

Redaktion

B. Dirks, Ulm
R. Somasundaram, Berlin
C. Waydhas, Essen
U. Zeymer, Ludwigshafen



Punkte sammeln auf...

springermedizin.de/ eAkademie

Teilnahmemöglichkeiten

Diese Fortbildungseinheit steht Ihnen als e.CME und e.Tutorial in der Springer Medizin e.Akademie zur Verfügung.

- e.CME: kostenfreie Teilnahme im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- e.Tutorial: Teilnahme im Rahmen des e.Med-Abonnements

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Für Rettungsassistenten und -sanitäter ist diese Fortbildungseinheit von der Akademie für Rettungsdienst und Gefahrenabwehr der Landesfeuerwehrschule Hamburg sowie der Feuerwehr München mit 3 Stunden Fortbildung zertifiziert und damit bundesweit anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die in der e.Akademie erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH
Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
E-Mail: kundenservice@springermedizin.de

CME Zertifizierte Fortbildung

A. Bartsch

Abteilung für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin,
Waldkrankenhaus, Evangelische Kliniken Bonn

Strom- und Blitzunfall

Zusammenfassung

Im Notarztdienst ist der Stromunfall ein seltenes, jedoch für Patient und Helfer potenziell lebensbedrohliches Ereignis. Die weitaus meisten Fälle spielen sich im Bereich des Haushaltsstroms ab (240–400 V Wechselstrom). Hier ist v. a. die Auswirkung auf das Herz mit Auslösung von Kammerflimmern lebensbedrohlich. Im Bereich der Hochspannung (>1000 V) in Industrie- und Bahnanlagen und beim Blitzunfall tritt die Verbrennung durch den Lichtbogenüberschlag in den Vordergrund. Zusätzlich sind Schädigungen v. a. des neuromuskulären Gewebes möglich. Außerdem sind Sekundärverletzungen durch Schreck, Sturz und Muskelkontraktion zu bedenken. Vorrang vor den Erstmaßnahmen der Helfer muss zunächst deren Eigensicherung haben: Abschalten der Stromquelle, bei Starkstrom zusätzlich Erdung vor und hinter der Unfallstelle. Die medizinische Therapie richtet sich nach den im Vordergrund stehenden Befunden. Nach Stabilisierung des Patienten wird dieser unter ärztlicher Begleitung in ein kardiologisches, traumatologisches oder Verbrennungszentrum transportiert.

Schlüsselwörter

Stromunfall · Haushaltstrom · Hochspannung · Lichtbogenverbrennungen · Blitzunfall

Die allermeisten Fälle betreffen den Haushaltsstrom (240–400 V)

Haushaltsstrom kann bei Durchströmung des Myokards unmittelbar Kammerflimmern auslösen

Beim Gleichstrom ist die Wahrscheinlichkeit, die vulnerable Phase des aufsteigenden T im Herzrhythmus zu treffen, deutlich geringer als beim Wechselstrom

Lernziele

Nach Lektüre dieses Beitrags kennen Sie

- die Gefahren des elektrischen Stroms und eines Blitzschlags und deren Schädigungsmechanismen auf den menschlichen Organismus,
- die unterschiedlichen Auswirkungen von Nieder- und Hochspannung,
- Maßnahmen der Eigensicherung,
- die therapeutischen Erstmaßnahmen.

Hintergrund

In Deutschland werden jährlich etwa 100 Todesfälle bei rund 4000 Stromunfällen registriert. Im einzelnen Notarztdienst ist der Stromunfall damit ein seltenes Ereignis, das höchstens einmal unter 1000 Einsätzen vorkommt.

Die allermeisten Fälle betreffen den Haushaltsstrom (240–400 V), im industriellen Starkstrombereich ist allerdings die Wahrscheinlichkeit des tödlichen Ausgangs mit 30% 10-fach höher als im Haushaltsbereich. Das ERC („European Resuscitation Council“) geht von 0,54 Todesfällen pro 100.000 Einwohnern und Jahr aus (Soar et al. [1], S 710–712).

Daten und Definitionen

Niederspannungsunfall

Beim Niederspannungsunfall (<1000 V, z. B. Haushaltstrom, 230 V Wechselstrom bzw. 400 V sog. Drehstrom) steht die Stromwirkung auf das **Herz** im Vordergrund der Schädigung des Organismus. Der Haushaltsstrom mit seiner kurzen Wechselfrequenz von 50 Hz ist bei Durchströmung des Myokards in der Lage, unmittelbar Kammerflimmern auszulösen.

Gleichstromunfall

Beim Gleichstromunfall (z. B. Straßen- und Stadtbahnen, 500–1200 V) tritt die Gewebeschädigung gegenüber Wechselstrom erst bei etwa 4-fach höherer Stromstärke ein. Da es aber nur zu einem einzigen Einschaltimpuls kommt, ist die Wahrscheinlichkeit, die vulnerable Phase der aufsteigenden T-Welle im Herzrhythmus zu treffen (und damit Rhythmusstörungen bis hin zum Kammerflimmern auszulösen), deutlich geringer als beim Wechselstrom.

