

Markieren Sie Begriffe im Text um weitere Informationen zu erhalten.

 Drucken

Thermische Notfälle

 Matthias Klausmeier

42.1 **Wärmelehre**

42.1.1 Wärmeabgabe

42.1.2 Aggregatzustände

42.2 **Hypothermie**

42.3 **Erfrierungen**

42.4 **Hyperthermie**

42.4.1 Sonnenstich

42.4.2 Hitzekrampf

42.4.3 Hitzeerschöpfung

42.4.4 Hitzschlag

42.5 **Verbrennungstrauma**

42.5.1 Beurteilung des Ausmaßes der Brandverletzung

42.5.2 Pathophysiologie des Verbrennungstraumas

42.5.3 Therapierichtlinien

42.6 Strom- und Blitzunfälle

42.6.1 Wirkung der elektrischen Energie auf den Körper

42.6.2 Selbstschutz und Therapie

Fallbeispiel

Notfallmeldung

Die Rettungsleitstelle entsendet um 16 Uhr einen Rettungswagen in ein Pflegeheim, das ca. 8 Min. entfernt ist. Dort läge eine ältere Bewohnerin im Bett und sei nicht mehr auskunftsfähig. Das nächstgelegene Krankenhaus der Grund- und Regelversorgung ist vom Pflegeheim aus in ca. 10 Min. zu erreichen. Es ist ein heißer Sommertag bei 32 °C im Schatten.

Befund am Notfallort

Auf der Station wird die Besatzung von der diensthabenden Pflegerin empfangen, die sie zu der Patientin in ihr Zimmer führt. Im Bett finden sie die ältere Patientin liegend vor, die auf ihr Herantreten nicht reagiert. Sie atmet sichtbar beschleunigt und regelmäßig. Ihre Haut sieht blass aber trocken aus. Auf lautes Ansprechen reagiert die Dame nicht.

Leitsymptome

Bewusstseinsstörung, Tachypnoe.

Inhaltsübersicht

42.1 Wärmelehre

- Die Körperkerntemperatur wird auch bei hoher Umgebungstemperatur durch die Mechanismen der Wärmeabgabe (Wärmestrahlung, Wärmekonvektion, Wärmeleitung und Verdunsten) konstant gehalten.

42.2 Hypothermie

- Als Hypothermie wird das Absinken der Körperkerntemperatur unter 35 °C bezeichnet.
- Bewusstlosigkeit und Kammerflimmern drohen bei Körperkerntemperaturen von unter 28 °C.
- Nur Patienten mit milder Hypothermie dürfen aktiv erwärmt und mobilisiert werden.
- Alle Verfahren zur suffizienten Erwärmung des kritisch unterkühlten Patienten sind der Klinik vorbehalten.

42.3 Erfrierungen

- Erfrierungen verursachen analog dem Verbrennungstrauma einen lokalen Haut- und Gewebeschaden unterteilt in vier Schweregrade.
- Lebensbedrohliche Komplikation einer Erfrierung ist die häufig begleitende Hypothermie des Patienten, deren Behandlung immer Vorrang hat.
- Erfrierungen werden trocken, steril und locker versorgt, ohne dabei Druck auf die Wunde auszuüben (Gefahr der Nekrosebildung).

42.4 Hyperthermie

- Nicht ausreichende Möglichkeit zur Wärmeabgabe mündet in einen sich selbst erhaltenden Kreislauf (Circulus vitiosus) der Hyperthermie mit Sonnenstich, Hitzekrämpfen, Hitzeerschöpfung und Hitzschlag.
- Die Hitzeerschöpfung entsteht durch eine Kombination aus Hyperthermie und Dehydratation.
- Der anstrengungsinduzierte Hitzschlag führt durch den lebensbedrohlichen Anstieg der Körperkerntemperatur ohne lebensrettende Akutbehandlung innerhalb kürzester Zeit zum Tod.

42.5 Verbrennungstrauma

- Verbrennungen und Verbrühungen sind durch thermische Einflüsse ausgelöste morphologische Schädigungen der Haut.
- Das Ausmaß der Verletzung ist von den Faktoren Temperaturhöhe, Einwirkdauer, Flächenausdehnung und Tiefenausdehnung abhängig.

- Zentrale Maßnahmen bei großflächigen tiefgradigen Verbrennungen sind die Analgesie und der Wärmeerhalt.
- Bei Patienten mit einem isolierten Verbrennungstrauma ist für die meist kurze präklinische Versorgungsphase keine übermäßige oder aggressive Infusionstherapie erforderlich.

42.6 Strom- und Blitzunfälle

- Der elektrische Strom kann thermische Schäden verursachen und erregbare Strukturen im menschlichen Körper reizen (Myokard, Muskulatur, Nervensystem).
- Man unterscheidet den direkten vom indirekten Stromschlag.
- Die Gefahr, auch für den Retter, ist bei indirekten Stromflüssen meist nicht sofort ersichtlich. Der indirekte Stromschlag wirkt durch eine Überspannung in einer Leitung, durch Funkenentladung oder Schrittspannung.
- Im Rahmen von Stromunfällen ist auf den Selbstschutz des Rettungsdienstpersonals höchste Aufmerksamkeit zu verwenden. Befindet sich der Patient noch im Gefahrenbereich, ist technische Hilfe anzufordern.
- Erst wenn sichergestellt ist, dass keine Spannung mehr am Stromleiter anliegt, darf sich das Rettungsfachpersonal dem Patienten nähern.
- Das Berühren des Patienten ist vor Abschalten des Stroms verboten.

42.1 Wärmelehre

42.1.1 Wärmeabgabe

Um verschiedene Temperaturen objektiv miteinander vergleichen zu können, ist eine fixe Temperaturskala nötig. Der Abstand zwischen Schmelz- (0 °C) und Siedepunkt (100 °C) des Wassers wird in 100 gleiche Teile geteilt, die jeweils 1 °C entsprechen. Die so geschaffene Temperaturskala ist nach oben und unten offen.

Die meistverwendeten **Temperaturmessgeräte** stellen heute digitale oder Infrarotthermometer dar. Die früher üblichen Quecksilberthermometer sind für den Rettungsdienst aufgrund ihrer langen Messdauer weder geeignet noch generell zugelassen. Geeignet sind dagegen Ohrthermometer oder elektrische Thermometer mit einer unteren Skalengrenze von 20 °C, da sie auch eine schwere Hypothermie sicher erfassen können.

Elektrische Thermometer nutzen elektrische Eigenschaften von Substanzen (z. B.

Widerstandsthermometer, Thermoelemente) aus. Ihr Vorteil liegt in der schnellen Reaktion auf Temperaturschwankungen, die bei Flüssigkeitsthermometern nicht gegeben ist.

Voraussetzung für die **Wärmeausbreitung** sind Temperaturdifferenzen. Der Wärmetransport kann auf drei verschiedene Arten erfolgen: durch Wärmeleitung, durch Wärmekonvektion oder durch Wärmestrahlung.

Erhitzt man Wasser mittels eines Tauchsieders, geschieht nach der Teilchenvorstellung Folgendes: Die elektrische Energie wird in Wärme umgewandelt. Diese wird dazu benutzt, die Moleküle des Heizstabs verstärkt zu bewegen. Durch Anstoß werden auch die Wasserteilchen zu größeren Bewegungen angeregt, dies bedeutet nichts anderes als einen Anstieg der Temperatur des Wassers. In diesem Fall erfolgt die **Wärmeleitung (Konduktion)**, ohne dass die energiegeladenen Teilchen ihren Platz verlassen.

Im Fall der **Wärmekonvektion** sind Entstehungsort der Wärme und Empfänger räumlich getrennt. Die Wärme muss von Teilchen, die als Wärmeträger fungieren, transportiert werden. Eine selbsttätige Konvektion heißt Wärmeströmung (z. B. Meeresströmungen wie der Golfstrom).

Bei der Übertragung der Sonnenwärme auf die Erde können Wärmeleitung und Wärmekonvektion ausgeschlossen werden, da der Raum zwischen den Himmelskörpern praktisch frei von Materie ist. In diesem Fall spricht man von **Wärmestrahlung (Radiation)**, da keine Teilchen am Übertragungsvorgang beteiligt sind. Körper mit dunkler Oberfläche absorbieren die Wärmestrahlung stärker als solche mit heller oder glänzender Oberfläche. Sie strahlen auch mehr Wärme ab.

42.1.2 Aggregatzustände

Die Moleküle einer Substanz üben Anziehungskräfte aufeinander aus, die je nach Entfernung voneinander zu den einzelnen Aggregatzuständen führen. Es gibt **drei Aggregatzustände** (gasförmig, flüssig, fest), in denen Materie vorliegen kann.

Im **gasförmigen Zustand** sind die Teilchen weit voneinander entfernt. Sie befinden sich in dauernder ungeordneter Bewegung, Ursache der Bewegung ist die Brown-Molekularbewegung. Ein Gas versucht, den ihm zur Verfügung stehenden Raum auszufüllen.

Die Teilchen einer **Flüssigkeit** sind näher zusammengedrückt, sodass sie aufeinander stärker einwirken können. Sie bewegen sich zwar noch ungeordnet umher, können sich aber unter dem Einfluss der gegenseitigen Anziehung nicht mehr wie ein Gas beliebig weit voneinander entfernen. Durch diesen stärkeren Zusammenhalt kann eine Flüssigkeit zwar jede vorgegebene Form einnehmen, aber nicht mehr jedes angebotene Volumen voll ausfüllen.

In einem **Feststoff** ziehen sich die Teilchen so stark an, dass eine einmal vorgegebene Form nicht ohne weiteres verändert wird. Die Moleküle haben ihre freie Beweglichkeit eingebüßt; sie schwingen nur noch um Ruhepunkte.

Unter **Verdunsten** versteht man ein langsames Verdampfen von Flüssigkeiten bei Temperaturen, die weit unter dem Siedepunkt liegen. Beim **Vereisen** von Körperstellen werden leicht flüchtige Verbindungen eingesetzt. Sie liegen i. d. R. bei Zimmertemperatur als Gas vor. Aufbewahrt werden sie unter hohem Druck (in komprimierter Form) als Flüssigkeit. Werden sie auf die warme Haut gesprüht, entziehen sie der Umgebung die Wärme, um wieder in den gasförmigen Zustand überzugehen. Die besprühte Fläche kühlt dabei stark ab.

Wird die Haut mit heißen Flüssigkeiten oder Dämpfen in Kontakt gebracht, spricht man von einer **Verbrühung**. Die Wärme der Flüssigkeit wird an die Haut abgegeben und führt dort zu einer Temperaturerhöhung. Handelt es sich um heißen Dampf, führt die frei werdende Kondensationswärme, bei dem die Moleküle sprunghaft einen Teil ihrer Energie verlieren, zu einer zusätzlichen thermischen Schädigung.

Merke

Die Reaktion der betroffenen Hautareale ist die Entzündung. Bei Mitreaktion des gesamten Organismus kommt es zur **Verbrennungskrankheit**.

Temperaturregulation (Thermoregulation)

Der Mensch ist zur Erhaltung seiner biologischen Funktionen auf die Aufrechterhaltung (Homöostase) einer stabilen **Körperkerntemperatur (KKT)** von ca. **37 °C** angewiesen. Bei dieser Temperatur herrschen im Körper die optimalen Bedingungen für die maximale Leistungsfähigkeit des menschlichen Stoffwechsels. Deshalb müssen **Wärmeproduktion** und **Wärmeaufnahme** einerseits und die **Wärmeabgabe** andererseits im Gleichgewicht zueinander stehen. Durch das gegenseitige Wechselspiel von Wärmeabgabe und Wärmeproduktion wird die Körpertemperatur reguliert. Allerdings führen bereits geringe Abweichungen von diesem Sollwert zu charakteristischen körperlichen Veränderungen.

42.2 Hypothermie

Als Hypothermie (**Unterkühlung**) wird das Absinken der Körperkerntemperatur unter 35 °C bezeichnet. Die Hypothermie wird eingeteilt in eine **milde** (35–32 °C), eine **moderate** (32–28 °C) und eine **schwere** (32–28 °C) Hypothermie. Die **schwerste Form der Hypothermie** (< 24 °C) ist durch die Zeichen des klinischen Todes mit Koma, Atem- und Kreislaufstillstand gekennzeichnet. Sie ist eine im Rettungsdienst häufig auftretende Komplikation, da im Zusammenhang mit anderen Erkrankungen und Verletzungen immer wieder Wärmeverluste entstehen können. Die Unterkühlung tritt nicht nur in der kalten Jahreszeit auf (z. B. niedrige Außentemperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit und Wind). Eine Unterkühlung kann sich auch bei sommerlichen Temperaturen (z. B. durchschwitzte Kleidung, zu langer Aufenthalt im Wasser) oder selbst innerhalb geschlossener Räume (z. B. längere Liegezeit hilflos auf kaltem Boden) entwickeln. Die **Entstehung** der Hypothermie hängt dabei wesentlich von der eigentlichen Notfallerkkrankung und den klimatischen Umständen, unter denen sie eintritt, ab. Wesentliches Kriterium für den Wärmeverlust ist die Geschwindigkeit der Wärmeabgabe im Verhältnis zur Wärmeproduktion, z. B. während eines Aufenthalts in kalter Umgebung mit unangemessener Kleidung. Nur selten liegt primär eine Störung der Wärmeregulation vor.

