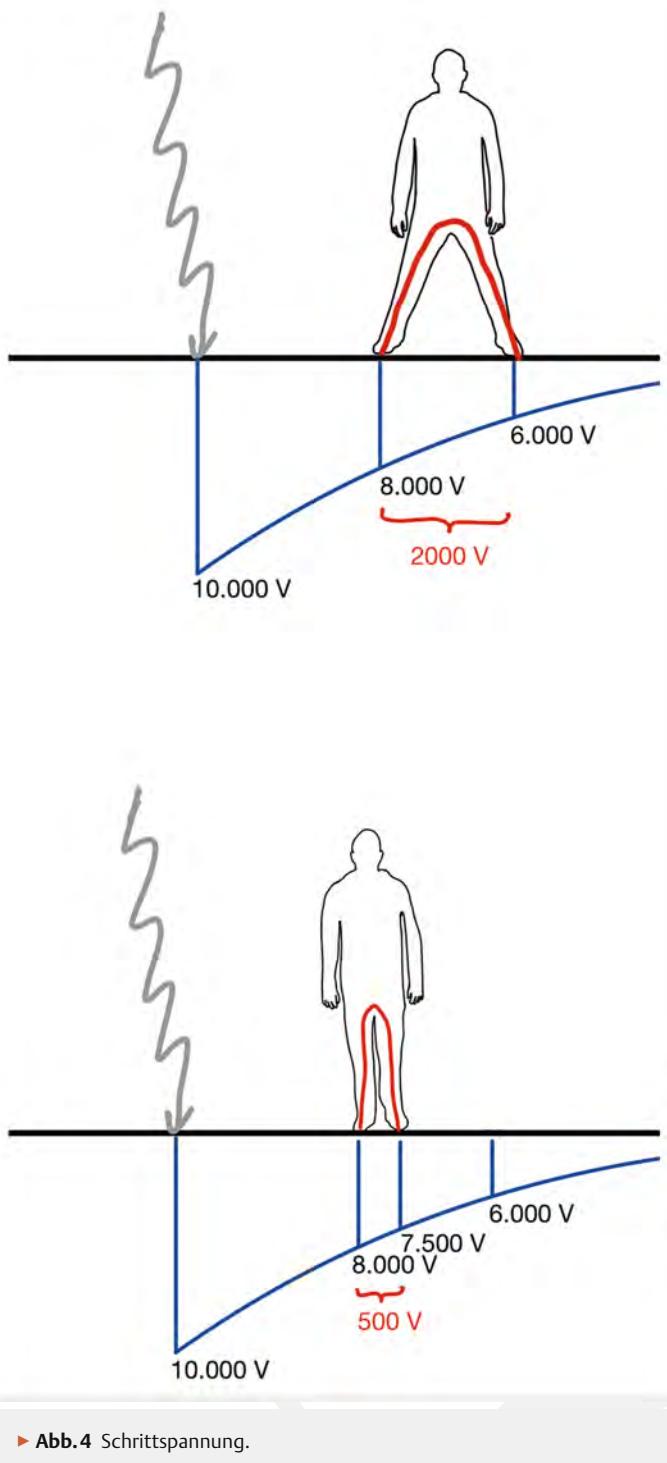
Die Schwere der Verletzungen nach einem Stromunfall ist von den Kouwenhoven-Faktoren abhängig [7].

Das Nachfolgende sind die Faktoren.

Spannung und Stromstärke

FALLBEISPIEL

Ein Rettungsteam wird zu einem Techniker gerufen, der an einer Hochspannungsleitung arbeitet und durch einen Sicherheitsfehler mit einer 15000-Volt-Leitung in Kontakt kommt. Beim Eintreffen der Feuerwehr wird der Gefahrenbereich abgesichert und die Stromzufuhr durch Fachpersonal unterbrochen. Der Patient, der zu diesem Zeitpunkt bewusstlos ist und schwere Verbrennungen aufweist, wird nach erfolgreicher Reanimation stabilisiert. Unter Beachtung des Eigenschutzes und des ABCDE-Schemas versorgt das Rettungsteam den Patienten vor Ort. Nach Intu-



► Abb. 4 Schrittspannung.