Electrical and lightning accidents

Abstract

In medical emergency systems, electrical accidents are rare but potentially life-threatening events for patients, bystanders and emergency medical service (EMS) personnel. Most of the accidents are related to domestic surroundings (240–400 V AC) where the activation of cardiac ventricular fibrillation is the most life-threatening effect. High voltage current (> 1000 V) in industrial facilities and railway systems cause burn injuries due to arc-over. Additionally, damage of the heart and brain is possible which also applies to lightning strikes. Moreover, secondary injuries due to shock, crashing down and muscular contraction have to be considered. Safeguarding bystanders and EMS personnel is considered as the priority to basic life support by first switching off the current as well as electrical grounding in front of and behind the accident site. Medical treatment is individualized depending on the main symptoms and after stabilization, the patient is transported and accompanied to a cardiological, traumatological or burns center.

Keywords

Electric injuries · Domestic current · High voltage current · Burns, electric · Lightning injuries

Hochspannungsunfall

Beim Hochspannungsunfall (>1000 V) ist zwar ebenfalls eine kardiale Wirkung möglich, im Vordergrund steht aber die dem Stromfluss vorausgehende **Verbrennung** durch den **Lichtbogenüberschlag** (sog. Störlichtbogen) mit Temperaturen von mehreren Tausend Grad Celsius. Die Deutsche Bahn (DB) unterhält ein eigenes Stromnetz mit 15.000 V mit niedriger Taktfrequenz (16 2/3 Hz), die Stromversorgungsunternehmen transportieren Strom mit Spannungen bis 380 kV.

Blitzunfall

Er führt mit seinen extremen Spannungen (bis 100 Mio. V), Stromstärken (bis 300.000 A) und Temperaturen (bis 50.000°C) zur **vollständigen Körperzerstörung** – es sei denn, die extrem kurze Blitzwirkung (1/10.000 s) trifft den Organismus nur tangential (■ Tab. 1). In diesem Fall sind neben oft schweren Verbrennungen und extensiven Gewebeerstörungen auch eine (meist passagere) Atemlähmung durch ZNS-Irritation (ZNS: Zentralnervensystem) und die Auslösung von Kammerflimmern möglich (Veröffentlichungen der BG Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, Köln, Downloads unter <http://www.bgetem.de>, [2, 6, 7]).

Stromwirkungen auf den menschlichen Organismus

Gewebeschäden durch elektrischen Strom entstehen durch direkte Zellschädigung, Hypoxie, Elektrolyse und durch Konversion von elektrischer Energie in Hitze [8].

Körperwiderstand

Der Strom muss zunächst den individuell sehr unterschiedlichen **Hautwiderstand** überwinden: Die feuchte Haut eines Kindes hat einen Widerstand von einigen Hundert Ohm, während dieser bei der schwieligen Hand eines Arbeiters, wenn sie trocken ist, bei einigen Millionen Ohm liegen kann. Das ist aber nur für Sekundenbruchteile von Bedeutung: Spannungsabhängig erfolgt der Hautdurchbruch des Stromflusses im Bereich zwischen 70 und 100 V. Deshalb ist die maximale Berührungsspannung in Deutschland auf 50 V Wechselstrom oder 120 V Gleichstrom festgesetzt. Für Spielzeug und Medizingeräte gilt die Hälfte dieser Werte. Nach dem Hautdurchbruch ist praktisch nur noch der **Körperinnenwiderstand** wirksam, der bei relativ geringer individueller Streuung mit 1100–1200 Ω angesetzt wird.

Übergangswiderstand (Fußboden, Schuhe, Handschuhe)

Er kann den Hautwiderstand weit übertreffen und damit die Stromwirkung reduzieren oder verhindern. So haben neue Schuhe mit dicken Gummisohlen einen Widerstand von etwa 70.000 Ω, abgetragene und feuchte Ledersohlen hingegen nur von etwa 70 Ω.

Herzwirksamer Stromweg

Für die Wirkung des Stroms auf das Herz ist dessen Weg zwischen Ein- und Austrittspforte maßgeblich. Der herzwirksame Teilstrom ist am größten, wenn der Strom das Herz direkt durchfließt, z. B. bei direktem Kontakt zum Brustkorb, aber auch bei einem Stromfluss von Arm zu Arm. Geringer ist der herzwirksame Teilstrom beim Stromfluss von Arm zu Bein oder Bein zu Bein (Soar et al. [1], S 710–712). Die Inzidenz einer kardialen Beteiligung beim Stromunfall wird mit rund 15% angegeben.

Stromstärke und Einwirkdauer

Bei der haushaltsüblichen Spannung von 230 V hängt die Stromwirkung neben Spannung, Frequenz und Stromstärke in Abhängigkeit von Körper- und Übergangswiderständen von der Einwirkungszeit, der Größe der Berührungsfläche und dem Weg, den der Strom durch den Körper nimmt, ab. Bei 10 mA wird die sog. Loslassgrenze erreicht, **Muskelverkrampfungen** lassen dann eine willkür-

Tab. 1 Physikalische Parameter beim Blitzschlag. (Nach [2, 3, 4, 5])

Stromstärke	20.000–300.000 A
Spannung	50–100 Mio. V
Temperatur	30–50.000°C
Zeit	0,001–0,0001 s

Der Hautdurchbruch des Stromflusses erfolgt spannungsabhängig im Bereich zwischen 70 und 100 V

Der herzwirksame Teilstrom ist am größten, wenn der Strom das Herz direkt durchfließt

Bei 10 mA wird die sog. Loslassgrenze erreicht

liche Bewegung und Lösung aus dem Stromkreis nicht mehr zu.