Ein Absinken der Körperkerntemperatur hat allgemein eine zunehmende **Verlangsamung des Stoffwechsels** zur Folge. Je schneller dabei die Körperkerntemperatur sinkt, umso schneller wird auch der Stoffwechsel reduziert. Diese Tatsache erklärt auch die unterschiedliche Prognose unterkühlter Patienten. Sinkt die Körperkerntemperatur bei Patienten, die z. B. in Eiswasser einbrechen, sehr rasch, ist ihre Prognose generell günstiger als beispielsweise bei eingeklemmten Traumapatienten mit traumatisch-hämorrhagischem Schock, die langsam unterkühlen. Generell scheint die isolierte Hypothermie für die betroffenen Patienten günstiger zu sein als in Kombination mit einem weiteren akuten Notfallereignis. Insgesamt erhöht die Reduktion des Stoffwechsels die **Ischämietoleranz** der Organe, insbesondere des Gehirns, um ein Vielfaches. So wichtig das Erkennen der Unterkühlung auch ist, so selten wird sie erkannt, weil nicht an sie gedacht und im Rettungsdienst zu selten die Temperatur gemessen wird. Es ist daher eine wichtige Aufgabe im Rettungsdienst, eine bereits eingetretene **Unterkühlung zu erkennen** und eine weitere Abkühlung zu vermeiden. Von einer Unterkühlung besonders gefährdet sind Patienten mit Erkrankungen (z. B. reduzierter Allgemeinzustand, Erschöpfung, Alkoholmissbrauch) oder Verletzungen (z. B. Verbrennungen, Schock, Polytrauma), bei denen der Wärmeverlust über die Körperschale größer als die Wärmeproduktion im Körperkern ist.

Achtung

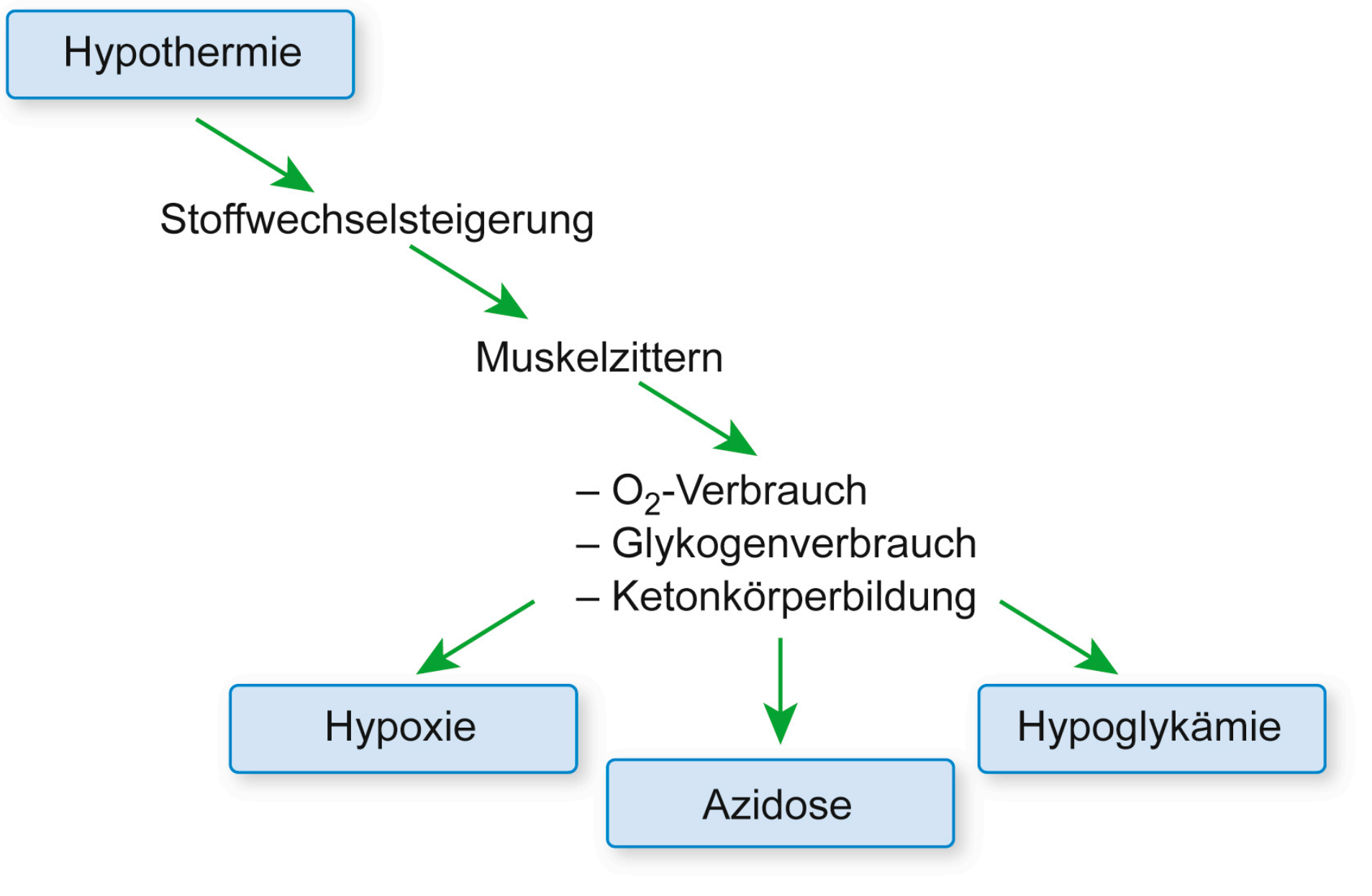
Die **Kombination Polytrauma** und **traumatisch-hämorrhagischer Schock** wird durch

eine Hypothermie u. a. aufgrund der pathophysiologischen Veränderungen der Gerinnungskaskade dramatisch verschlechtert und muss unbedingt vermieden werden.

Symptome

Patienten mit einer **milden Hypothermie** ($35-32^{\circ}\text{C}$) wehren sich über körpereigene Kompensationsmechanismen aktiv gegen die Unterkühlung ([Abb. 42.1](#)). Die auftretenden Symptome sind deshalb durch die **sympathoadrenerge Reaktion** gekennzeichnet. Durch Freisetzung der Katecholamine Adrenalin, Noradrenalin und Dopamin resultieren eine Tachykardie und Vasokonstriktion, die den zentralen Blutdruck erhöhen und die weitere Wärmeabgabe verhindern sollen. Tachypnoe und Hyperventilation sind typische Veränderungen der Atmung. Durch gesteigerte Wärmeproduktion der Skelettmuskulatur entsteht das **Kältezittern**. Dadurch kann die Körperkerntemperatur um bis zu 4°C erhöht werden. Der Sauerstoffverbrauch steigt ebenfalls um das Drei- bis Vierfache an. Auch Veränderungen im ZNS machen sich bemerkbar. Die Patienten sind wach, jedoch zunehmend agitiert und in ihrer Konzentrationsfähigkeit herabgesetzt. Die Hypertonie kann zusätzlich zu einer Kältediurese zu Ausscheidung größerer Urinmengen führen.

Folgen der Hypothermie [L143]



Patienten im Zustand der **moderaten Hypothermie** (32–28 °C) sind kritisch und gekennzeichnet von Symptomen verminderter Stoffwechselaktivitäten. Der Metabolismus kann dabei um bis zu 10 % reduziert sein und Kältezittern und Frieren sind nicht mehr festzustellen. Die Gelenke und Muskeln werden steif. Die Kreislaufparameter sind durch Bradykardie, Hypotonie und Kreislaufzentralisation deutlich rückläufig und Ausdruck der akuten Kreislaufinsuffizienz. Bradypnoe, unregelmäßige Atmung und Hypoventilation kennzeichnen die Ateminsuffizienz. Obwohl der Sauerstoffverbrauch in diesem Stadium deutlich geringer ist, besteht aber letztlich doch eine Hypoxie, da der Sauerstoffverbrauch nicht in der Geschwindigkeit abnimmt wie das reduzierte Angebot bei Ateminsuffizienz. Dieser Aspekt erfordert die konsequente und hoch dosierte Sauerstoffgabe. Durch Abnahme der zerebralen Stoffwechselfvorgänge werden die Patienten zunehmend ruhiger und zeigen Bewusstseinsstörungen. Ab Temperaturen ≤ 28 °C tritt eine Bewusstlosigkeit ein. Eine Hypoglykämie kann als Folge des gesteigerten Glukoseverbrauchs in der milden Hypothermie begleitend auftreten. Typische EKG-Veränderungen als Ausdruck von atrialen und ventrikulären Herzrhythmusstörungen können in Form von verlängerten PQ- und QT-Zeiten auftreten.

Bei **schwerer Hypothermie** (28–24 °C) sind die Patienten bereits tief komatös ohne Schutzreflexe. Die zunehmende Bradypnoe und Hypoventilation verursacht durch die Hypoxie eine respiratorische Azidose. Die Sauerstoffabgabe im Gewebe ist bei Temperaturen um 28 °C beeinträchtigt. Der periphere Puls ist durch die Kreislaufzentralisation nicht mehr tastbar, die zentralen Pulse sind schwach und bradykard. Da

es ab diesem Stadium zu allen Arten von **bradykarden Herzrhythmusstörungen** kommen kann, sind die Pulse häufig arrhythmisch. Bei Temperaturen unter 28 °C besteht die Gefahr des ventrikulären Flimmerns (VF). Der Blutdruck ist massiv hypoton und im weiteren Verlauf nicht mehr messbar. Insgesamt sind die Lebenszeichen unterhalb von 27 °C nur noch sehr eingeschränkt (**Vita minima**) feststellbar. Der Organismus bewegt sich auf unterstem Stoffwechsellniveau (**Scheintod**). Ein weiteres pathophysiologisches Problem stellt die sich entwickelnde Kälte-Koagulopathie dar, die durch verminderte Aggregation der Thrombozyten die Blutungsneigung verstärkt.

Die **schwerste Hypothermie** (< 24 °C) dominiert symptomatisch durch die Zeichen des klinischen Todes mit Koma, weite und lichtstarre Pupillen sowie Atem- und Kreislaufstillstand.

Das **Schweizer Klassifizierungsmodell** hat sich in der Praxis sehr gut bewährt, da es neben einer schnellen Beurteilung der Vitalfunktionen auch ohne eine sofortige Temperaturmessung die Einteilung der Patienten nach Schweregrad und Symptomatik ermöglicht (Tab. 42.1).

Schweizer Klassifizierungsmodell der Hypothermie

Tab. 42.1

Stadium	Schweregrad	Körperkerntemperatur	Klinische Symptomatik
I	mild	35–32 °C	wacher Patient, Kältezittern
II	moderat	32–28 °C	Bewusstseinsstörung, kein Kältezittern, kein Frieren
III	schwer	28–24 °C	Koma, Spontanatmung vorhanden (Bradypnoe)
IV	schwerste	< 24 °C	Koma, Atem- und Kreislaufstillstand

Therapie

Die **Basismaßnahmen** zielen auf die Rettung des unterkühlten Patienten, die Vermeidung weiterer Wärmeverluste und auf die Sicherung der vitalen Funktionen. Patienten mit **milder Hypothermie** sind nicht kritisch und dürfen mobilisiert werden. Das eigenständige Entfernen nasser Kleidung, das Verbringen in einen vorgewärmten Rettungswagen und die Gabe heißer, gezuckerter und alkoholfreier Getränke sind Maßnahmen, die bei diesen Patienten angezeigt sind. Bei **moderater und schwerer Hypothermie** bedarf es einer anderen Behandlungsstrategie. Die schonende Rettung des unterkühlten Patienten muss unter Beachtung von Begleitverletzungen (Schaufeltrage, Combi-Carrier®) durchgeführt werden, möglichst ohne die Körperlage, in der der Patient vorgefunden wird, zu verändern. Es kann sonst

zur Umverteilung von kaltem Blut aus der Peripherie zum Körperkern kommen, wodurch die Körperkerntemperatur weiter absinkt und die Unterkühlung verstärkt wird. Auf diese Weise kann die Körpertemperatur um bis zu 3 °C weiter absinken. Im ungünstigsten Fall kann der rasante Abfall der Körperkerntemperatur reflektorisch einen Herz-Kreislauf-Stillstand auslösen (**Bergungstod, Afterdrop**, Kap. 52.2.6).

Merke

Schon geringe **Umlagerungsmanöver** in tiefer Hypothermie können schwerste Herzrhythmusstörungen hervorrufen. Daher ist ein behutsames Vorgehen mit Ganzkörperimmobilisation bei der Rettung und Versorgung geboten.

Nach der Rettung muss der weitere Verlust von Körperwärme vermieden werden. Dazu wird der Patient an einen warmen und windstillen Ort gebracht, wo die nasse Kleidung entfernt wird. Ist das nicht möglich, bleibt der Patient vollständig bekleidet und es wird nur so viel Kleidung entfernt, wie für die Notfallversorgung unbedingt notwendig ist. In jedem Fall wird der Patient in eine luftundurchlässige und isolierende Folie (**Rettungsfolie**) eingewickelt. Die Folie soll möglichst eng am Körper anliegen und den Kopf mit abdecken, um ein weiteres Auskühlen durch Verdunstung zu vermeiden. Der Einsatz der Rettungsfolie ist aber nur dann effektiv, wenn weiterhin niedrige Außentemperaturen bestehen. Liegt der Patient bereits im warmen Rettungswagen, ist die Rettungsfolie nicht zuträglich, weil sie das langsame Erwärmen der Körperschale verhindert.

Merke

Auch nach der Rettung aus der Kälte muss noch mit einem **weiteren Abfall der Körpertemperatur** von bis zu 3 °C gerechnet werden (Gefahr des Afterdrop).

Es kann jederzeit zu einer Verschlechterung der Vitalfunktionen im Verlauf der Notfallversorgung kommen. Da eine endgültige Erwärmung am Notfallort nicht möglich ist, steht neben der Wärmeerhaltung die **Sicherung der Vitalfunktionen** im Vordergrund. Zur Deckung des gesteigerten Sauerstoffbedarfs ist eine Zufuhr von Sauerstoff über Maske von 10–15 l/Min. unabdingbar. Außerdem müssen bei bewusstseinsgetrübten Patienten die Atemwege gesichert werden. Eine lückenlose

Überwachung der Herz-Kreislauf-Funktion durch ein angelegtes EKG und die Messung von Puls und Blutdruck sind notwendig, um die häufig auftretenden Herzrhythmusstörungen zu erkennen. Bei jedem unterkühlten Patienten sollte zusätzlich ein Blutzuckerschnelltest gemacht werden, da eine Hypoglykämie sowohl Ursache als auch Folge der Unterkühlung sein kann.