Merke

Arterien haben einen sehr geringen Widerstand (Widerstand siehe Kouwenhoven-Faktoren) und sind von Gewebezerstörung daher besonders häufig betroffen. Das kann zu Ischämien führen [3, 4, 6].

bation und Kreislaufstabilisierung erfolgt der Transport in ein spezialisiertes Verbrennungszentrum, wo weitere Behandlungen eingeleitet werden.

Niederspannungsunfälle sind aufgrund der möglichen Herzrhythmusstörungen besonders gefährlich, während Hochspannungsunfälle aufgrund der hohen Energie und der damit verbundenen Verbrennungen lebensbedrohlich sind [3, 8].

Widerstand

Der Elektronenstrom verläuft immer in Richtung des geringsten Widerstandes. Nerven haben einen sehr geringen und Knochen einen sehr hohen Widerstand. Aus diesem Grund wird der Elektronenstrom häufig um die Knochen herum und nahe dem Nervengewebe verlaufen.

Merke

Widerstände in aufsteigender Reihenfolge sind: Nerv, Arterie, Muskel, Haut, Sehne, Fett und Knochen [3, 9].

Kontaktdauer

Die Kontaktdauer in der Mehrzahl der Stromunfälle liegt im Millisekunden- bis 5-Sekunden-Bereich. Die Kammerflimmerschwelle ist abhängig von der Durchströmungsdauer. Verschiedene Studien konnten zeigen, dass bei langen Durchströmungsdauern $>100\text{ ms}$ niedrige Stromstärken zum Herzkammerflimmern führen können. Stromstärken von ca. 40mA können bei einer Kontaktzeit von $>2\text{ s}$ Sekunden bereits zu Herzkammerflimmern führen.

Je höher die Stromstärke, desto schneller steigt die Körpertemperatur an und desto schneller treten Gewebe-schädigungen auf. Dies kann dazu führen, dass die Durchströmungsdauer verkürzt wird, da der Gewebswiderstand bspw. durch die Verkohlung steigt.

ZUSATZINFORMATION

Fl-Schutzschalter – Lebensretter bei Stromunfällen

Ein Fehlerstrom-Schutzschalter (Fl-Schalter) ist eine wichtige Sicherheitsvorrichtung, die Leben retten kann. Der Schutzschalter überwacht den Stromfluss in einem Stromkreis und löst bei einem Fehlerstrom, der bspw. durch einen Körperschluss verursacht werden kann, eine Stromunterbrechung aus.

Stromart: Wechselstrom und Gleichstrom

Wechselstrom (AC) und Gleichstrom (DC) unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf den menschlichen Körper und damit in ihrer Gefährlichkeit [3, 9].

Wechselstrom

Gefährlicher als Gleichstrom: Wechselstrom ist in der Regel gefährlicher als Gleichstrom, insbesondere im Niederspannungsbereich. Dies liegt daran, dass Wechselstrom aufgrund seiner periodischen Umpolung (50Hz in Europa) zu Muskelkrämpfen führen kann, die das Loslassen der Stromquelle erschweren. Dieses Phänomen wird als „Festhalten“ bezeichnet.

Herzkammerflimmern: Wechselstrom kann leichter Herzrhythmusstörungen auslösen, insbesondere Kammerflimmern, das zum Herzstillstand führen kann.

Frequenzabhängigkeit: Die Gefährlichkeit von Wechselstrom nimmt mit steigender Frequenz ab. Sehr hohe Frequenzen im Kilohertzbereich sind für den Menschen in der Regel ungefährlich.

Merke

Weniger gefährlich als Wechselstrom: Gleichstrom fließt kontinuierlich in eine Richtung und löst daher seltener Muskelkrämpfe aus. Dadurch ist das Loslassen der Stromquelle in der Regel einfacher.