Fallbericht 1. Zwei junge Menschen sitzen in der Badewanne. Der Mann greift nach einer Stehlampe, die wegen defekter Deckenbeleuchtung im Bad steht. Die Lampe ist ebenfalls defekt, der Fuß aus Metall führt Strom: Der Mann wird sofort bewusstlos und läuft blau an (vermutlich Kammerflimmern – sog. herzwirksamer Teilstrom). Die Frau kann sich unter der Stromeinwirkung nicht bewegen (sog. Loslassgrenze), aber schreien. Dadurch wird der in der Wohnung anwesende Bruder alarmiert, der im Flur die Sicherung ausschalten kann. Dadurch kann die Frau aus der Wanne aussteigen. Beide versuchen, den leblosen Mann zu reanimieren, von der nahe gelegenen Feuer- und Rettungswache kommt schnell Hilfe: Der Mann überlebt ohne Residuen [9].

Herzrhythmusstörungen und bei längerer Einwirkung **Bewusstlosigkeit** durch zerebrale Krämpfe können bei Stromstärken zwischen 25 und 50 mA auftreten, zwischen 50 und 100 mA (bei Stromweg mit Herzkontakt) kommt es zum **Kammerflimmern**.

Merke. Mit 200 mA (bei 1000 Ω Körperwiderstand) lauert in jeder Steckdose eine 2- bis 4-fach tödliche Dosis!

Für die kardiale Stromwirkung ist eine **Einwirkzeit** von mehreren 100 ms erforderlich. Ist sie sehr kurz (z. B. 1 ms bei Elektrozäunen oder der Zündspule im Auto oder 20 ms beim Defibrillator), werden Spannungsspitzen bis 10.000 V vertragen (Veröffentlichungen der BG Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, Köln, Downloads unter <http://www.bgetem.de>; Soar et al. [1], S 710–712, [2, 3, 7]).

Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter) können im Bereich des Haushaltsstroms zuverlässig eine Schädigung des Organismus verhindern, indem sie einen Fehlerstrom von nur 30 mA erkennen und den Strom innerhalb von 100 ms abschalten. Leider sind diese Schalter nur in neuen Stromanlagen vorgeschrieben und daher noch unzureichend verbreitet. Der übliche Sicherungsautomat ist zu träge, um eine Schädigung des Organismus zu verhindern und wird überdies nur beim Kurzschluss aktiv. Ein in die Badewanne gefallener Fön kann daher den darin liegenden Patienten durch Kammerflimmern töten, dann im Laufe von Stunden das Wasser erhitzen und schließlich die hinzukommenden Einsatzkräfte in Lebensgefahr bringen, weil das System immer noch unter Spannung steht. Der Sicherungsautomat spricht in diesem Fall ohne Fehlerstromschalter nicht oder nicht zuverlässig an [7].

Strommarken

Ein- und Austrittspforten des Stroms können die Größe von Geldstücken haben, sind oft aber nur als winzige Nekrosepunkte auf der Haut zu erkennen (■ **Abb. 1**). Diese Verletzungen können einen Hinweis auf Stromkontakt geben (etwa bei unklarer Todesursache). Die äußerlich oft unscheinbaren Läsionen dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass sich die Nekrose in der Tiefe ausdehnen kann und u. U. eine chirurgische Intervention erfordert.

Merke. Das Fehlen von Strommarken schließt einen Stromunfall nicht aus!

Wie bei jeder traumatischen Schädigung kommt der **Anamnese** eine wichtige Bedeutung zu. Der Patient selbst, Umstehende, Angehörige und die **Beobachtung der Umgebung** können Hinweise auf einen Stromunfall geben.

Lichtbogenverbrennung

Im Hochspannungsbereich verliert die Stromwirkung auf die inneren Organe und v. a. das Herz an Bedeutung, weil in der zeitlichen Abfolge vor der möglichen Stromwirkung der Lichtbogenüberschlag mit Temperaturen von 4000–20.000°C mit der Folge teilweise **großflächiger Verbrennung**



Abb. 1 ▲ Winzige Hautläsionen als möglicher Hinweis auf einen Stromunfall, hier nach Kontakt mit dem Netzteil eines Verstärkers. (Aus [2])

Mit 200 mA lauert in jeder Steckdose eine 2- bis 4-fach tödliche Dosis

Fehlerstromschutzschalter können im Bereich des Haushaltsstroms zuverlässig eine Schädigung des Organismus verhindern

Das Fehlen von Strommarken schließt einen Stromunfall nicht aus



Abb. 2 ▲ Durch Lichtbogenüberschlag von der Stromleitung mit 110 kV in den Ladekran in Brand gesetzter LKW-Reifen, auf dem Asphalt sichtbarer schwarzer Schuhabdruck des Sicherheitsschuhs. (Aus [2])