Merke

Die **moderate bis schwere Hypothermie** ist immer Ausdruck eines **kritischen** Patientenzustands.

Die **erweiterten Maßnahmen** umfassen nach der Anlage eines peripher-venösen Zugangs bei milder bzw. zentral-venösen Zugangs bei moderater bis schwerer Hypothermie die Infusion von balancierten Vollelektrolytlösungen zur Steigerung des Blutdrucks. Wenn möglich, sollten die Infusionslösungen auf bis zu 40 °C erwärmt werden. Bei stärkerer Erwärmung ist mit einer Schädigung der Erythrozyten (Hämolyse) zu rechnen. Die **medikamentöse Therapie** muss sich symptombezogen an den auftretenden Herzrhythmusstörungen orientieren. Dabei ist zu beachten, dass die Wirksamkeit der Medikamente und der Defibrillation in Hypothermie unter 28 °C Körperkerntemperatur nicht gesichert ist. Nach den aktuellen Leitlinien (AHA, ERC) sollen nach 3 erfolglosen Defibrillationen erst ab einer Körperkerntemperatur > 30 °C weitere Defibrillationsversuche erfolgen. Da die enzymatischen Stoffwechselaktivitäten und die Wirkung endogener und exogener Katecholamine bei Körperkerntemperaturen unter 35 °C zusehends inaktiviert werden, soll die medikamentöse Reanimation bei Temperaturen < 30 °C unterbleiben. Bei Temperaturen zwischen 30–35 °C soll Adrenalin alle 6–10 Min. verabreicht werden. Ab Temperaturen > 35 °C wird Adrenalin alle 3–5 Min. verabreicht. Eine evtl. notwendig werdende Reanimation wird bis zur Wiedererwärmung in der Klinik durchgeführt, da in tiefer Hypothermie eine **Vita minima**, ein Leben auf dem untersten energetischen Niveau, möglich ist. Man kann bei tief unterkühlten Patienten sogar **unsichere Zeichen des Todes** finden (z. B. nicht tastbarer Puls oder weite, lichtstarre Pupillen). Daher sind Wiederbelebungsmaßnahmen bei unterkühlten Patienten länger durchzuführen als bei Patienten mit normaler Körpertemperatur, da die Prognose und die Überlebenschancen bei Unterkühlung erheblich besser sind.

Achtung

„Niemand ist tot, ehe er nicht warm und tot ist.“

Eine zweifelsfreie Feststellung des Todes kann somit nur bei Vorliegen der sicheren Todeszeichen erfolgen.

Das geeignete Krankenhaus zur Aufnahme des unterkühlten Patienten ergibt sich aus der Schwere der Hypothermie. Bewusstseinsklare, kreislaufstabile Patienten können in jedes Krankenhaus gebracht werden. Patienten mit Störungen der Vitalfunktionen sollten auf die Intensivstation einer Schwerpunktlinik gebracht werden, um die gerätetechnischen Möglichkeiten zur Wiedererwärmung zu nutzen. Bei weiteren Strecken kann hierfür der Rettungshubschrauber eingesetzt werden.

Klinische Therapie

Alle Verfahren der Erwärmung sind der Klinik vorbehalten, da es erwiesenermaßen in der Notfallversorgung nicht gelingt, eine Steigerung der Körpertemperatur effektiv zu erreichen.

Für die **klinische Wiedererwärmung** bieten sich verschiedene Verfahren an:

- **Spontanerwärmung:** Die Ausnutzung der Wärmeproduktion des Patienten ist die am häufigsten angewandte Methode zur Wiedererwärmung. Sie ist aber nur bei guter Isolierung gegen weiteren Wärmeverlust möglich. Durch diese Methode ist ein Temperaturanstieg von bis zu 1 °C pro Stunde erreichbar. Nachteilig an dieser Behandlungsmethode ist der hohe Sauerstoffverbrauch des Patienten.
- **Warmwasserbad:** Warmwasserbäder führen zu einer schnellen Aufwärmung insbesondere der Peripherie und damit zu einer raschen Erweiterung der Hautgefäße. Die Gefahr dieser Behandlungsmethode liegt im plötzlichen Rückstrom saurer Stoffwechselprodukte zum Körperkern und in einer orthostatischen Regulationsstörung mit Bewusstlosigkeit und Herzrhythmusstörungen.
- **Lokale Wärmebehandlung:** Lokale Wärmeanwendungen mit Wärmflaschen oder Wärmestrahlern sollten nur mit großer Zurückhaltung angewendet werden. Sie bergen die Gefahr, an der minderdurchbluteten Haut Verbrennungen hervorzurufen.
- **Künstliche Beatmung:** Die künstliche Beatmung mit angewärmter Atemluft ist eine gefahrlose Methode der Wiedererwärmung. Der Effekt liegt aber nicht über dem der Spontanerwärmung (1 °C pro Stunde).
- **Invasive Wiedererwärmung:** Sehr effektiv und rasch kann mithilfe von invasiven Methoden eine Wiedererwärmung herbeigeführt werden, was insbesondere in der Wiederbelebungssituation

anzustreben ist. Die **Peritoneallavage**, also die Spülung des Peritonealraums mit auf 40 °C erwärmter Dialyseflüssigkeit, oder die **Hämodialyse/Hämofiltration** (künstliche Niere) gehören zu diesen Methoden. Am schnellsten aber kann der unterkühlte Patient mithilfe der **Herz-Lungen-Maschine** wiedererwärmt werden.

Schlagwort

Hypothermie

Ursachen

- Der Wärmeverlust über die Körperschale ist größer als die Wärmeproduktion im Körperkern bei:
 - Aufenthalt in kalter Umgebung mit unangemessener Kleidung (Obdachlose, erschöpfte oder bewusstlose Patienten)
 - Aufenthalt in kalter Umgebung mit zweckmäßiger Kleidung (Lawinenunfall, Wasserunfall mit verlängerten Rettungszeiten)
 - Begleiterkrankungen (alkoholisierte Patienten) oder Begleitverletzungen (Polytrauma)
 - Patiententransport in unzureichend geheizten Rettungsdienstfahrzeugen

Symptome

- **Stadium I: milde Hypothermie (35–32 °C KKT)**
 - Wach, Unruhe
 - Hyperventilation
 - Tachykardie
 - Hypertonie
 - Muskelzittern
- **Stadium II: moderate Hypothermie (32–28 °C KKT)**
 - Teilnahmslos, verwirrt

- Atmung flach und unregelmäßig
 - Bradykardie
 - Hypotonie
 - Muskel- und Gelenkstarre
- **Stadium III: schwere Hypothermie (28–24 °C KKT)**
 - Bewusstlos
 - Bradypnoe
 - Extreme Bradykardie
 - Hypotonie
 - Erweiterte Pupillen, schwacher Muskeltonus
- **Stadium IV: schwerste Hypothermie (< 24 °C KKT)**
 - Bewusstlos, reflexlos
 - Brady- bis Apnoe
 - Asystolie oder Kammerflimmern
 - RR nicht messbar
 - Weite, lichtstarre Pupillen

Maßnahmen

Monitoring

- AF, SpO₂, Rekapillarierungszeit, Puls (peripher/zentral), RR, BZ, GCS, EKG, Temperatur, etCO₂

Basismaßnahmen und Lagerung

- Schonende Rettung
- Horizontallagerung (Vermeidung Afterdrop)
- Ganzkörperimmobilisation bei moderater und schwerer Hypothermie
- Entfernen der nassen Kleidung, Wärmeerhalt (Rettungsdecke)
- Aktive Erwärmung nur bei leichter Hypothermie (vorgewärmter Rettungswagen)
- O₂-Gabe über Maske 10–15 l/Min.

Erweiterte Maßnahmen

- i. v. Zugang und Laborblutentnahme
- Klinische Maßnahmen der Wiedererwärmung

Medikamente und Dosierungsempfehlungen

- Analgesie: 5–10 mg Morphin i. v., Paracetamol (für Kinder) 125–500 mg supp. oder Diclofenac (für Kinder) 1 mg/kg KG supp.
- Sedierung: 2–5 mg Midazolam (Dormicum[®]) i. v. oder 2,5–10 mg Diazepam (Valium[®]) i. v.
- Volumentherapie: erwärmte balancierte Vollelektrolytlösung
- Narkoseeinleitung mit Ketamin/S-Ketamin, Fentanyl und Midazolam
- **KKT < 30 °C:**
 - Reanimation, keine medikamentöse Therapie
- **KKT > 30 °C:**
 - Adrenalin 1 mg alle 6–10 Min. i. v.
 - Amiodaron: 300 mg nach 3 erfolglosen Defibrillationen
 - (Repetition: 150 mg) i. v.
- **KKT > 35 °C:**
 - Adrenalin 1 mg alle 3–5 Min. i. v.
 - Amiodaron: 300 mg nach 3 erfolglosen Defibrillationen
 - (Repetition: 150 mg) i. v.

42.3 Erfrierungen

Werden einzelne Körperregionen über einen längeren Zeitraum intensiver Kälte ausgesetzt, so versagt der typische Mechanismus der Wärmeerhaltung und es kann zu lokalen Erfrierungen kommen. Sie können bereits bei Temperaturen oberhalb des Gefrierpunkts entstehen, da sie sowohl von der Temperatur, der Art, der Geschwindigkeit als auch von der Dauer der Kälteeinwirkung abhängig sind. Besonders von Erfrierungen betroffen sind **peripher gelegene, ungeschützte Körperregionen**, z. B. Finger, Hände, Zehen und Füße sowie Nase und Ohren. Begünstigend wirken Bewusstlosigkeit oder

Alkoholmissbrauch, da hier die periphere Vasoregulation gestört ist. Über eine Vasokonstriktion der Blutgefäße in dem betroffenen Gewebe versucht der Körper, sich vor einer Auskühlung des Körperkerns zu schützen, und nimmt dafür die periphere Auskühlung in Kauf. Zusätzlich führt die Vasokonstriktion kleiner Blutgefäße zu einer Aufrechterhaltung eines ausreichenden Blutdrucks an lebenswichtigen Organen (**Kreislaufzentralisation**). Die Blutgefäßverengung führt in der Körperperipherie allerdings zu Sauerstoffmangel und über einen verlangsamten Blutfluss zu einem Eindicken des Bluts, wodurch einem Verklumpen von Blutplättchen (**Sludge-Phänomen**) Vorschub geleistet wird. Zusätzlich führt die periphere Durchblutungsstörung zu einer gesteigerten Durchlässigkeit (Permeabilität) der Gefäßwände und zu Flüssigkeitsverschiebungen (Ödeme).

Analog zu den Verbrennungen teilt man die Erfrierungen in vier **Schweregrade** ein:

- **Erfrierung 1. Grades:** Die Haut ist durch die Vasokonstriktion weiß-bläulich marmoriert. Bei Wiedererwärmung der lokalen Erfrierung treten durch die vermehrte Durchblutung eine schmerzhafte Rötung und Schwellung der betroffenen Region auf.
- **Erfrierung 2. Grades:** Durch Schädigung der Kutis und Subkutis kommt es zur Blasenbildung. Die Haut ist kalt und blau-rot verfärbt. Bei Wiedererwärmung der lokalen Erfrierung tritt Plasma in das Gewebe und die Blasen aus. Es kommt zur Ausbildung schmerzhafter Frostbeulen und zu Gewebeschwellung.
- **Erfrierung 3. Grades:** Durch schwerste Durchblutungsstörungen bilden sich tief in das Gewebe reichende Veränderungen mit ausgedehnter Blutblasenbildung. Die Haut ist blass-bläulich verfärbt und bildet schwarze Hautnekrosen aus. Da die Hautnervenendigungen in der Subkutis mitbetroffen sind, bestehen Gefühllosigkeit und Schmerzfreiheit. Bei Wiedererwärmung können die intensiven Gefäßspasmen wegen arterieller Thrombosen mit Intima- und Medianekrosen der Blutgefäße nicht mehr gelöst werden. Die erfrorene Körperregion stirbt ab.
- **Erfrierung 4. Grades:** Die Erfrierung 4. Grades ist ein Synonym für die **Nekrose** des Wundgebiets. Alle Gewebestrukturen sind zerstört.

Therapie

Die **Basismaßnahmen** zielen auf eine langsame Erwärmung der erfrorenen Körperteile. Dabei muss von einer Unterkühlung des gesamten Patienten ausgegangen werden, deren Behandlung Vorrang vor der lokalen Erfrierung hat. Lokale Erfrierungen müssen wie Wunden behandelt und trocken, steril (Brandwundenverbandpäckchen) und warm eingepackt werden, ohne dabei Druck auf das erfrorene Gebiet auszuüben. Durch die eigene Körperwärme kommt es zur langsamen Erwärmung. Erfrorene

Körperteile müssen darüber hinaus gepolstert gelagert werden. Es darf keinesfalls der Versuch unternommen werden, durch Reiben die erfrorenen Körperteile wiederzuerwärmen, da die Gefahr einer Vergrößerung des Hautdefekts besteht.

Achtung

Erfrierungen stellen einen **lokalen Haut- und Gewebeschaden** dar, der irreversible Schädigungen auslösen kann. Kritisch bedrohliche Zustände des Patienten werden aber durch die häufig **begleitende Hypothermie** verursacht, die deshalb immer im Vordergrund der Behandlung steht!

Im Rahmen der **erweiterten Maßnahmen** ist eine ausreichende Schmerzbehandlung zu gewährleisten, da mit der Reperfusion erhebliche Schmerzen auftreten werden. Nach Anlage eines peripheren Venenzugangs zielt die Therapie des Fachpersonals auf die intravenöse Verabreichung von Morphin zur Schmerzbekämpfung und die Vermeidung von Thrombosen durch die Gabe von niedermolekularem Heparin und Acetylsalicylsäure (ASS).