Höhere Stromstärken für gefährliche Wirkungen: Gleichstrom erfordert im Vergleich zu Wechselstrom höhere Stromstärken, um gefährliche Wirkungen wie Herzkammerflimmern auszulösen.

Merke

Wechselspannungen $>50\text{V}$ und Gleichspannungen $>120\text{V}$ gelten als lebensgefährlich. Der Freilassstrom, also die Stromstärke, bei der ein Loslassen der Stromquelle nicht mehr möglich ist, liegt bei Gleichstrom höher (ca. 75mA) als bei Wechselstrom (ca. 15mA).

Stromweg

Der Weg, den der Strom durch den Körper nimmt, beeinflusst, welche Organe und Gewebe geschädigt werden. Besonders gefährlich ist ein Stromweg, der das Herz durchquert, da dies zu Herzrhythmusstörungen oder Herzstillstand führen kann. Grundsätzlich nimmt der Strom immer den Weg des geringsten elektrischen Widerstandes (s. Abschnitt Widerstand) [3, 5].

Maßnahmen

Grundsätzlich ist zu Beginn auf den Eigenschutz zu achten. Jegliche Gefährdung durch elektrische Energie ist möglichst zu beheben. Dabei ist zu beachten, dass Hochspannungsleitungen, bspw. bei Bahnanlagen, nicht nur abgeschaltet, sondern auch kurzgeschlossen werden müssen, um eine vollständige Sicherheit zu gewährleisten.

Merke

Aus diesem Grund darf der Gefahrenbereich auf keinen Fall betreten werden, bevor die Feuerwehr oder Fachpersonal die Freigabe erteilt hat.

Im Zweifel muss ausreichend Abstand gehalten werden, um die eigene Sicherheit zu gewährleisten. Danach ist das ABCDE-Schema in gewohnter Weise abzuarbeiten.

Schädigungen des Körpers durch den elektrischen Strom können sich in einem initialen Herz-Kreislauf-Stillstand, einer initialen Bewusstlosigkeit, Weichteilverletzungen oder Verbrennungen zeigen. Zusätzlich ist ein 12-Kanal-EKG-Monitoring durchzuführen, um Hinweise auf mögliche Herzschädigungen wie Rhythmusstörungen oder Ischämien zu erkennen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass ein normales EKG keinen Herzschaden sicher ausschließen kann.

Zeigen sich keine der oben genannten Symptome und sind keine Auffälligkeiten im EKG vorhanden, besteht in der Regel kein erhöhtes Risiko für eine zu einem späteren Zeitpunkt einsetzende Herzrhythmusstörung [6]. Bei der Anamnese sind weitere Informationen zu erheben: Unfallhergang, Symptome, Art des Stroms, Spannung, Stromstärke, Dauer des Kontakts, Weg des Stroms durch den Körper, Schwangerschaft, kardiale Vorerkrankungen, Herzschrittmacher und Medikamente. Ein Bodycheck, inklusive neurologischem Status, kann weitere Hinweise auf Organ schädigungen, Strommarken, Verbrennungen oder Begleitverletzungen geben. Grundsätzlich sollten alle Patienten nach einem Stromunfall der Notaufnahme vorgestellt werden. Eine stationäre Behandlung ist jedoch die Ausnahme, wenn keine Risikofaktoren oder schwere Begleitverletzungen vorliegen [10]. Die Indikationen für die stationäre Behandlung in Zentren für Brandverletzte gelten auch bei Verbrennungen durch einen Stromunfall [11].