Abb. 3 ▲ Strommarken an der Ein- und Austrittsstelle an der den Kran bedienenden Hand. (Aus [2])

hier sind neben der Verbrennung alle Formen sekundärer Traumafolgen durch die mit dem Blitzschlag einhergehende Druck- und Hitzewelle zu erwarten. Ebenso sind kardiale und zentrale Irritationen vom Kammerflimmern bis zur zentralen Atemlähmung möglich [2, 3, 4, 6].

gen steht. Die zugehörige **Druckwelle** kann zusätzliche Sturzverletzungen verursachen. Trotzdem sind auch in diesem Fall elektrisch induziertes Kammerflimmern oder Arrhythmien ebenso wie zentrale Atemstörungen möglich. Lichtbogenverbrennungen sind auch im Niederspannungsbereich unter 1000 V (z. B. am Eingangsverteiler im Wohnhaus und an Schalttafeln) möglich (Veröffentlichungen der BG Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, Köln, Downloads unter <http://www.bgetem.de>; [2, 3, 7]).

Fallbericht 2. Beim Versetzen eines Lichtmasts kommen die Arbeiter einer Fachfirma mit dem LKW-Ladekran (LKW: Lastkraftwagen) in die Nähe einer darüber liegenden 110-kV-Stromleitung. Der Lichtbogenüberschlag setzt die LKW-Reifen in Brand (▣ **Abb. 2**), der Arbeiter an den Bedienhebeln des LKW-Krans erleidet Verbrennungen in Gesicht und Arm sowie 2-Euro-große Strommarken an Hand und Fuß (▣ **Abb. 3, 4, 5**). Der Sicherheitsschuh hinterlässt einen schwarzen Abdruck auf dem Asphalt (▣ **Abb. 2**). Zwei Zehen müssen amputiert werden. Der andere Arbeiter – er hatte nur mit dem Fuß Kontakt zum Lichtmast – erleidet neben Verbrennungen am Fuß eine absolute Arrhythmie, die vom Notarzt mit Verapamil konvertiert werden kann. Beide Arbeiter sind nach unterschiedlicher Rekonvaleszenz wieder berufstätig.

Sekundäre Verletzungen

Bei längerer Einwirkung von Wechselstrom nimmt die Wärmewirkung zu, neben **Sehnenausrissen, Frakturen** und **Luxationen** durch tetanische Muskelkontraktion kann es zu **Sturzverletzungen** und auch zu **Ertrinkungsunfällen** in der Badewanne kommen. Dies gilt in besonderem Maße für Starkstromunfälle mit Lichtbogenüberschlag, wo neben der hochgradigen Verbrennung der betroffenen Hautareale alle weiteren Verletzungen in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus möglich sind.

Blitzschlag

Die unvorstellbar hohen physikalischen Parameter der Blitzentladung (▣ **Tab. 1**) werden in der Fachliteratur mit großer Schwankungsbreite angegeben. Selbst bei einer Schwankungsbreite um den Faktor 10 und im Einzelfall günstigsten Annahmen kann ein Blitzschlag nur überlebt werden, wenn die Blitzwirkung den menschlichen Organismus nicht direkt, sondern nur partiell tangiert. Der **extrem kurzzeitige Kontakt** von bis zu einer 1/10.000 s birgt eine weitere Überlebenschance. Auch

Lichtbogenverbrennungen sind auch im Niederspannungsbereich unter 1000 V möglich

Ein Blitzschlag kann nur überlebt werden, wenn die Blitzwirkung den menschlichen Organismus nur partiell tangiert

Ausschalten der Sicherung im Haushalt, evtl. das Ziehen des Netzsteckers, sind elementare Sicherungsmaßnahmen beim Niederspannungsunfall

Beim Hochspannungsunfall gibt es für Laien vor Abschluss der von Fachleuten durchzuführenden Sicherungsmaßnahmen keine Hilfsmöglichkeiten

Das Annähern an den Fahrdrabt der Eisenbahn kann den Lichtbogenüberschlag auslösen

Im Einzelfall kann das Warten auf Fachleute den Tod des Opfers bedeuten – Ungeduld brächte aber zusätzlich die Retter in Lebensgefahr

Fallbericht 3. Bei einer Flugschau kommt es bei einem schnell aufziehenden Gewitter zum Blitzschlag, ehe alle Besucher die schützenden Hallen erreichen können. Zwei Personen sind sofort leblos. Eine Frau mit Atemstillstand kann erfolgreich reanimiert werden, ein Mann überlebt trotz sofortiger Wiederbelebung aufgrund erheblicher kardialer und zentraler Schädigung den Unfall nicht. Weitere Personen erleiden Prellungen und Schock, durch das Großaufgebot der bereits zur Veranstaltungssicherung anwesenden Rettungskräfte und Notärzte können alle Patienten kurzfristig versorgt werden [10].