Schlagwort

Erfrierung

Ursachen

- Intensive Kälteeinwirkung auf ungeschützte Körperregionen (Nase, Ohren)
- Vasokonstriktion peripherer Blutgefäße zur zentralen Wärmeerhaltung

Symptome

- Schwellung der Haut und schmerzhafte Rötung
- Haut blau-rot verfärbt, Blasenbildung
- Haut blass-bläulich verfärbt, Blutblasen, einzelne schwarze Hautnekrosen

- Haut blau-schwarz verfärbt, Nekrose des Wundgebiets

Maßnahmen

Monitoring

- AF, SpO₂, Rekapillarierungszeit, Puls (peripher/zentral), RR, BZ, GCS, EKG, Temperatur

Basismaßnahmen und Lagerung

- Verband trocken, steril und warm
- Erfrorene Körperteile gepolstert lagern
- Kein Wiedererwärmen durch Reibung oder warmes Wasser
- O₂-Gabe über Maske oder Nasensonde 6–8 l/Min.

Erweiterte Maßnahmen

- i. v. Zugang und Laborblutentnahme

Medikamente und Dosierungsempfehlungen

- Analgesie: 5–10 mg Morphin i. v.
- Antikoagulation: Heparin 5 000 IE i. v oder/und 0,5 g Aspirin[®] i. v.
- Volumentherapie: erwärmte balancierte Vollelektrolytlösung

42.4 Hyperthermie

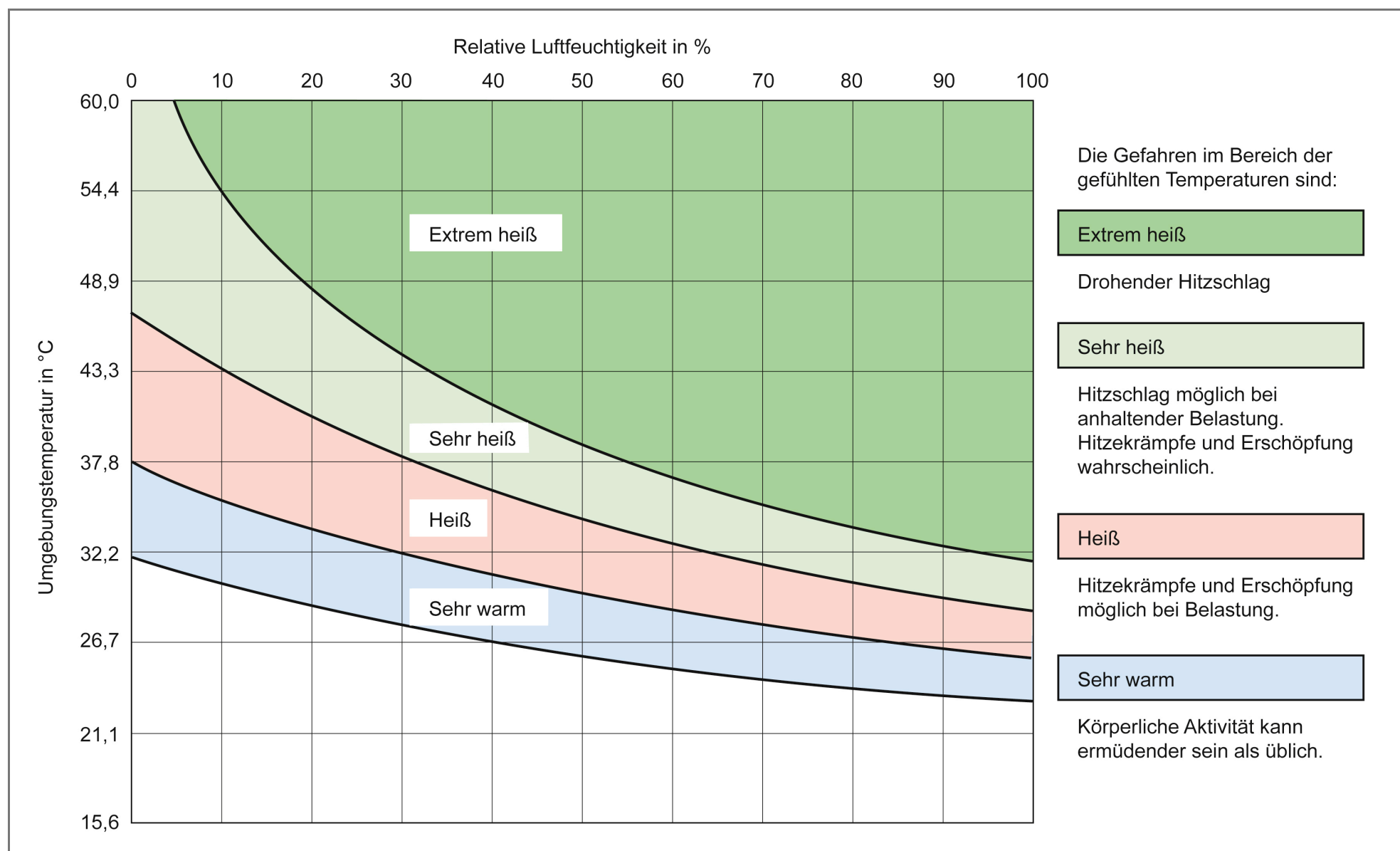
Die Körperkerntemperatur wird auch bei hohen Umgebungstemperaturen über verschiedene Regelkreise konstant gehalten. Die **vermehrte Wärmeabgabe** erfolgt über die Mechanismen der Konvektion, der Wärmestrahlung, im Wesentlichen aber durch die Schweißabsonderung (Verdunstung) und damit über die Reduzierung der Oberflächentemperatur.

Merke

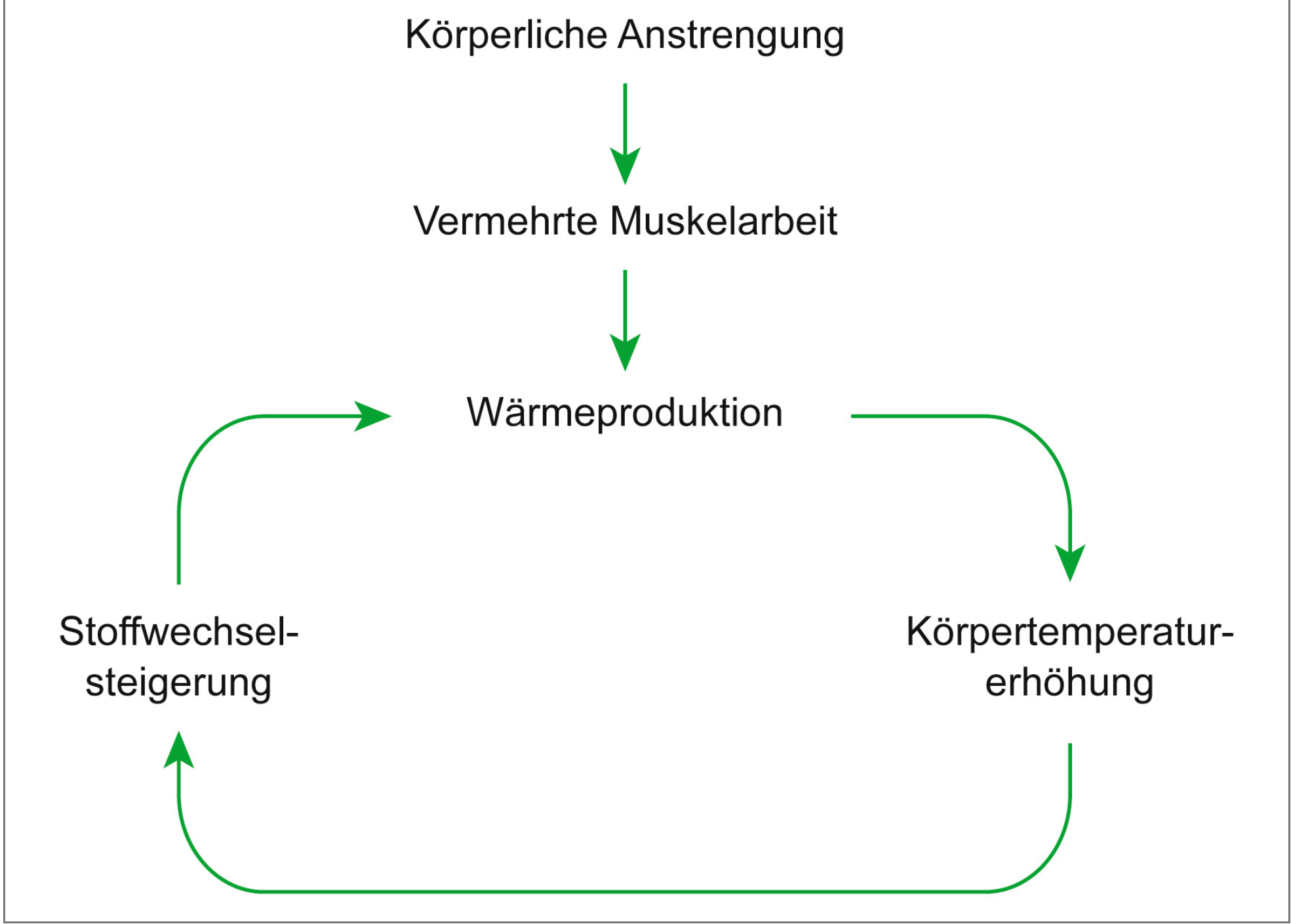
Betroffen sind überwiegend **ältere Patienten, Säuglinge und Kleinkinder**, seltener auch **junge Menschen nach hoher körperlicher Anstrengung**.

Bei körperlichen Anstrengungen wird vom Körper durch die Muskelarbeit vermehrt Wärme produziert, die zu einer erhöhten Körperkerntemperatur führt. Wird nunmehr in einer erhöhten Umgebungstemperatur durch körperliche Anstrengung Wärme im Körper erzeugt, können sich die üblichen Mechanismen der Wärmeabgabe schnell erschöpfen ([Abb. 42.2](#)). Besonders bei **behinderter Wärmeabgabe** durch hohe Umgebungstemperaturen und hohe Luftfeuchtigkeit kommt es rasch zur Überwärmung des Körpers. Die mangelnde Wärmeabgabe führt zu einer **Erhöhung der Körperkerntemperatur**, die eine Erhöhung der Stoffwechselaktivität nach sich zieht, die wiederum eine Erhöhung der Körpertemperatur auslöst. Es entsteht dadurch ein sich selbst unterhaltender Kreislauf (*Circulus vitiosus*, [Abb. 42.3](#)), der zu den typischen Krankheitsbildern des Sonnenstichs, der Hitzekrämpfe, der Hitzeerschöpfung oder gar zum Hitzschlag führen kann ([Tab. 42.2](#)).

Hitzestress-Index [L143]



Circulus vitiosus der Hyperthermie [L143]



Gegenüberstellung der Symptome bei Hitzeerkrankungen

Tab. 42.2

	Hitzekrämpfe	Hitzeerschöpfung	Hitzschlag
Bewusstsein	keine Störungen	<ul style="list-style-type: none"> • Desorientierung, delirante Erscheinungen • Unruhe (Agitation) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewusstseinsstörungen • Desorientierung • Bewusstlosigkeit • Hirndruckzeichen • Zerebrale Krämpfe
Atmung	normal	schnell, flach (Tachypnoe, Hypopnoe)	<ul style="list-style-type: none"> • Zunächst schnell und flach • Dann langsam und flach • Dyspnoe • Kußmaul-Atmung

Kreislauf	normal	<ul style="list-style-type: none"> • Tachykardie • Hypotonie • Zentralisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Tachykardie • Hypertonie • Herzrhythmusstörungen • Hypotonie • Kreislaufzentralisation
Körpertemperatur	normal (37 °C) bis erhöht (> 38 °C)	normal (37 °C) bis erhöht (> 38 °C)	> 40,6 °C (Hyperpyrexie)
Haut	starkes Schwitzen	<ul style="list-style-type: none"> • Zunächst warm und rot • Später blass und kaltschweißig • Stehende Hautfalten 	<ul style="list-style-type: none"> • Heiße und feuchte Haut • Heiße und trockene Haut (Anhidrosis) • Später blasse und graue Haut
Nebenbefunde	<ul style="list-style-type: none"> • Schmerzhaftes Muskelkrämpfe • Schwäche • Durst 	<ul style="list-style-type: none"> • Schwindel • Kopf- und Gliederschmerzen • Übelkeit, Erbrechen • Sehstörungen • Deutliche Erschöpfung • Durst 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwirrtheit • Kopfschmerzen • Übelkeit, Erbrechen • Leistungsschwäche • Abgeschlagenheit • Exsikkose • Gerinnungsstörung (Koagulopathie)

42.4.1 Sonnenstich

Der Sonnenstich (Heliosis, Insolation) entsteht durch länger andauernde **direkte Sonneneinstrahlung** auf den **ungeschützten Kopf**. Die direkte Wärmebelastung führt innerhalb des Schädels zur Hirnhautreizung und Permeabilitätsstörungen der Blut-Hirn-Schranke. Daraus resultiert ein erhöhter Einstrom von extrazellulärer Flüssigkeit in die Zellen des Gehirns. Die Folge ist ein Hirnödem, das in seltenen Fällen auch einen lebensbedrohlichen Hirndruck mit Reizung der Hirnhäute und Nackensteifigkeit (**Meninigismus**) auslösen kann. Die Körperkerntemperatur erhöht sich dabei i. d. R. nicht. Besonders gefährlich ist die Hitzeeinwirkung auf den unbedeckten Kopf bzw. auf gering behaarte Köpfe von Neugeborenen, Säuglingen, Kleinkindern oder Erwachsenen.