Besondere Einsatzlagen mit elektrischem Strom

Elektroschockwaffen

Elektroschockwaffen finden zunehmend Anwendung in besonderen Einsatzlagen. Elektroschockdistanzwaffen (CEW) wie der Taser werden von der Polizei eingesetzt, um Personen durch einen gezielten elektrischen Schock vorübergehend handlungsunfähig zu machen. Im Distanzmodus feuern sie Elektroden auf das Ziel ab, die bei Kontakt Muskelkontraktionen verursachen. Die Stromstärke liegt dabei zwischen 1,2 und 1,5mA, deutlich unter der lebensbedrohlichen Flimmerschwelle. Dennoch können CEWs Verletzungen wie Muskelverletzungen, Stürze, Hautverletzungen und psychische Belastungen verursachen. Elektroschocker hingegen werden im direkten Hautkontakt angewendet und verursachen starke Schmerzen, ohne tiefere Gewebsschichten zu erreichen [12].

Photovoltaikanlagen

Auch Photovoltaikanlagen und Hochvoltfahrzeuge stellen besondere Einsatzlagen dar. Photovoltaikanlagen erzeugen Gleichstrom, der in Wechselstrom umgewandelt wird. Defekte Anlagen oder unsachgemäße Handhabung können zu gefährlichen Stromschlägen führen. Bei Rettungseinsätzen ist daher eine spannungsfreie Schaltung der Anlage durch Fachpersonal erforderlich.

Hochvoltsysteme

Hochvoltfahrzeuge wie Elektro- und Hybridautos arbeiten mit Wechsel- oder Gleichspannungen zwischen 30 und 1500V. Orangefarbene Leitungen und Komponenten kennzeichnen das Hochvoltsystem, das lebensgefährliche Stromstärken führen kann. In der Regel wird jedoch das Hochvoltsystem bei einem Unfall automatisch stromlos geschaltet, z. B. durch das Auslösen eines Airbags oder durch Sicherheitsschalter. Dadurch ist die Patientenversorgung in den meisten Fällen problemlos möglich.

Merke

Rettungskräfte sollten über Fachkenntnisse in der Hochvolttechnik moderner Fahrzeuge sowie über spezifisches Wissen zu alternativen Antriebssystemen verfügen, um in besonderen Situationen – etwa bei defekten Sicherheitsmechanismen – richtig handeln zu können.

Zusätzlich sollten sie stets auf mögliche Gefahrenquellen achten und bei Unsicherheiten Rücksprache mit Fachpersonal oder der Feuerwehr halten.

Blitzunfall

FALLBEISPIEL

Blitzunfall

Ein Gewitter zieht während eines Fußballspiels über das Spielfeld und ein Blitz schlägt in der Mitte des Feldes ein. Mehrere Spieler und Zuschauer befinden sich in der Nähe des Einschlagpunktes. Ein Spieler, der dem Einschlag am nächsten ist, wird bewusstlos aufgefunden, mit deutlichen Verbrennungen an den Füßen und einem vermuteten Herz-Kreislauf-Stillstand. Durch den Blitzeinschlag bildet sich ein Potenzialtrichter im Boden, sodass Personen in unterschiedlichen Entfernungen vom Einschlagort betroffen sind. Strom fließt durch die Beine des Patienten, was als Schrittspannung bezeichnet wird. Rettungskräfte sichern die Einsatzstelle und beginnen sofort mit der Reanimation des bewusstlosen Spielers.

Triage: Aufgrund der Vielzahl an Betroffenen erfolgt eine schnelle Sichtung mittels des mSTART-Systems. Personen mit Herz-Kreislauf-Stillstand oder schwerwiegenden Symptomen wie Bewusstlosigkeit und Verbrennungen werden priorisiert und erhalten so-

fortige Maßnahmen wie Reanimation oder Sauerstoffgabe. Betroffene mit leichten Symptomen wie Taubheitsgefühlen oder Schwindel werden stabilisiert und vorerst an der Einsatzstelle beobachtet. Bei 2 weiteren Patienten werden neurologische Ausfälle festgestellt, sie werden zur weiteren Diagnostik in eine Klinik transportiert.