Eigensicherung

Oberstes Gebot beim Stromunfall ist die Vermeidung weiterer Unfälle durch die Rettungskräfte selbst, daher genießt die Eigensicherung **höchste Priorität**. Ausschalten der Sicherung im Haushalt, evtl. das Ziehen des Netzsteckers, sind beim Niederspannungsunfall auch im Rahmen der Laienhilfe möglich. Besondere Vorsicht ist bei **Feuchtigkeit** (Baustelle, Rasenmäher, Badezimmer) angezeigt. Auch an die Gefahr des **neuerlichen Einschaltens** ist zu denken – z. B. weil jemand für das Notfallteam Licht machen will.

Merke. Beim Hochspannungsunfall gibt es für Laien keine Hilfsmöglichkeiten, bevor Fachleute vor Ort sind und den Strom abgeschaltet, vor Wiedereinschaltung gesichert und den Stromleiter vor und hinter der Einsatzstelle geerdet haben.

Erdungsstangen sind z. B. im Bahnhofsbereich vorhanden, fachkundiges Personal ist jedoch nicht immer sofort zur Stelle. Die Feuerwehr ist zwar sachkundig, aber auch sie hält sich meist zurück, bis Fachleute der Bahn oder der Elektrizitätsgesellschaft vor Ort sind. Im Betriebsbereich der DB ist für die Rettungskräfte äußerste Vorsicht angezeigt.

Das Annähern an den Fahrdrabt der Eisenbahn (15.000 V) kann den Lichtbogenüberschlag auslösen. Ein **Mindestabstand** von 1,5 m ist deshalb unbedingt einzuhalten, bis Bedienstete der Bundesbahn (Techniker oder sog. Notfallmanager) nach dem Abschalten Erdungsstangen vor und hinter der Unglücksstelle angebracht haben (sog. Bahnerdung). Die mündliche Mitteilung, es sei abgeschaltet, reicht nicht aus. Dies gilt auch in dramatischen Fällen, z. B. wenn spielende Kinder auf dem Eisenbahnwagen eine Lichtbogenverbrennung durch Annäherung an den Fahrdrabt erlitten. Im Einzelfall kann das Warten auf Fachleute den Tod des Opfers bedeuten – Ungeduld brächte zusätzlich die Retter in Lebensgefahr.

Zwar ist bei Straßen- und U-Bahnanlagen die Spannung (500–1200 V Gleichstrom) wesentlich niedriger als bei den Anlagen der DB, trotzdem gelten für Laien auch hier dieselben Sicherheitsabstände zum Fahrdrabt wie bei der Eisenbahn – zumal im Bahnhofsbereich für Nichtfachleute oft schwer erkennbar ist, welches Gleis zur Eisenbahn und welches zur Stadtbahn gehört. Unter einer Straßen- oder Stadtbahn im Bereich der Schienen und Räder besteht für Retter keine Gefahr durch



Abb. 4 ▲ Strommarken am Fuß trotz Sicherheitsschuh, Zerstörung des 4. und 5. Strahls bis in den Mittelfuß. (Aus [2])



Abb. 5 ▲ Durch Stromfluss auf der Kontaktfläche fast eingeschmolzener, wie neu wirkender Sicherheitsschuh (s. schwarzen Schuhabdruck auf dem Asphalt in Abb. 2). (Aus [2])

Tab. 2 Sofortmaßnahmen nach Stromunfall

Kammerflimmern	Reanimation und Defibrillation
Arrhythmien	Antiarrhythmika bei systemischer Auswirkung, begleiteter Transport zu einer kardiologischen Intensivstation
Bewusstseinsstörung, Polytrauma, Schock, Ateminsuffizienz	Intubation, Beatmung, Volumentherapie
Verbrennung	Infusion, Analgesie, Kühlung nur bei kleinen Wunden, möglichst Transport in ein Verbrennungszentrum

Strom, allerdings ist der Kontakt zu den – meist abgedeckten – Stromschienen und Stromabnehmern zu vermeiden.

Zusätzliches Augenmerk der Rettungskräfte muss dem **laufenden Zugverkehr** gelten – nicht selten fahren Züge auf dem Nachbargleis in wechselnden Fahrtrichtungen durch die Einsatzstelle und bringen die Rettungskräfte in Lebensgefahr. Auch hier ist der Hinweis, die Strecke sei gesperrt, genau zu hinterfragen – oft wird nur ein Gleis gesperrt. Faxmitteilungen der zuständigen Zugleitungszentrale an die Feuerwehr- und Rettungsleitstelle erhöhen die Informationssicherheit.

Bei Hochspannungsleitungen der Energieversorger erhöht sich der notwendige Sicherheitsabstand auf 5 m bei 380 kV. Vorsicht und Abstand sind auch bei herunterhängenden Leitungen mit Bodenkontakt nach Beschädigung der Masten durch Unwetter, Unfall oder Anschlag zu wahren (**Spannungstrichter** im Boden bis 10 m Radius bei der Eisenbahn, 20 m bei Überlandleitungen). Aus dem Bereich des Spannungstrichters um eine beschädigte Stromleitung herum sollte man sich

nur sehr kleinschrittig oder hüpfend entfernen, da mit der Schrittlänge die Potentialdifferenz und damit die Stromstärke steigen [2, 3, 4, 5, 6, 11, 12]. Beschädigte Stromleitungen stellen eine anhaltende Gefahr dar, da sowohl bei der Bahn als auch bei den Stromversorgungssystemen nach einem Kurzschluss mit kurzfristiger Abschaltung automatisch Prüfströme mit derselben Stärke und Spannung eingespeist werden.