Symptome

Ein Sonnenstich tritt typischerweise zeitlich **verzögert zur Sonnenexposition** (z. B. nachts) auf. Bei Säuglingen und Kleinkindern können die Symptome aufgrund der größeren zerebralen Expansionsfähigkeit des Gehirns 4–6 Std. betragen. Zur Symptomatik des Sonnenstichs gehören ein hochroter und heißer Kopf, während der übrige Körper meist normal temperiert ist. Die betroffenen Personen beklagen Schwindel, Übelkeit und Erbrechen, heftige Kopfschmerzen und Sehstörungen und Lichtempfindlichkeit. Gelegentlich tritt eine Nackensteifigkeit (**Meningismus**) auf. Infolge der Hirnhautreizung ist die Beweglichkeit der Halswirbelsäule und des Kopfs derart eingeschränkt, dass die Patienten nur unter großen Schmerzen in der Lage sind, das Kinn auf die Brust zu beugen. Die Kreislaufparameter sind meist durch Tachykardie und Normotonie gekennzeichnet. Viele Patienten mit der Diagnose Sonnenstich weisen diese deutlichen, aber nicht lebensbedrohlichen Symptome auf. Selten verursachen schwere Verlaufsformen durch die gesteigerte Durchlässigkeit (Permeabilität) der Hirnhäute ein ausgeprägtes Hirnödem mit akuter Hirndrucksymptomatik. In diesen Fällen zeigen die Patienten eine deutliche Vigilanzminderung bis hin zum Koma, das von tonisch-klonischen Krämpfen begleitet sein kann. Vor allem ein rascher Hirndruckanstieg zeigt sich charakteristisch durch die Symptome des **Cushing-Reflex**, die sich durch einen bradykarden Druckpuls, eine systolischen Hypertonie und eine Pupillendifferenz (Anisokorie) auszeichnen. Eine evtl. auftretende Cheyne-Stokes-Atmung als Ausdruck einer **medullären Hirndrucksymptomatik** unterstreicht das lebensbedrohliche Ausmaß des Notfalls.

Achtung

Bei einigen Patienten wird der Sonnenstich begleitet von **Komplikationen** wie Alkohol- oder Drogenintoxikation. Die **Beurteilung der Auffindesituation** und die sorgfältige **Initialbeurteilung des Patienten** sind deshalb unbedingt notwendig, um die komplette Problematik des Patienten zu erfassen und nicht vorschnell eine wichtige Differenzialdiagnose zu vergessen!

Therapie

Als **Basismaßnahme** genügt es in leichten Fällen, den Patienten mit erhöhtem Oberkörper in kühler Umgebung (z. B. Schatten) zu lagern. Eine wohltuende Kühlung des Nackens und des Kopfes mit

feuchten Tüchern lindert die Beschwerden. Ein peripherer Venenzugang und eine balancierte Vollelektrolytlösung werden appliziert, um dem Patienten Medikamente gegen die Übelkeit und das Erbrechen zu verabreichen und eine evtl. begleitende Dehydrierung zu korrigieren.

Bei Vigilanzminderung, Hirndruckzeichen oder Meningismus ist der Patient als kritisch einzustufen und **erweiterte Maßnahmen** sind durchzuführen. Zur Sicherung eines ausreichenden zerebralen Abflusses wird der Oberkörper 30° erhöht und der Kopf in Mittelstellung gelagert. Bei Bewusstseinsstörung oder Bewusstlosigkeit sind die Atemwege zu sichern und der Patient wird in die stabile Seitenlage gebracht. Bei ausreichender Eigenatmung erhält der Patient Sauerstoff 8–10 l/Min. über eine Maske. Bei Hypoventilation oder Cheyne-Stokes-Atmung wird der Patient assistiert beatmet. Zur Sicherung der Atemwege und Verhinderung eines weiteren Hirndruckanstiegs wird eine Narkose vorbereitet und durch den Notarzt eingeleitet. Wie bei jedem kritischen Patienten erfolgt ein lückenloses Monitoring (Pulsfrequenz, Blutdruck, Atemfrequenz, EKG, SpO₂, etCO₂, BZ, Temperaturmessung) des Patienten.

Schlagwort

Sonnenstich

Ursachen

- Länger andauernde direkte Sonneneinstrahlung auf den ungeschützten Kopf
- Körperkerntemperatur **nicht** erhöht

Symptome

- **Einfacher Verlauf**

- Hochroter, heißer Kopf
- Schwindel, Übelkeit, Erbrechen
- Sehstörungen, Lichtempfindlichkeit
- Kopfschmerzen
- Eventuell Nackensteifigkeit (Meningismus)

- **Schwerer Verlauf**

- Bewusstseinsstörungen bis Bewusstlosigkeit
- Tonisch-klonische Krämpfe
- Cushing-Reflex (bradykarder Druckpuls, Hypertonie, Anisokorie)
- Unregelmäßige, flache Atmung (Cheyne-Stokes-Atmung)

Maßnahmen

Monitoring

- AF, SpO₂, Rekapillarierungszeit, Puls (peripher/zentral), RR, BZ, GCS, EKG, Temperatur

Basismaßnahmen und Lagerung

- Bei erhaltenem Bewusstsein: Oberkörper 30° erhöht
- Kopf in Neutralposition (evtl. HWS-Distraktionsschiene anlegen)
- Kühlung von Kopf und Nacken mit feuchten Tüchern
- O₂-Gabe über Maske 8–10 l/Min.
- i. v. Zugang und balancierte Vollelektrolytlösung

Erweiterte Maßnahmen

- Assistierte Beatmung (Ateminsuffizienz, Hypoventilation)
- Durchbrechung des Krampfanfalls
- Vorbereitung der Narkose (RSI)

Medikamente und Dosierungsempfehlungen

- Antiemetikum: 62 mg Dimenhydrinat (Vomex A[®]) i. v.
- Analgesie: Paracetamol 1 g als Kurzinfusion i. v.
- Sedierung: 0,025–0,05 mg/kg KG Midazolam (Dormicum[®]) i. v.
- Narkoseeinleitung mit Thiopental, Succinylcholin, Rocuronium (Esmeron[®]) i. v.
- Volumentherapie: balancierte Vollelektrolytlösung 500–1 000 ml

Symptome

Im Vordergrund dieses Krankheitsbildes steht der **Elektrolytmangel** (Salzmangel). Hitzekrämpfe sind sehr schmerzhaft, aber ungefährlich, denn eine Hyperthermie oder ZNS-Beteiligung ist gewöhnlich nicht vorhanden (Tab. 42.2). Durch körperliche Arbeit in heißer Umgebung produzieren die Schweißdrüsen des Körpers ein Maximum und scheiden dabei beträchtliche Mengen an Flüssigkeit und Kochsalz aus. Wird der Flüssigkeitsverlust mit elektrolytarmen Getränken (z. B. Tee, Kaffee) gedeckt, so entsteht ein extrazellulärer Flüssigkeits- und Kochsalzmangel (**hypotone Dehydratation**). Im Gegensatz zur Hitzeerschöpfung führt der Wasser- und Elektrolytverlust zur keiner akuten Kreislaufinsuffizienz mit hypovolämischem Schock. Durch den erhöhten Sympathikotonus wird zusätzlich verstärkt Natrium in die Zelle aufgenommen, wodurch die intrazelluläre Kalziumaktivität erhöht wird. Schmerzhaft, aber ungefährliche Krämpfe der Muskulatur sind die Folge.

Therapie

Die **Basismaßnahme** besteht in der oralen Zufuhr von ausreichend **kochsalzreichen Getränken**. Kochsalzreiche Getränke werden durch Zugabe von 2 Teelöffeln Salz auf 1 l süßen Tee, Limonade oder Fruchtsaft hergestellt. Mineraldrink-Lösungen erfüllen ebenfalls den gewünschten Zweck. Nur bei starker Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens (Übelkeit, Erbrechen, Durchfälle) oder Nichtvorhandensein oraler Trinklösungen kann als **erweiterte Maßnahme** ein peripherer Venenzugang angelegt werden, um 1 000–1 500 ml balancierte Vollelektrolytlösung zu infundieren.

Schlagwort

Hitzekrampf

Ursachen

- Mangel an Flüssigkeit und Elektrolyten (Kalzium, Magnesium)
- Körperkerntemperatur **nicht** erhöht

Symptome

- Gesteigerte Schweißbildung
- Schmerzhaftes Krämpfe in den Extremitäten
- Tachykardie
- Normotonie bis leichte Hypotonie

Maßnahmen

Monitoring

- AF, SpO₂, Rekapillarierungszeit, Puls (peripher/zentral), RR, BZ, GCS, EKG, Temperatur

Basismaßnahmen und Lagerung

- Patient in kühle und schattige Umgebung bringen.
- Flachlagerung mit leicht erhöhtem Oberkörper
- Wunschlage des Patienten respektieren.
- Orale Zufuhr kochsalzhaltiger Getränke
- Gabe von mineralhaltigen Getränken
- O₂-Gabe über Maske oder Nasensonde 6–8 l/Min.

Erweiterte Maßnahmen

- i. v. Zugang und balancierte Vollelektrolytlösung

Medikamente und Dosierungsempfehlungen

- Analgesie: 5–10 mg Morphin i. v.
- Volumentherapie: balancierte Vollelektrolytlösung 500–1 000 ml

42.4.3 Hitzeerschöpfung

Trotz der eher verharmlosenden Namensgebung ist die Hitzeerschöpfung durch die **Kombination von Hyperthermie** und **hypotoner oder hypertoner Dehydratation** mit **hypovolämischem Schock** ein dramatisches Notfallereignis, das schnell in den Hitzschlag übergehen kann (Tab. 42.2). Ursache der Hitzeerschöpfung sind ein Mangel an Körperflüssigkeit, im Wesentlichen an Extrazellulärflüssigkeit, und Kochsalzmangel. Verantwortlich ist dafür meistens ein längerer Aufenthalt bei hohen

Umgebungstemperaturen oder starke körperliche Belastung bei fehlender Flüssigkeitszufuhr. Auch Patienten mit diuretischer Dauertherapie oder Erbrechen und Durchfall können rasch in diesen Dehydrationszustand geraten. Die Hitzeerschöpfung kann in Hitzeperioden epidemisch auftreten. Nicht hitzeadaptierte Menschen sind dabei häufiger betroffen. Es werden zwei Formen der Hitzeerschöpfung unterschieden.

Symptome der Salzmangel-Hitzeerschöpfung

Die Hitzeerschöpfung mit **hypotoner Dehydratation** ist die leichtere Form und führt zu **Schock** und **zentralnervösen Symptomen** (Bewusstseinsstörungen, Bewusstlosigkeit, Hirnödem, Hirndrucksymptomatik, tonisch-klonische Krämpfe). Sie entsteht, wie die Hitzekrämpfe, durch Substitution der Flüssigkeitsverluste mit salzarmen Getränken (Tee, Kaffee). Kreislaufzentralisation, Blutdruckabfall und Tachykardie kennzeichnen die Kreislaufsituation. Die Patienten sind gelegentlich überhitzt, zeigen Muskelkrämpfe und klagen über Kopfschmerzen und Übelkeit. Die Patienten haben allerdings keinen Durst.

Symptome der Wassermangel-Hitzeerschöpfung

Die Hitzeerschöpfung mit **hypertoner Dehydratation** ist die schwere Form und häufig **Vorläufer eines Hitzschlags**. Sie entsteht, wenn die Patienten nicht genügend Wasser trinken können, weil z. B. Wasser nicht vorhanden ist (Wüstenklima) oder sie aufgrund ihres Alters oder bestehender Vorerkrankungen ein gestörtes Durstempfinden haben (pflegebedürftige oder demente Menschen in einem Pflegezentrum). Da im Schweiß der Wasseranteil deutlich höher als der Elektrolytanteil ist, ist das verbleibende Plasmavolumen hyperton. Der Hämatokrit steigt deutlich an. Ferner wird bei lang anhaltendem Schwitzen das Elektrolyt Natrium gegen Kalium ausgetauscht, wodurch eine bedrohliche **Hypokaliämie** mit Herzrhythmusstörungen entstehen kann. Die Symptome sind Schock, Überhitzung, quälender Durst und zentralnervöse Erscheinungen wie Angst, Konfusion oder Delirium.

Durch die Hypovolämie fehlt zusätzlich die Möglichkeit der Schweißbildung (**Anhidrosis**).

Merke

Bei der **Wassermangel-Hitzeerschöpfung** ist der hypovolämische Schock durch zu geringe

oder fehlende Flüssigkeitszufuhr weitaus gravierender als bei der Salz-mangel-Hitzeerschöpfung.

Achtung

Die **Wassermangel-Hitzeerschöpfung** mit hypertoner Dehydratation führt nicht rechtzeitig oder unbehandelt zum **klassischen Hitzschlag**.

Therapie

Die **Basismaßnahmen** beziehen sich auf die Stabilisierung der Kreislaufsituation. In **leichteren Fällen** reicht es aus, wenn die Patienten in eine kühlere Umgebung gebracht werden und durch ausreichendes Trinken ihren Wasser- und Elektrolythaushalt wieder normalisieren. Beengende Kleidung wird geöffnet, und es wird für körperliche Ruhe und Betreuung gesorgt. Überdies wird eine ausreichende Luftbewegung sichergestellt.

In den **schweren Fällen** kommt es zu starken Elektrolytverschiebungen, die unter stationären Bedingungen im Krankenhaus wieder normalisiert werden müssen. Als **erweiterte Maßnahme** ist die rasche Infusion von 1 000–1 500 ml balancierter Vollelektrolytlösung bereits im Vorfeld der Krankenhausaufnahme angezeigt. Ebenso erhält der Patient Sauerstoff 10–15 l/Min. über eine Sauerstoffmaske. Zur Überwachung des Patienten wird ein fortlaufendes Monitoring (EKG, Blutdruckmessung, Sauerstoffsättigung) durchgeführt. Außerdem wird die Körpertemperatur gemessen und der Blutzuckergehalt bestimmt. Die Patientenlagerung erfolgt bei Bewusstseinsstörung in stabiler Seitenlage, sonst in Flachlagerung mit angehobenen Beinen.