Der reanimierte Spieler wird nach der Stabilisierung mit Verdacht auf neurologische und kardiologische Schäden in eine spezialisierte Klinik transportiert. Dieses Fallbeispiel verdeutlicht die Bedeutung schneller Triage und spezifischer Kenntnisse zu Potenzialtrütern bei Blitzunfällen.

Blitzunfälle sind eine weitere Gefahrenquelle, insbesondere im Freien. Blitz einschläge können zu schweren Verbrennungen, Herzrhythmusstörungen und neurologischen Schäden führen. Bei einem Blitzunfall ist sofortige medizinische Hilfe erforderlich, einschließlich Reanimation bei Herz-Kreislauf-Stillstand. Da Blitze oft mehrere Personen gleichzeitig treffen können (MANV: Massenanfall von Verletzten), sind eine schnelle Triage und Versorgung aller Betroffenen entscheidend. Zu beachten ist dabei, dass hier, entgegen dem sonst üblichen Vorgehen bei einem MANV, unbedingt die Patienten mit einem Herz-Kreislauf-Stillstand oder einem Atemstillstand zuerst behandelt werden sollten. Durch die Wirkung des Blitzen kann es zu einer kurzen Asystolie und einem minutenlangen Atemstillstand durch die Einwirkung des Blitzen auf das Atemzentrum kommen. Beides ist reversibel, wenn geeignete Maßnahmen (Beatmung, ggf. Reanimation) rasch ergriffen werden [3, 13].

KERNAUSSAGEN

- Obwohl Stromunfälle in Deutschland relativ selten sind, können sie schwerwiegende Folgen haben und erfordern spezifisches Wissen im Rettungsdienst.
- Ein Stromunfall erfordert immer einen geschlossenen Stromkreis, in dem der menschliche Körper integriert ist.
- Stromunfälle können durch direkten Kontakt, Lichtbögen oder Schrittspannung verursacht werden.
- Elektrischer Strom kann verschiedene Organsysteme schädigen, insbesondere das Herz-Kreislauf- und Nervensystem.
- Die Schwere der Verletzungen hängt von Spannung, Stromstärke, Widerstand, Kontaktzeit und Stromweg ab.
- Wechselstrom ist im Allgemeinen gefährlicher als Gleichstrom, da er Muskelkrämpfe und Herzrhythmusstörungen verursachen kann.

- Bei Stromunfällen sind besondere Maßnahmen erforderlich, darunter Eigenschutz, ABCDE-Schema, EKG-Monitoring und Anamnese.
- Besondere Einsatzlagen wie Elektroschockwaffen, Photovoltaikanlagen und Hochvoltfahrzeuge erfordern spezielle Kenntnisse und Vorsichtsmaßnahmen.
- Patienten, die infolge eines Blitzschlags einen Atem- und/oder Kreislaufstillstand ohne schwere Verletzungen erleiden, haben eine sehr gute Überlebenschance. Das muss bei einer Triage im MANV beachtet werden.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Autorinnen/Autoren



Tobias Fraatz

Staatlich anerkannter Notfallsanitäter. Lehrbeauftragter an der SRH University in Gera im Fachbereich Medizinpädagogik. Stellvertretender Schulleiter an einer höheren Berufsfachschule für die Notfallsanitäterausbildung in Meiningen.



Dr. med. Thomas Plappert

Facharzt für Innere Medizin/Notfallmedizin/Klinische Notfall- und Akutmedizin. Medizinischer Leiter Malteser Rettungsdienst Hessen. Leitender Notarzt und stellvertretender ÄLRD im Landkreis Fulda. Lehrbeauftragter an der SRH Hochschule für Gesundheit im Masterstudiengang „Klinische Notfallmedizin (PA)“.