Therapie

Sofortmaßnahmen

Bei Kammerflimmern sind nur die sofortige kardiopulmonale Reanimation und Defibrillation lebensrettend (■ **Tab. 2**). Kaum eine Wiederbelebungssituation ist wegen der normalerweise guten Ausgangslage der Patienten (meist bis dato gesunde junge Menschen) so gut geeignet, den Nutzen der Erst- und Laienhilfe hervorzuheben. Das gilt auch – falls der Notarzt nicht zugleich mit den Rettungskräften eintrifft – für den Effekt der Frühdefibrillation durch Ersthelfer oder ersteintreffende Rettungseinsatzkräfte.

Wird ein Stromschlag überlebt und bestehen am Unfallort keine Bewusstseins- oder Rhythmusstörungen [EKG-Monitoring (EKG: Elektrokardiogramm)] und keine gravierenden Weichteilverletzungen oder Verbrennungen, ist mit dem späteren Auftreten von **Arrhythmien** nicht zu rechnen. Die vielerorts noch übliche EKG-Überwachung für 24 h ist laut ERC daher unter diesen Voraussetzungen entbehrlich (Soar et al. [1], S 710–712). Bestehen aber Rhythmusstörungen – meist ventrikuläre Extrasystolen oder Tachykardien – sind die Überwachung und Therapie auf einer kardiologischen Intensivstation obligat (Soar et al. [1], S 710–712, [13]). Eine Leitlinienempfehlung oder eine eindeutige Datenlage zur antiarrhythmischen Therapie nach Stromunfall gibt es nicht. Bei symptomatischer Arrhythmie kann der Notarzt in Analogie zur ERC-Empfehlung bei Kammerflimmern die Behandlung mit 150–300 mg Amiodaron (langsam i.v.) erwägen (■ **Tab. 2**).

Die Verbrennungsbehandlung nach Lichtbogenüberschlag unterscheidet sich nicht von den üblichen Versorgungsprinzipien der Verbrennung: Infusion, Analgesie, Kühlung nur bei kleinen Wunden. Die primäre Zuweisung in ein Verbrennungszentrum ist – in Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten und einer Erreichbarkeit binnen 30 min – anzustreben (■ **Tab. 2**). Übersteigt der Transportweg 30 min, soll der Patient zunächst in einem geeigneten Krankenhaus vor Ort versorgt und stabilisiert werden, danach kann von dort sekundär eine Verlegung organisiert werden [2, 14, 15].

Mögliche **Sekundärverletzungen** sind abhängig vom Unfallmechanismus zu erwägen und gemäß den spezifischen Versorgungsprinzipien zu therapieren. Es gelten die allgemeinen Grundsätze der Traumatologie.

Bei Hochspannungsleitungen der Energieversorger erhöht sich der notwendige Sicherheitsabstand auf 5 m bei 380 kV

Beschädigte Stromleitungen stellen aufgrund der automatisch eingeleiteten Prüfströme eine anhaltende Gefahr dar

Bei Kammerflimmern sind nur sofortige kardiopulmonale Reanimation und Defibrillation lebensrettend

Die Verbrennungsbehandlung nach Lichtbogenüberschlag unterscheidet sich nicht von den üblichen Versorgungsprinzipien bei Verbrennungen

Klinikaufnahme

Primär ist nach einem Stromunfall auch bei vermeintlich harmlosem Verlauf der Transport in eine traumatologische oder ggf. kardiologische Abteilung anzustreben. Hier kann nach sorgfältiger traumatologischer Abklärung und nochmaliger EKG-Diagnostik in Ruhe über eine stationäre Aufnahme oder Entlassung bei Beschwerdefreiheit entschieden werden.

Fazit für die Praxis

- Die Eigensicherung hat höchste Priorität:
 - Bei Stromunfällen im Haushalt müssen die Stecker gezogen oder die Sicherung ausgeschaltet werden.
 - Bei Hochspannung muss immer auf technische Hilfe gewartet werden.
 - Vom Fahrdrat der Eisenbahn ist ein Sicherheitsabstand von 1,5 m einzuhalten.
- Der Vitalcheck umfasst die Prüfung von Puls, Atmung und Bewusstsein. Gegebenenfalls sind – je nach Patientenstatus – eine sofortige Reanimation, die Gabe von Sauerstoff, Intubation und Beatmung indiziert.
- Bei mittels EKG nachgewiesenem Kammerflimmern besteht die Indikation zur Defibrillation, bei Arrhythmien zur Rhythmustherapie unter Intensivüberwachung.
- Basistherapeutische Maßnahmen sind die Anlage einer Infusion und die Herstellung einer suffizienten Analgesie.
- Die Haut muss auf Strommarken und Verletzungen untersucht werden, deren Fehlen schließt allerdings einen Stromeinfluss nicht aus.
- Verbrennungswunden müssen steril abgedeckt werden.
- Der Transport in ein Verbrennungszentrum ist zu erwägen.