Schlagwort

Hitzeerschöpfung

Ursachen

- Wasser- und Elektrolytverlust durch starkes Schwitzen mit unzureichender oder fehlender Flüssigkeitszufuhr (hypotone oder hypertone Dehydratation)
- Körperkerntemperatur normal bis erhöht, jedoch **unter 40 °C**

Symptome

- **Salzmangel-Hitzeerschöpfung mit hypotoner Dehydratation**

- Kein Durst
- Kühle, blasse Haut, Kaltschweißigkeit
- Tachykardie, Hypotonie, Zentralisation
- Tachypnoe
- Zyanose der Akren
- Übelkeit, Kopfschmerzen, Muskelkrämpfe
- Bewusstseinsstörungen bis Bewusstlosigkeit
- Meningismus, Pupillendifferenz
- Körperkerntemperatur **nicht** erhöht

- **Wassermangel-Hitzeerschöpfung mit hypertoner Dehydratation**

- Quälender Durst bei Artikulationsmöglichkeit
- Bewusstseinsstörungen bis Bewusstlosigkeit
- Anfangs gerötete, später blasse Haut
- Trockene Haut und Schleimhäute, herabgesetzter Hautturgor
- Tachykardie, Hypotonie, Kreislaufzentralisation
- Herzrhythmusstörungen (Hypokaliämie)
- Fehlende Schweißbildung (Anhidrosis)
- Körperkerntemperatur ist erhöht, jedoch **unter 40 °C**

Maßnahmen

Monitoring

- AF, SpO₂, Rekapillarierungszeit, Puls (peripher/zentral), RR, BZ, GCS, EKG, Temperatur

Basismaßnahmen

- Bei erhaltenem Bewusstsein: Flachlagerung in kühler Umgebung
- Bei Bewusstlosigkeit: stabile Seitenlage
- Beengende Kleidung öffnen
- O₂-Gabe über Maske 10–15 l/Min.
- Assistierte Beatmung bei extremer Tachypnoe und Hypoventilation
- Durchbrechung des Krampfanfalls
- i. v. Zugang und balancierte Vollelektrolytlösung (Druckinfusion)

Erweiterte Maßnahmen

- Vorbereitung der Narkose (RSI)

Medikamente und Dosierungsempfehlungen

- Antiemetikum: 62 mg Dimenhydrinat (Vomex A[®]) i. v.
- Krampfdurchbrechung: Midazolam (Dormicum[®]) 10 mg i. v.
- Sedierung: 0,025–0,05 mg/kg KG Midazolam i. v.
- Manifeste Schock: Narkoseeinleitung mit Ketamin/S-Ketamin, Midazolam, Succinylcholin, Rocuronium (Esmeron[®]) i. v.
- Volumentherapie: balancierte Vollelektrolytlösung 1 000–2 000 ml

42.4.4 Hitzschlag

Der Hitzschlag ist eine seltene und ausgesprochen bedrohliche Erkrankung, die unbehandelt zum Tode führen kann. Im Vordergrund steht das Versagen der körpereigenen Temperaturregulationsmechanismen im Hypothalamus, da bei hoher Umgebungstemperatur bzw. hoher Luftfeuchtigkeit die Wärmeabgabe über die Körperschale im notwendigen Maße nicht mehr möglich ist (Tab. 42.2). Es resultiert ein

lebensbedrohlicher Anstieg der Körperkerntemperatur über 40,6 °C. Betroffen sind überwiegend ältere Patienten, Kleinkinder und Säuglinge sowie jüngere Menschen bei körperlicher Anstrengung. Es werden **zwei Formen** des Hitzschlags unterschieden.

Anstrengungsinduzierter Hitzschlag

Der **anstrengungsinduzierte Hitzschlag** betrifft häufig junge, gesunde Menschen, die hitzeadaptiert und leistungsfähig sind wie beispielsweise Soldaten oder Sportler. Ursache ist eine länger dauernde körperliche Anstrengung in heißer oder feuchtwarmer Umgebung.

Je nach Anstrengung, Bekleidung und Umgebungstemperaturen entwickelt sich der anstrengungsinduzierte Hitzschlag innerhalb von Minuten bis Stunden. Die lebensbedrohliche Erhöhung der Körperkerntemperatur über $40,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**Hyperpyrexie**) entsteht durch die **enorm gesteigerte endogene Wärmeproduktion**. Unsachgemäße Kleidung und die bestehenden klimatischen Bedingungen verursachen eine stark reduzierte oder eingeschränkte Wärmeabgabe. Der Mechanismus, über Verdunsten dem Körper rasch große Mengen an Wärme zu entziehen, versagt. Durch die globale Hyperpyrexie droht dem Patienten unbehandelt ein Multiorganversagen durch irreversible Schädigung der Zellen und Denaturierung der Eiweiße. Ausdruck dafür ist u. a. die Zerstörung der Muskelfasern (**Rhabdomyolyse**) mit Freisetzung der Eiweiße ins Blut (Myoglobinämie), die über den Urin ausgeschieden werden und dabei eine mechanische Verlegung der Nierenkanälchen und akuter Niereninsuffizienz verursachen (**Crush-Niere**).

Symptome

Oftmals treten **Bewusstseinsstörungen** und **Bewusstlosigkeit** als frühe Zeichen der Hyperpyrexie **ohne Vorankündigung** auf. Im Weiteren können sich tonisch-klonische Krämpfe als Folge der Hirndrucksymptomatik entwickeln, die Ausdruck der schweren Zellschädigungen im ZNS sind. Typischerweise ist die Haut der Patienten heiß, gerötet und feucht. Die Schweißbildung ist reduziert, aber insgesamt noch vorhanden. Aufgrund der im Verhältnis zum klassischen Hitzschlag deutlich kürzeren Entstehungszeit ist die Hypovolämie der Patienten deutlich geringer ausgeprägt. In der frühen Phase zeigen die Kreislaufparameter eine Tachykardie mit Normo- oder Hypertonie. Mit Einsetzen der kardialen Dekompensation im Spätstadium entwickeln die Patienten eine ausgeprägte Hypotonie mit blasser Haut. Die Körperkerntemperatur liegt weit über $40,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**Hyperpyrexie**). Bedingt durch die **sympathoadrenerge Reaktion** ist die Atmung schnell (Tachypnoe) und flach (Hypopnoe).

Merke

Aufgrund der **kürzeren Entstehungszeit** gegenüber dem klassischen Hitzschlag ist die Schweißproduktion reduziert, aber noch vorhanden. Die Haut ist deshalb heiß und feucht.

Klassischer Hitzschlag

Der klassische Hitzschlag entsteht über einen längeren Zeitraum und ist häufig die Folge einer nicht rechtzeitig behandelten **Hitzeerschöpfung mit hypertoner Dehydratation**. Vor allem ältere Patienten mit reduziertem Durstgefühl, Vorerkrankungen und gestörter Thermoregulation sind davon betroffen. Auch bei psychiatrischen Patienten mit gestörtem Durstempfinden besteht eine Prädisposition. In Hitzeperioden verursacht das tagelange Schwitzen bei ungenügender oder fehlender Flüssigkeitszufuhr eine Wassermangel-Hitzeerschöpfung mit hypertoner Dehydratation. Wird dieser Zustand nicht rechtzeitig behandelt, nimmt die nun fehlende Schweißbildung (**Anhidrosis**) den Patienten die Möglichkeit, Körperwärme abzugeben. Es entwickelt sich eine Hyperpyrexie mit allen zuvor beschriebenen Multiorgankomplikationen. Patienten mit klassischem Hitzschlag sind einerseits von der Schwere des **hypovolämischen Schocks** und andererseits von den akuten Folgen der **Hyperpyrexie** bedroht.

Merke

Tagelanges Schwitzen bei ungenügender oder fehlender Flüssigkeitszufuhr hat eine **hypertone Dehydratation** mit **hypovolämischen Schock** zur Folge. Kann der Volumenmangel nicht rechtzeitig behandelt werden, entwickelt sich bei nun fehlender Möglichkeit der Schweißbildung (**Anhidrosis**) ein lebensbedrohlicher Anstieg der Körperkerntemperatur. Die Haut ist deshalb typischerweise heiß und trocken.

Symptome

Patienten im **klassischen Hitzschlag** zeigen die typischen Symptome des **hypovolämischen Schocks** mit Tachykardie, Hypotonie, Kreislaufzentralisation und Tachypnoe.

Die Veränderungen im ZNS entstehen langsamer als bei Patienten im **anstrengungsinduzierten Hitzschlag**. Unruhe, Verwirrtheit und Desorientiertheit verstärken sich zunehmend zur Bewusstseinsstörung und Bewusstlosigkeit. Bei noch erhaltenem Bewusstsein sind die Betroffenen von quälendem Durst gekennzeichnet. Durch den ausgeprägten Volumenmangelschock zeigen die Patienten

eine trockene Haut und Schleimhäute sowie eine fehlende Schweißbildung (**Anhidrosis**). Ein herabgesetzter Hautturgor als Ausdruck der bereits vorbestehenden Exsikkose ist häufig zu beobachten. Im Vollbild des klassischen Hitzschlags zeigt sich neben der Hypovolämie auch ein lebensbedrohlicher Anstieg der Körperkerntemperatur (**Hyperpyrexie**). Die daraus resultierende Multiorganbedrohung wird nicht selten durch vorbestehende Erkrankungen bedrohlich verstärkt und erklärt die insgesamt ernste Prognose der Patienten. Im Akutstadium des klassischen Hitzschlags zeigen die Patienten aufgrund der schweren Hypovolämie und kardialen Dekompensation eine blasse und grau-marmorierte Haut.

Achtung

Die frühzeitige und konsequente **Kühltherapie** stellt die elementare Basismaßnahme dar. Ohne sie haben erweiterte Maßnahmen keine Aussicht auf eine erfolgreiche Therapie.

Therapie

Ziel der **Basismaßnahmen** ist die möglichst rasche Wiederherstellung der normalen Körpertemperatur. Der Patient sollte umgehend an einen kühlen, schattigen Ort gebracht und aktiv mit kaltem Wasser oder kalten, nassen Tüchern abgekühlt werden. Am besten sind die Mechanismen der Körperauskühlung durch Aufbringen von feuchten Gazestreifen auf die Haut zu nutzen, die regelmäßig nachgefeuchtet werden (künstliches Schwitzen). Das Befeuchten der Haut mit Alkohol verbessert durch den erhöhten Verdunstungseffekt die Wärmeabgabe. Ziel ist die Abkühlung auf etwa 38 °C. Zusätzlich muss die Stabilisierung und Erhaltung der vitalen Funktionen durch **erweiterte Maßnahmen** erfolgen. Über einen oder zwei möglichst großlumige venöse Zugänge werden je nach Ausmaß des hypovolämischen Schocks 1 000–2 000 ml Flüssigkeit in Form von balancierten Vollelektrolytlösungen infundiert. 10–15 l/Min. Sauerstoff wird über eine Sauerstoffmaske bereits frühzeitig appliziert. Die begleitende Behandlung richtet sich nach der Einschränkung vitaler Funktionen. Bewusstlose Patienten werden intubiert und beatmet. Generalisierte Krämpfe werden medikamentös mit Benzodiazepinen durchbrochen bzw. wenn notwendig durch eine Intubationsnarkose behandelt. Vor allem bei kardialer Dekompensation werden Katecholamine erst nach erfolgreicher Kühltherapie eingesetzt, um einen weiteren Anstieg der Körperkerntemperatur zu vermeiden. Nach **Stabilisierung der Vitalfunktionen** muss der Patient auf einer Intensivstation nachbehandelt werden, denn die nachhaltige Überwärmung des Körperkerns ist ein lebensbedrohlicher Zustand, in dessen Folge es zu schweren Komplikationen mit

Leber- und Nierenversagen sowie zu Blutgerinnungsstörungen (disseminierte intravasale Gerinnung) kommen kann.

Schlagwort

Hitzschlag

Ursachen

- Versagen der körpereigenen Temperaturregulationsmechanismen im Hypothalamus bei hoher Umgebungstemperatur
- Körperkerntemperatur **über 40,6 °C (Hyperpyrexie)**

Symptome

- **Anstrengungsinduzierter Hitzschlag**

- Kurze Entstehungszeit
- Reduzierte, aber noch vorhandene Schweißbildung
- Heiße, gerötete, schweißnasse Haut
- Tachykardie, Normotonie, Hypertonie
- Gering ausgeprägter Volumenmangel
- Bei Kreislaufdekompensation: Tachykardie, Hypotonie, Herzrhythmusstörungen
- Tachypnoe, Ateminsuffizienz
- Cheyne-Stokes-Atmung (Hirnödem und Hirndrucksymptomatik)
- Bewusstseinsstörungen bis Bewusstlosigkeit
- Pupillenerweiterung (Mydriasis), Pupillendifferenz, Meningismus
- Tonisch-klonische Krampfanfälle
- Körperkerntemperatur erhöht über 40,6 °C (Hyperpyrexie)

- **Klassischer Hitzschlag**

- Fehlende Schweißbildung (Anhidrosis)
- Verwirrt, desorientiert, unruhig (agitiert)

- Bewusstseinsstörungen bis Bewusstlosigkeit
- Tonisch-klonische Krämpfe
- Mydriasis, Anisokorie
- Anfangs gerötete, später blasse Haut
- Trockene Haut und Schleimhäute, herabgesetzter Hautturgor
- Tachykardie, Hypotonie, Kreislaufzentralisation
- Deutlich verzögerte Rekapillarierungszeit
- Schwer ausgeprägter hypovolämischer Schock
- Herzrhythmusstörungen (Hyperkaliämie)
- Körperkerntemperatur erhöht über 40,6 °C (Hyperpyrexie)

Maßnahmen

Monitoring

- AF, SpO₂, Rekapillarierungszeit, Puls (peripher/zentral), RR, BZ, GCS, EKG, Temperatur

Basismaßnahmen und Lagerung

- Bei erhaltenem Bewusstsein: Flachlagerung in kühler Umgebung
- Bei Bewusstlosigkeit: stabile Seitenlage
- Beengende Kleidung öffnen.
- Lebensrettende Ganzkörperkühlung einleiten.
- Durchbrechung des Krampfanfalls
- O₂-Gabe über Maske 10–15 l/Min.
- Assistierte Beatmung bei extremer Tachypnoe und Hypoventilation
- i. v. Zugang und balancierte Vollelektrolytlösung (Druckinfusion)

Erweiterte Maßnahmen

- Vorbereitung der Narkose (RSI)

Medikamente und Dosierungsempfehlungen

- Krampfdurchbrechung: Midazolam (Dormicum[®]) 10 mg i. v.
- Sedierung: 0,025–0,05 mg/kg KG Midazolam i. v.