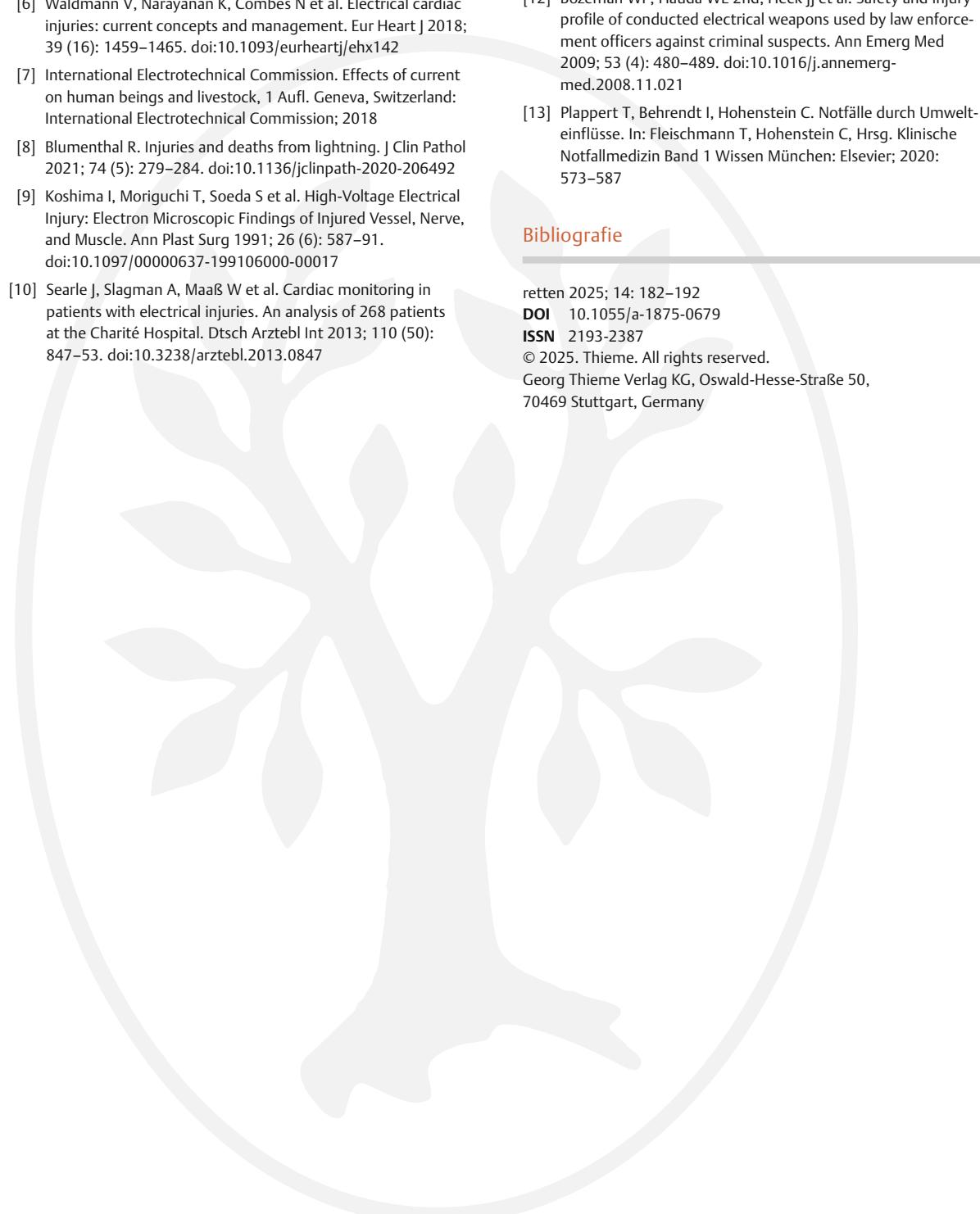
Korrespondenzadresse

Tobias Fraatz

DRK-Bildungswerk Thüringen gGmbH, Höhere Berufsfachschule für die Notfallsanitäterausbildung
Dammstr. 28
98617 Meiningen
Deutschland
tobias.fraatz@drk-bildungswerk-thueringen.de