Korrespondenzadresse



Dr. A. Bartsch

Abteilung für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin,
Waldkrankenhaus, Evangelische Kliniken Bonn
Waldstraße 73, 53177 Bonn
andreas.bartsch@ek-bonn.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. A. Bartsch gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht. Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Soar J, Perkins GD, Abbas G et al (2010) Kreislaufstillstand unter besonderen Umständen: Elektrolytstörungen, Vergiftungen, Ertrinken, Unterkühlung, Hitzekrankheit, Asthma, Anaphylaxie, Herzchirurgie, Trauma, Schwangerschaft, Stromunfall. *Notfall Rettungsmed* 13:679–722
2. Bartsch A (2013) Elektrounfall, Blitzschlag. In: Dirks B (Hrsg) *Die Notfallmedizin*. Springer, Berlin Heidelberg New York
3. Fontanarosa PB (1993) Electrical shock and lightning strike. *Ann Emerg Med* 22:378–387
4. Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) des VDE (2012) Merkblatt Unfälle durch Blitzeinwirkung. VDE, Frankfurt. <http://www.vde.com/blitz-unfaelle>. Zugegriffen: 20.09.2013
5. Lederer W, Wiedermann FJ, Cerchiari E, Baubin MA (1999) Electricity-associated injuries I: outdoor management of current-induced casualties. *Resuscitation* 43:69–77
6. Zack F, Rothschild MA, Wegener R (2007) Blitzunfall – Energieübertragungsmechanismen und medizinische Folgen. *Dtsch Arztebl* 104:B3124–B3128
7. Biegelmeier G, Kieback D, Kiefer G, Krefter KH (2003) VDE-Schriftenreihe: Gefahren durch elektrischen Strom, 2. Aufl. VDE, Berlin
8. Lee RC (1997) Injury by electrical forces: pathophysiology, manifestations, and therapy. *Curr Probl Surg* 34:677–764
9. Bartsch A, Fischer M (1993) Stromschlag in der Badewanne: Patient nicht anfassen! *Arztl Prax* 45(46):11–13
10. Diepenseifen C, Schewe J-C, Malotki F, Conrad H (2009) Blitzunfall bei Flugschau. *Notfall Rettungsmed* 12:523–530
11. Lederer W, Kroesen G (2005) Notfallmedizinische Versorgung von Blitz- und Stromschlagverletzungen. *Anaesthesist* 54:1120–1129
12. Lederer W, Wiedermann FJ, Cerchiari E, Baubin MA (2000) Electricity-associated injuries II: outdoor management of lightning-induced casualties. *Resuscitation* 43:89–93
13. Klose R (1999) EKG-Überwachung bei Stromunfällen. *Anaesthesist* 48:657–658
14. Krämer PF, Grützner PA, Wölfl CG (2010) Versorgung des Brandverletzten. *Notfall Rettungsmed* 13:23–30
15. Wölfl CG, Wölfl A, Wentzensen A, Gregory H von (2007) Notfallmanagement von Schwerbrandverletzten. *Notfall Rettungsmed* 10:375–387

CME-Fragebogen

Bitte beachten Sie:

- Teilnahme nur online unter: springermedizin.de/eAkademie
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

? Welche Aussage ist richtig? Wechselstromunfälle mit Niederspannung...

- sind ungefährlich, weil das Herz bei Niederspannung nicht vom Strom erreicht wird.
- machen die Hälfte der erfassten Stromunfälle aus.
- können keine Verbrennung erzeugen.
- können durch Auslösen von Kammerflimmern unmittelbar zum Herz-Kreislauf-Stillstand führen.
- weisen immer Strommarken an der Ein- und Austrittsstelle auf.

? Welche Aussage ist richtig? Blitzunfälle können überlebt werden, ...

- weil der Blitzschlag keine Herzrhythmusstörungen auslösen kann.
- weil eine mögliche Atemlähmung nur vorübergehend ist.
- wenn der Strom den Organismus nur oberflächlich tangiert.
- weil die vorangehende Druckwelle den Patienten vor der Stromwirkung schützt.
- weil die meisten Blitze den Erdboden nicht erreichen.

? Welche Aussage ist richtig? Beim Stromunfall hat für die Rettungskräfte höchste Priorität:

- das Ableiten eines EKG.
- die Prüfung der Vitalfunktionen.
- die Suche nach einem freien Intensivbett.
- die Eigensicherung und Stromabschaltung.
- die Messung der Stromstärke, um zwischen Hoch- und Niederspannung zu differenzieren.

? Welche Aussage ist richtig? Der vorgeschriebene Sicherheitsabstand zum Fahrrad der DB ...

- beträgt 1 m.
- beträgt weniger als 50 cm.
- beträgt 5 m.
- beträgt 1,5 m.
- ist unerheblich, da die Taktfrequenz des Bahnstroms sehr niedrig ist.