- Manifester Schock: Narkoseeinleitung mit Ketamin/S-Ketamin, Midazolam, Fentanyl, Succinylcholin, Rocuronium (Esmeron[®]) i. v.
- Volumentherapie: balancierte Vollelektrolytlösung 1 000–2 000 ml
- Kreislaufstabilisierung nach Kühl- und Volumentherapie: Dobutamin 2,5-5-10 µg/kg KG/Min. und evtl. zusätzlich Noradrenalin 0,1–0,2 µg/kg KG/Min. über Perfusoren

42.5 Verbrennungstrauma

Verbrennungen und Verbrühungen sind durch thermische Einflüsse ausgelöste **morphologische Schädigungen der Haut**, z. T. unter Beteiligung der tieferen Gewebeschichten. Diese Schädigungen haben nicht nur eine isolierte Auswirkung auf das betroffene Gewebe, sondern schädigen je nach Ausmaß den gesamten Organismus. Verbrennungen und Verbrühungen können daher lebensbedrohliche Störungen aller vitalen Funktionen auslösen. Verbrennungen machen etwa 1 % aller präklinischen Notfälle aus. Das entspricht ca. 15 000 Patienten jährlich, die wegen einer Verbrennung stationär aufgenommen werden; ca. 2 000 Patienten davon bedürfen einer intensivmedizinischen Behandlung.

Merke

Ursachen des Verbrennungstraumas

- Flammen
- Verbrühung durch heißes Wasser oder Wasserdampf
- Stromunfälle (vor allem Hochspannung)
- Verätzungen (Säuren, Laugen, organische Lösungsmittel)
- Kontaktverletzungen durch heiße Gegenstände (z. B. Herdplatte)
- Kindesmisshandlung

42.5.1 Beurteilung des Ausmaßes der Brandverletzung

Das Ausmaß der Verbrennungsverletzung bestimmt in Abhängigkeit vom Lebensalter des Patienten die Prognose. Kaum eine andere Unfallart führt zu so ausgedehnten Wunden wie eine Verbrennung. Das Ausmaß und die Schwere der Verletzung sind von den Faktoren **Temperaturhöhe, Einwirkdauer,**

Flächenausdehnung und **Tiefenausdehnung** abhängig (Tab. 42.3).

Einstufung der Brandverletzung entsprechend ihrem Ausmaß (unter Berücksichtigung der genannten Entscheidungskriterien)

Tab. 42.3

	Leichte Brandverletzungen	Mittelschwere Brandverletzungen	Schwere Brandverletzungen	Schwerste Brandverletzungen
Erwachsene	<ul style="list-style-type: none"> • Verbrennungen Grad I unter 20 % KOF • Verbrennungen Grad II unter 10 % KOF • Verbrennungen Grad III unter 2 % KOF 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbrennungen Grad I über 20 % KOF • Verbrennungen Grad II mit 10–20 % KOF • Verbrennungen Grad III bis 10 % KOF • Alle Verbrennungen beider Hände oder Füße, des Gesichts oder Genitalbereichs 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbrennungen Grad II und III mit mehr als 20 % KOF • Alle Verletzungen durch elektrischen Strom oder Verätzungen 	Schwere Brandverletzungen mit vital bedrohlichen Zusatzgefährdungen wie Polytrauma oder Inhalationstrauma
Kinder	<ul style="list-style-type: none"> • Verbrennungen Grad I unter 10 % KOF • Verbrennungen Grad II unter 5 % KOF 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbrennungen Grad I über 10 % KOF • Verbrennungen Grad II mit 5–10 % KOF • Verbrennungen Grad III bis 10 % KOF • Alle 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbrennungen Grad II und III mit mehr als 10 % KOF • Alle Verletzungen durch elektrischen Strom oder Verätzungen 	Schwere Brandverletzungen mit vital bedrohlichen Zusatzgefährdungen wie Polytrauma oder Inhalationstrauma

		Verbrennungen beider Hände oder Füße, des Gesichts oder Genitalbereichs	
--	--	---	--

Schweregrade der Verbrennung

Die **Tiefenausdehnung** der Verbrennung wird in **vier Schweregrade** unterteilt, die durch die Schädigung des betroffenen Gewebes definiert werden. Sie ist neben anderen Aspekten wie Begleitverletzungen entscheidend für die Wahl des Transportziels.

Die Einschätzung der Verbrennungsschwere an der Einsatzstelle ist schwierig. Das wird dadurch deutlich, dass das Rettungsfachpersonal die Tiefe der Verbrennung häufig unterschätzt und die prozentuale Ausdehnung häufig überschätzt. Daraus resultieren nachhaltige Konsequenzen in der Versorgungsstrategie wie korrekte Auswahl der Zielklinik und tatsächlich erforderliche Volumentherapie der Patienten.

Verbrennung/Verbrühung Grad I

Eine **oberflächliche epidermale Verbrennung**, bei der lediglich die Epidermis betroffen ist, bezeichnet man als Verbrennung ersten Grades. Es kommt zu einer schmerzhaften Rötung (Erythem) der Haut mit anschließender spontaner Hautregeneration ohne Narbe. Gelegentlich treten vorübergehende Schwellungen auf. Der Sonnenbrand ohne Narbenbildung ist dafür ein typisches Beispiel.

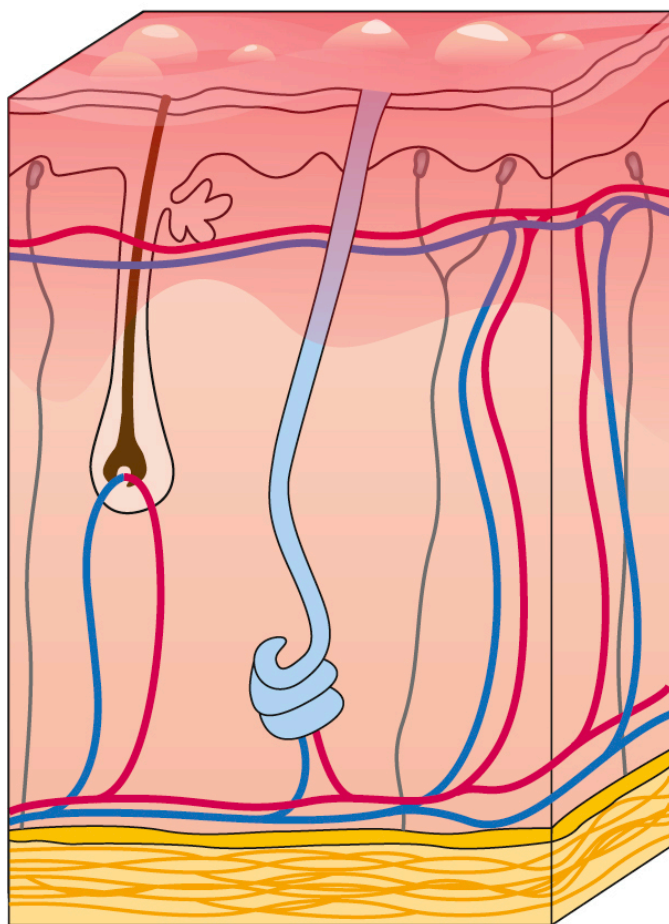
Verbrennung/Verbrühung Grad II

Die **oberflächliche dermale Verbrennung zweiten Grades** (Grad IIa) ist durch eine ausgeprägte Rötung und Schmerzhaftigkeit der Haut mit Blasenbildung gekennzeichnet. Die tiefen Anteile des Korioms (Lederhaut) mit den Hautanhangsgebilden bleiben erhalten. Hier ist ebenfalls eine spontane Erneuerung der Hautschichten ohne Folgeschäden gegeben. Verbrühungen mit oberflächlicher Blasenbildung sind hierfür ein Beispiel. Die **Blasen** entstehen durch Plasmaansammlung zwischen Epidermis und Korium. Durch die zerstörten Kapillargefäße gelangt die klare, seröse und eiweißhaltige

Flüssigkeit zwischen die Hautschichten und hebt die Epitheldeckschicht blasenförmig ab. Kann die hyperämische Rötung des Blasengrunds durch Druck beseitigt werden, ist dies als Zeichen zu werten, dass die Kapillaren des Koriums noch durchgängig sind.

Bei einer **tiefen dermalen Verbrennung zweiten Grades** (Grad IIb) dagegen kommt es zu einem weitgehenden Verlust des Koriums ([Abb. 42.4](#)). Es bleiben lediglich Reste tief liegender Hautanhangsgebilde erhalten. Bei der tieferen Schädigung werden teils prall gefüllte, teils durch Druck geplatzte Bläschen sichtbar, deren Wundgrund sich zunehmend weiß darstellt. Gründe hierfür sind die stärkere Schädigung des Kapillarnetzes sowie die Veränderung der Eiweiße im Korium. Die Möglichkeit, die hyperämische Rötung des Blasengrunds durch Druck zu beseitigen, ist gering. Oberflächlich sitzende Haare fallen aus. Die Schmerzempfindung nimmt ab. Die Abheilung der tiefen Verbrennung zweiten Grades dauert meist länger als 3 Wochen und ist häufig mit einer erheblichen Narbenbildung und Infektion verbunden.

Verbrennung Grad II [L231]



Verbrennung 2. Grades:

Epidermis, teilweise Dermis betroffen

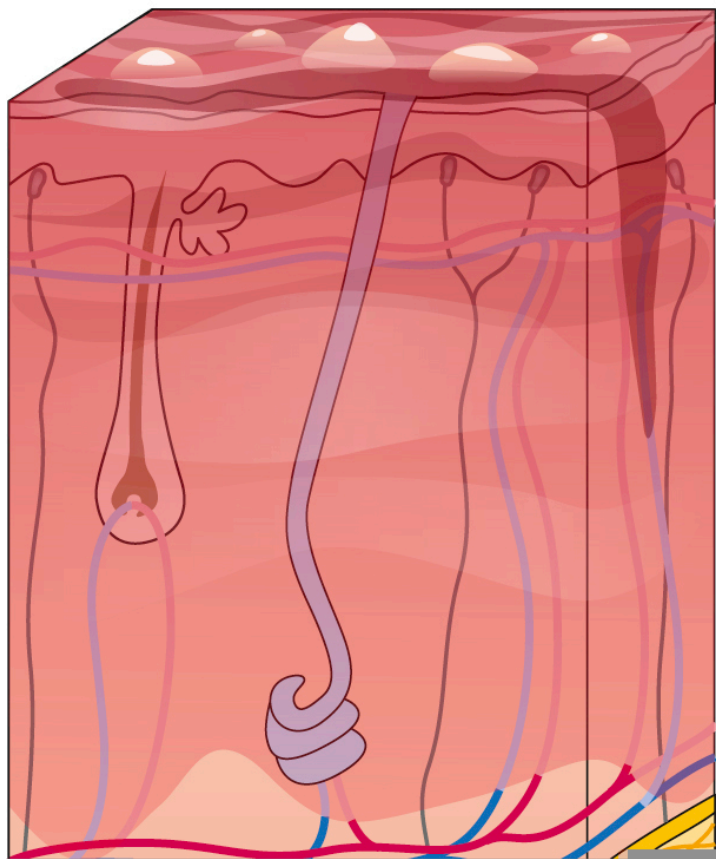
- Blasenbildung
- Schmerzhaft
- Glänzend-feuchtes Wundbett

Verbrennung/Verbrühung Grad III

Kommt es durch die **subdermale Verbrennung** zu einem totalen Verlust des Koriums, liegt eine Verbrennung dritten Grades vor ([Abb. 42.5](#)). Die Zerstörung der oberflächlichen Kapillaren lässt die Verbrennungswunde weiß erscheinen. In diesem Falle sind die Haut mit ihren Anhangsgebilden und teilweise auch das darunter liegende Subkutangewebe zerstört. Die Epidermis weist eine lederartige

Struktur auf, und Schmerzempfindungen durch Berührungen sind in diesem Verbrennungsstadium nicht mehr möglich. Die im Korium liegenden Schmerzrezeptoren sind zerstört. Bei isolierten drittgradigen Verbrennungen besteht deshalb **Schmerzfreiheit**. Das gilt jedoch nicht für Verbrennungen, die durch mehrere Verbrennungsgrade gekennzeichnet sind. Eine **spontane Abheilung** ist bei drittgradigen Verbrennungen **unmöglich**.