Literatur

- [1] bgetem.de – BG ETEM. Statistik der Stromunfälle (Stand: 2024). Zugriff am 09.02.2025 unter <https://www.bgetem.de/arbeitssicherheit-gesundheitsschutz/institute/institut-zur-erforschung-elektrischer-unfaelle/statistik-der-stromunfaelle>
- [2] WEKA Media GmbH & Co. KG. Statistik der Stromunfälle in Deutschland: Das lernen wir daraus. Zugriff am 09.02.2025 unter <https://www.elektrofachkraft.de/sicheres-arbeiten/statistik-der-stromunfaelle-das-lernen-wir-daraus>
- [3] Brinkmann K, Schaefer H. Der Elektrounfall. Berlin: Springer; 1982

- 
- [4] Koch S, Hrsg. retten – Notfallsanitäter. In: 1 Aufl. Stuttgart: Thieme; 2023
 - [5] Tipler PA, Mosca G. Tipler Physik: Für Studierende der Naturwissenschaften und Technik, 9. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer; 2024
 - [6] Waldmann V, Narayanan K, Combes N et al. Electrical cardiac injuries: current concepts and management. *Eur Heart J* 2018; 39 (16): 1459–1465. doi:10.1093/eurheartj/ehx142
 - [7] International Electrotechnical Commission. Effects of current on human beings and livestock, 1 Aufl. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission; 2018
 - [8] Blumenthal R. Injuries and deaths from lightning. *J Clin Pathol* 2021; 74 (5): 279–284. doi:10.1136/jclinpath-2020-206492
 - [9] Koshima I, Moriguchi T, Soeda S et al. High-Voltage Electrical Injury: Electron Microscopic Findings of Injured Vessel, Nerve, and Muscle. *Ann Plast Surg* 1991; 26 (6): 587–91. doi:10.1097/00000637-199106000-00017
 - [10] Searle J, Slagman A, Maaß W et al. Cardiac monitoring in patients with electrical injuries. An analysis of 268 patients at the Charité Hospital. *Dtsch Arztbl Int* 2013; 110 (50): 847–53. doi:10.3238/atzbl.2013.0847
 - [11] Deutsche Gesellschaft für Verbrennungsmedizin e.V. S2k-Leitlinie Behandlung thermischer Verletzungen des Erwachsenen. AWMF-Register-Nr.: 044–001. Stand: 2021 Zugriff am 09.02.2025 unter <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/044-001>
 - [12] Bozeman WP, Hauda WE 2nd, Heck JJ et al. Safety and injury profile of conducted electrical weapons used by law enforcement officers against criminal suspects. *Ann Emerg Med* 2009; 53 (4): 480–489. doi:10.1016/j.annemerg-med.2008.11.021
 - [13] Plappert T, Behrendt I, Hohenstein C. Notfälle durch Umwelt-einflüsse. In: Fleischmann T, Hohenstein C, Hrsg. Klinische Notfallmedizin Band 1 Wissen München: Elsevier; 2020: 573–587

Bibliografie

retten 2025; 14: 182–192

DOI 10.1055/a-1875-0679

ISSN 2193-2387

© 2025. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Oswald-Hesse-Straße 50,
70469 Stuttgart, Germany

Punkte sammeln auf CEE.thieme.de



Die Teilnahme an dieser Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate möglich, solange ein aktives Abonnement besteht. Unter <https://eref.thieme.de/CXKB4CN> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests und zum Artikel. Sie finden dort auch den genauen Einsendeschluss. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!



Frage 1

Was ist die wichtigste Kenngröße bei Stromunfällen?

- A Spannung
- B Widerstand
- C Stromstärke
- D Frequenz
- E Kontaktzeit

Frage 2

Welche Aussage zu Wechselstrom trifft zu?