? Welche Aussage ist falsch? Laut ERC 2010 ist nach Stromunfall eine kardiale Überwachung am Monitor für 24 h notwendig bei ...

- Bewusstseinsstörung.
- Rhythmusstörung.
- Weichteilverletzung.
- Verbrennung.
- jedem Stromunfall.

? Welche Aussage ist richtig? Beim Hochspannungsunfall ...

- spielt die Unterscheidung von Gleichstrom und Wechselstrom keine prognostische Rolle.
- ist mit einer kardialen Schädigung nicht zu rechnen, da die Verbrennung durch den Lichtbogen im Vordergrund der Schädigung steht.
- kann es durch massive Muskelkontraktion zu Muskelrissen und Frakturen kommen.
- kann die Feuerwehr den Strom abschalten.
- besteht nach Abschalten des Stroms keine Gefahr mehr.

? Welche Aussage ist richtig? Beim Stromunfall in der Badewanne (z. B. wenn ein stromführendes Gerät ins Wasser fällt) ...

- kommt es zum Kurzschluss und der übliche Sicherungsautomat schaltet zuverlässig ab.
- besteht nach einem Stromschlag keine Gefahr mehr für hinzukommende Personen.
- kann das Vorhandensein eines Fehlerstromschalters (FI-Schalter) den Betroffenen vor einem Stromschlag bewahren.
- kann nichts passieren, weil die Badewanne durch das Abflussrohr geerdet ist.
- kann heute nichts mehr passieren, weil Fehlerstromschalter in allen Badezimmern verbaut sind.

? Welche Aussage ist falsch? Die Stromwirkung auf den Organismus hängt ab ...

- von Stromstärke und Spannung.
- von der Größe der Strommarken.
- vom Übergangs- und Hautwiderstand.
- von der Dauer der Einwirkung.
- vom herzwirksamen Teilstrom.

? Welche Aussage zum Haushaltstrom ist richtig?

- Im Haushalt kann es nicht zu einem Lichtbogen kommen, da die Spannung im Haushalt dafür nicht ausreicht.
- Im Haushalt liegt nur 230-V-Wechselstrom vor.
- Die Grenze zur Hochspannung liegt bei 250 V.
- Auch im Niederspannungsbereich, z. B. an einem Hausverteiler, können Lichtbogenverletzungen auftreten.
- Verbrennungen durch Stromeinwirkung heilen in der Regel problemlos ab.

- ? Welche Aussage zur Gefahr an der Einsatzstelle ist richtig?**
- Nach Blitzschlag darf man betroffene Personen zunächst nicht berühren, da sie aufgeladen sein können.
 - Nach einem Stromschlag besteht im Haushalt keine Gefahr mehr, da der Strom durch den Sicherungsautomat abgeschaltet ist.
 - Bei beschädigten Stromleitungen (Eisenbahn oder Hochspannungsleitung der Energieversorger) besteht nach Bodenkontakt des Kabels keine Gefahr mehr, da der Strom durch den Kurzschluss unterbrochen ist und Restströme bereits in die Erde abgeleitet sind.
 - Nach telefonisch zugesicherter Abschaltung des Stroms durch den Betreiber (DB oder Stromversorger) besteht vor Ort keine Gefahr mehr für Rettungskräfte.
 - Bei Hochspannung besteht auch nach einem Kurzschluss (z. B. durch beschädigte Stromleitungen) anhaltend Lebensgefahr, da nach dem Kurzschluss automatisch ein Prüfstrom mit derselben Spannung eingespeist wird.

Diese zertifizierte Fortbildung ist 12 Monate auf springermedizin.de/eAkademie verfügbar. Dort erfahren Sie auch den genauen Teilnahmeschluss. Nach Ablauf des Zertifizierungszeitraums können Sie diese Fortbildung und den Fragebogen weitere 24 Monate nutzen.



e. Akademie – Automatische Übermittlung Ihrer CME-Punkte an die Ärztekammer

Die in der e.Akademie erworbenen CME-Punkte können auf Ihren Wunsch hin direkt an die Ärztekammer übermittelt werden.

So einfach geht's:

- Einheitliche Fortbildungsnummer (EFN) hinterlegen**
Möchten Sie Ihre in der e.Akademie gesammelten CME-Punkte direkt an Ihre Ärztekammer übermitteln, hinterlegen Sie Ihre EFN bitte bei der Registrierung. Wenn Sie bereits registriert sind, können Sie Ihre EFN jederzeit unter dem Punkt *Meine Daten* nachtragen. Ihre CME-Punkte werden ab sofort automatisch an Ihre Ärztekammer übermittelt.

➤ Weitere Informationen

Weitere Informationen zur elektronischen Punkteübermittlung der Bundesärztekammer finden Sie unter www.eiv-fobi.de.

Teilnehmen und weitere Informationen unter:
springermedizin.de/eAkademie

Unser Tipp: Noch mehr Fortbildung bietet das e.Med-Komplettpaket. Hier stehen Ihnen in der e.Akademie alle Kurse der Fachzeitschriften von Springer Medizin zur Verfügung.

Testen Sie e.Med gratis und unverbindlich unter
springermedizin.de/eMed