- A Er fließt kontinuierlich in eine Richtung.
- B Er wird hauptsächlich in batteriebetriebenen Geräten verwendet.
- C Er kann leichter Herzrhythmusstörungen auslösen als Gleichstrom.
- D Er ist im Allgemeinen ungefährlicher als Gleichstrom.
- E Er ist ein Risikofaktor für Stromunfälle beim Einsatz von Smartphones.

Frage 3

Was ist ein Lichtbogen?

- A Ein elektrischer Schlag durch direkten Kontakt.
- B Ein Stromfluss durch ionisierte Luft.
- C Eine Art von Gleichstrom.
- D Eine Einheit zur Messung des elektrischen Widerstandes.
- E Eine elektrische Aufladung sehr trockener Luft.

Frage 4

Was ist die Schrittspannung?

- A Die Spannung, die zwischen 2 Füßen auftritt, wenn man in einen Stromkreis tritt.
- B Die Spannung, die an einer Steckdose anliegt.
- C Die Spannung, die zwischen Hochspannungsleitungen herrscht.
- D Die Spannung, die zum Auslösen eines Fehlerstrom-Schutzschalters führt.
- E Die Potenzialdifferenz zwischen 3 Punkten, die jeweils eine Schrittlänge voneinander entfernt sind.

Frage 5

Welche Aussage zum elektrischen Widerstand trifft zu?

- A Er wird in Volt gemessen.
- B Er ist bei Leitern wie Kupfer sehr hoch.
- C Er behindert den Fluss des elektrischen Stroms.
- D Er ist bei Isolatoren wie Kunststoff sehr gering.
- E Es kann bei gleicher Spannung, aber höherem Widerstand, mehr Strom fließen.

Frage 6

Welches Organ ist bei einem Stromunfall besonders gefährdet?

- A Leber
- B Nieren
- C Herz
- D Magen
- E Haut

Frage 7

Welche Aussage zu Stromunfällen trifft zu?

- A Sie sind in Deutschland sehr häufig.
- B Sie erfordern kein spezifisches Wissen im Rettungsdienst.
- C Sie können durch einen offenen Stromkreis verursacht werden.
- D Sie können zu neurologischen Schäden führen.
- E Bei Blitzeinschlägen ist fast immer nur eine Person betroffen.

Frage 8

Was ist der Freilassstrom?

- A Die Stromstärke, bei der ein Fehlerstrom-Schutzschalter auslöst.
- B Die Stromstärke, bei der ein Mensch einen elektrischen Schlag spürt.
- C Die Stromstärke, bei der ein Mensch die Stromquelle nicht mehr loslassen kann.
- D Die Stromstärke, die in Hochspannungsleitungen fließt.
- E Gleichstrom mit einer Stromstärke von ca. 60mA und Wechselstrom bei einer Stromstärke von ca. 20mA.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite...

Punkte sammeln auf CEE.thieme.de

Frage 9

Welche Aussage zu Elektroschockwaffen (Taser) trifft zu?

- A Sie verwenden Stromstärken über der lebensbedrohlichen Flimmerschwelle.
- B Sie verursachen immer schwere Organschäden.
- C Sie können im Distanzmodus und im direkten Hautkontakt angewendet werden.
- D Sie sind für Rettungskräfte ungefährlich.
- E Die Stromstärke liegt zwischen 2 und 2,5mA.

Frage 10

Welche der folgenden Maßnahmen ist nicht korrekt bei der Versorgung eines Stromunfallopfers?

- A Eigenschutz gewährleisten und die Stromquelle abschalten oder entfernen.
- B Erst mit der Reanimation beginnen, wenn die Person nicht mehr mit der Stromquelle in Kontakt ist.
- C Das ABCDE-Schema anwenden und lebensbedrohliche Zustände behandeln.
- D Ein 12-Kanal-EKG durchführen, um Herzschädigungen auszuschließen.
- E Bei einem Blitzeinschlag ist eine schnelle Triage entscheidend und die Patienten mit einem Herz-Kreislauf-Stillstand oder einem Atemstillstand werden nachrangig behandelt.