Verbrennung Grad III [L231]



Verbrennung 3. Grades:

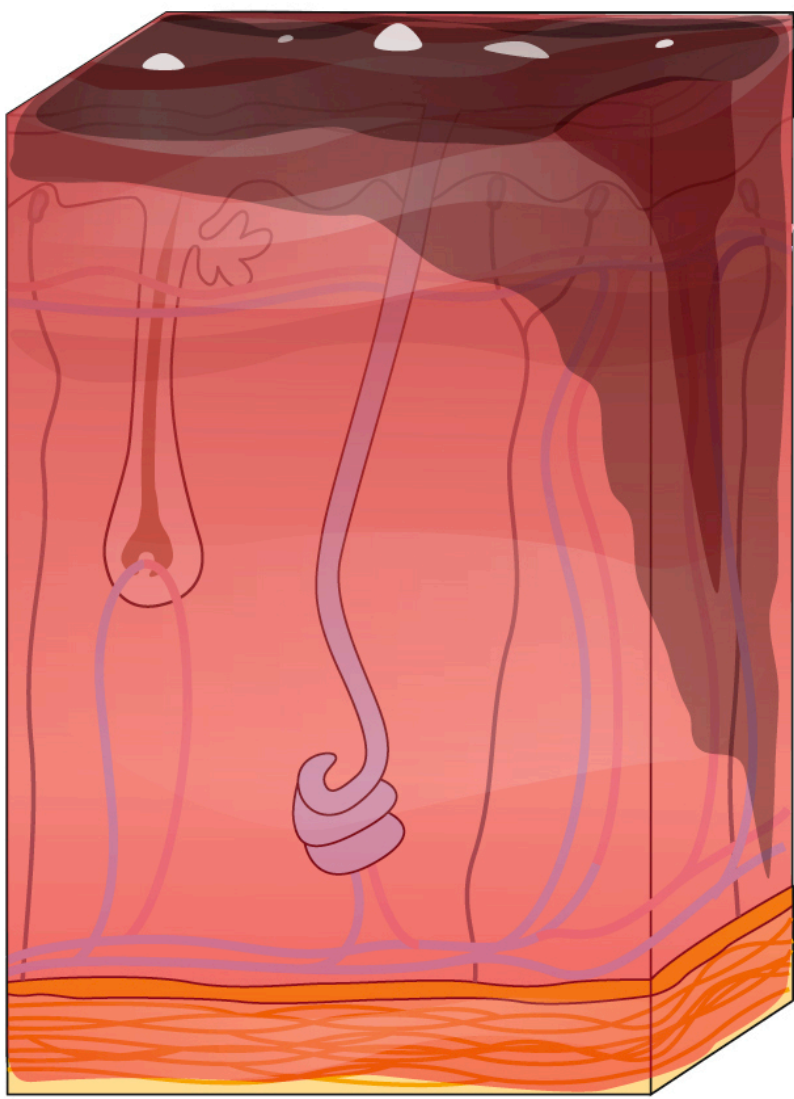
Epidermis und komplette Dermis betroffen

- Ledrig
- Weiß bis verkohlt
- Totes Gewebe
- Patienten haben nur noch Schmerzen im nicht komplett verbrannten Gewebe

Verbrennung/Verbrühung Grad IV

Die Verbrennung vierten Grades ist eine **komplett subdermale Verbrennung mit Beteiligung subdermaler Strukturen** und ein Synonym für die Verkohlung des Wundgebiets. Alle Gewebestrukturen sind zerstört ([Abb. 42.6](#)). Eine Beteiligung von Knochen, Sehnen und Muskeln ist häufig zu verzeichnen. Eine **Spontanheilung** ist **nicht** mehr **möglich**. Bei Beteiligung von Extremitäten ist eine Rekonstruktion häufig nicht mehr möglich und eine **Amputation** meist notwendig.

Verbrennung Grad IV [L231]

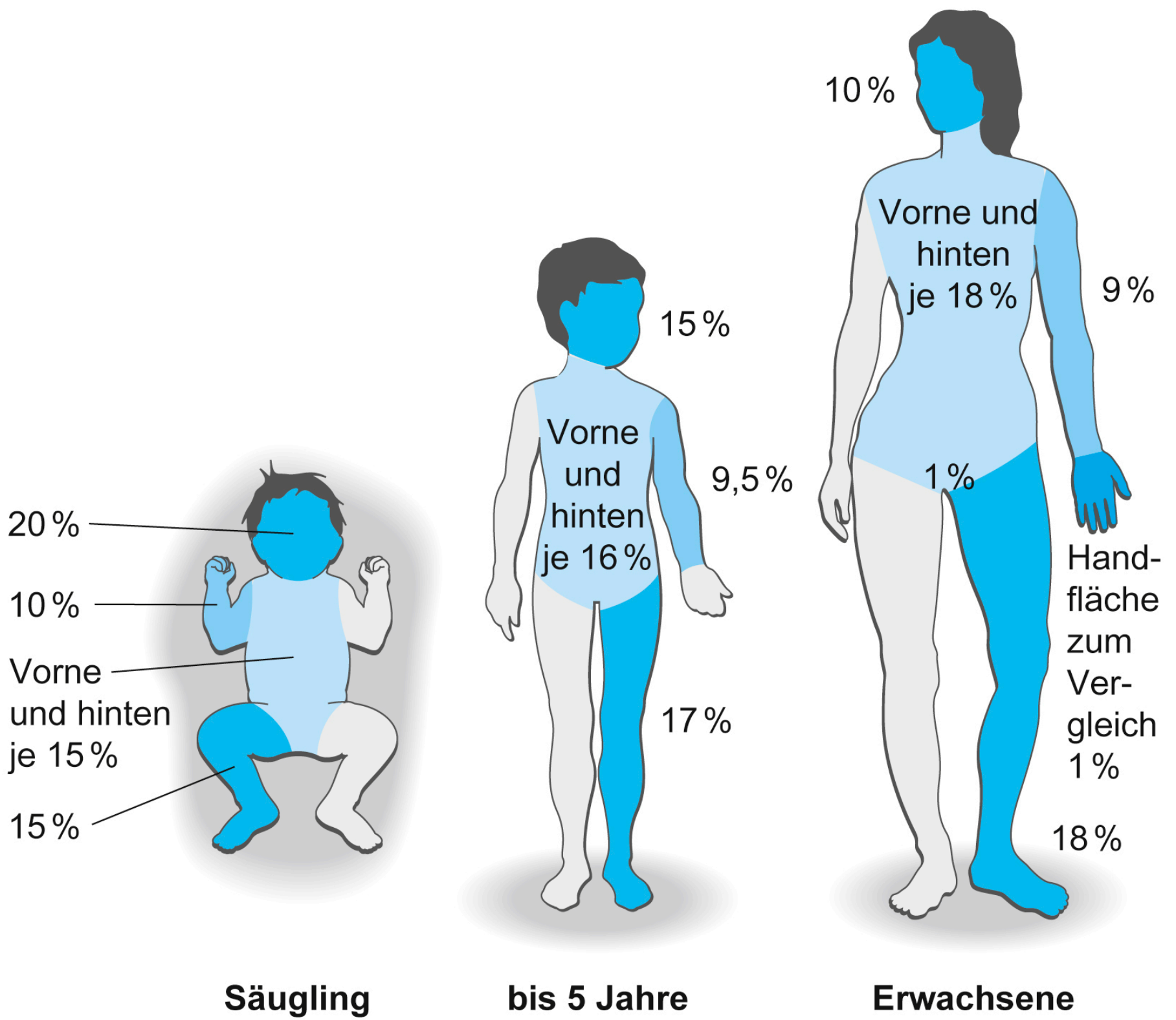


Verbrennung 4. Grades:
Vollkommene Zerstörung
des Tiefengewebes

Ausdehnung der Verbrennung

Die **Flächenausdehnung** der Verbrennung wird durch die Beteiligung des betroffenen Gewebes in **Prozent der Körperoberfläche (% KOF)** definiert. Als Hilfsmittel wird häufig die **Neunerregel** nach Wallace ([Abb. 42.7](#)) genutzt, die modifiziert auch die anatomischen Proportionen von Kindern berücksichtigt. Gerade die **differenzierten Proportionen bei Kindern** ([Abb. 42.8](#)) als auch die Tatsache, dass Verbrennungen nicht immer in zusammenhängenden Körperflächen auftreten, machen die Anwendung der Neunerregel in der Praxis meist schwierig. In diesen Situationen soll deshalb die Ausdehnung der Verbrennung nach der **Handflächenregel** erfolgen.

Neunerregel nach Wallace [L108]

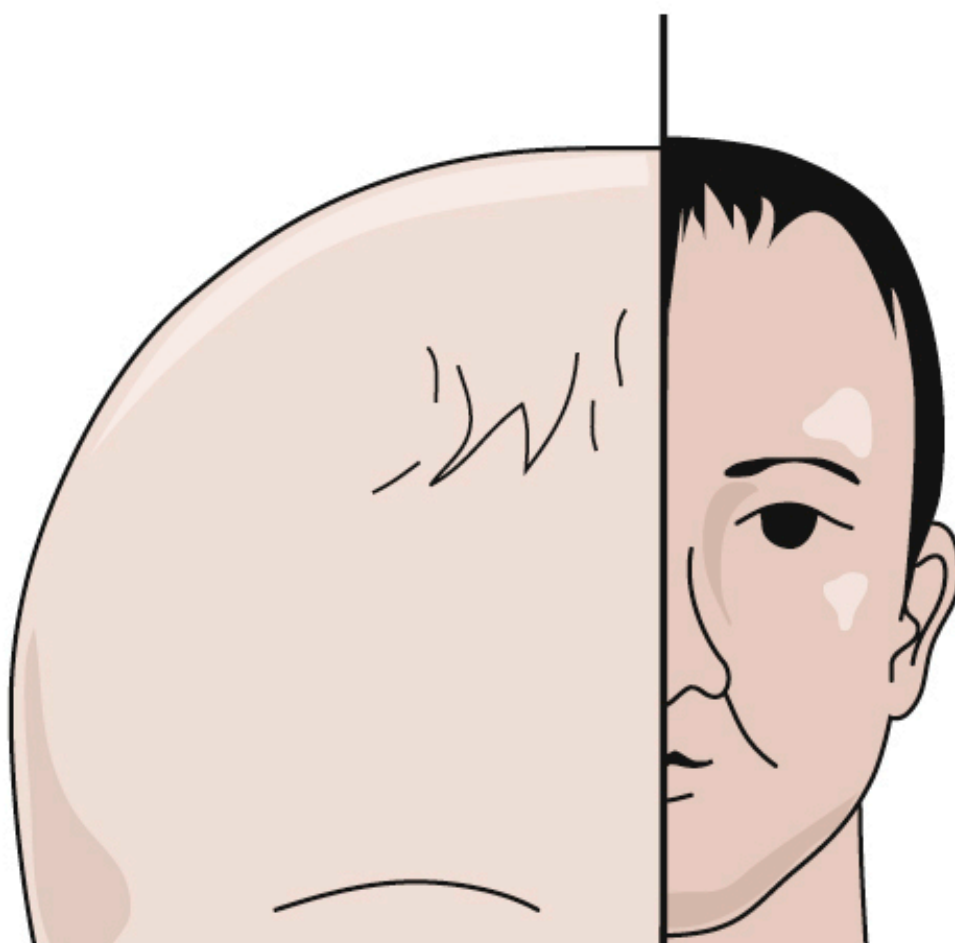


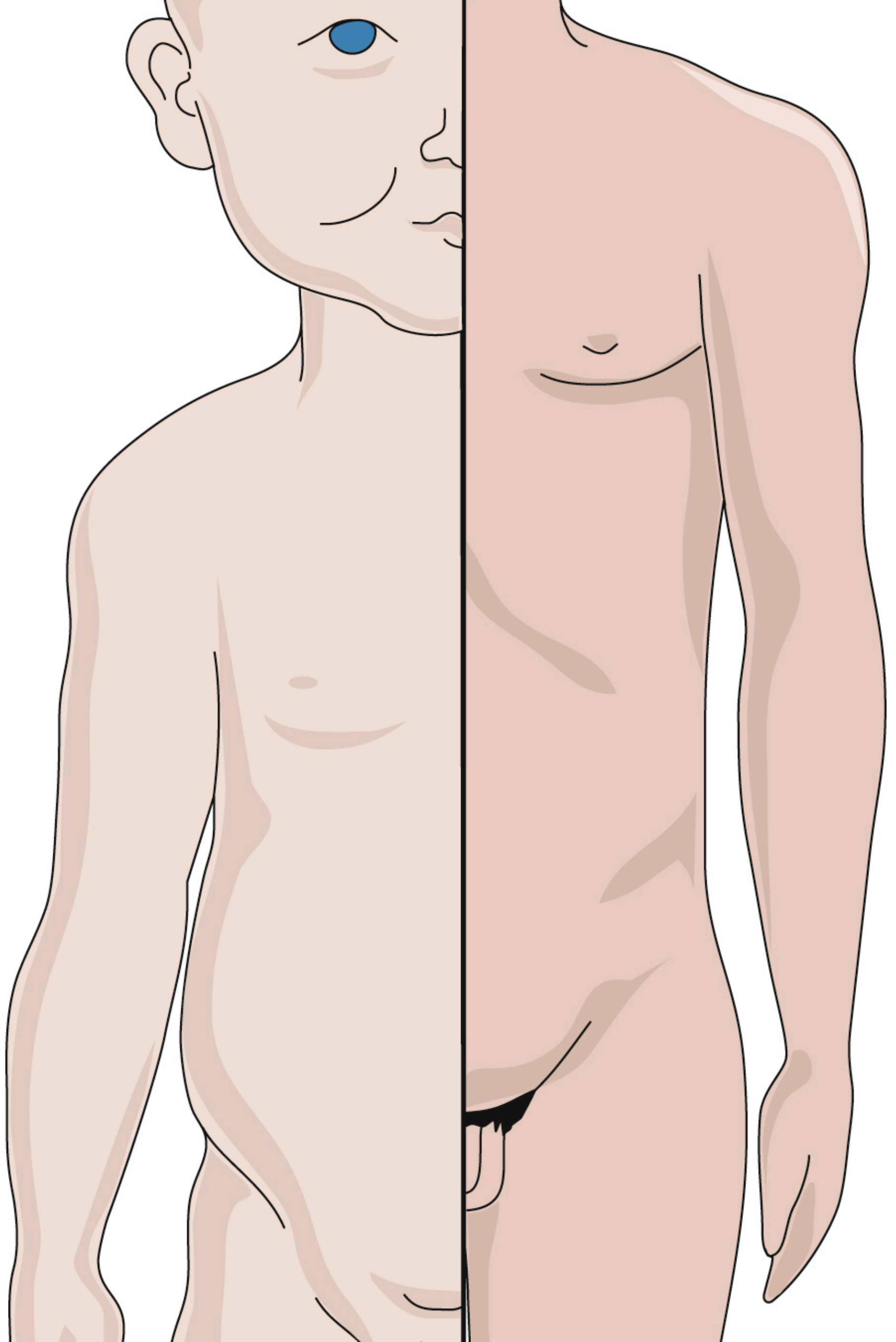
Säugling

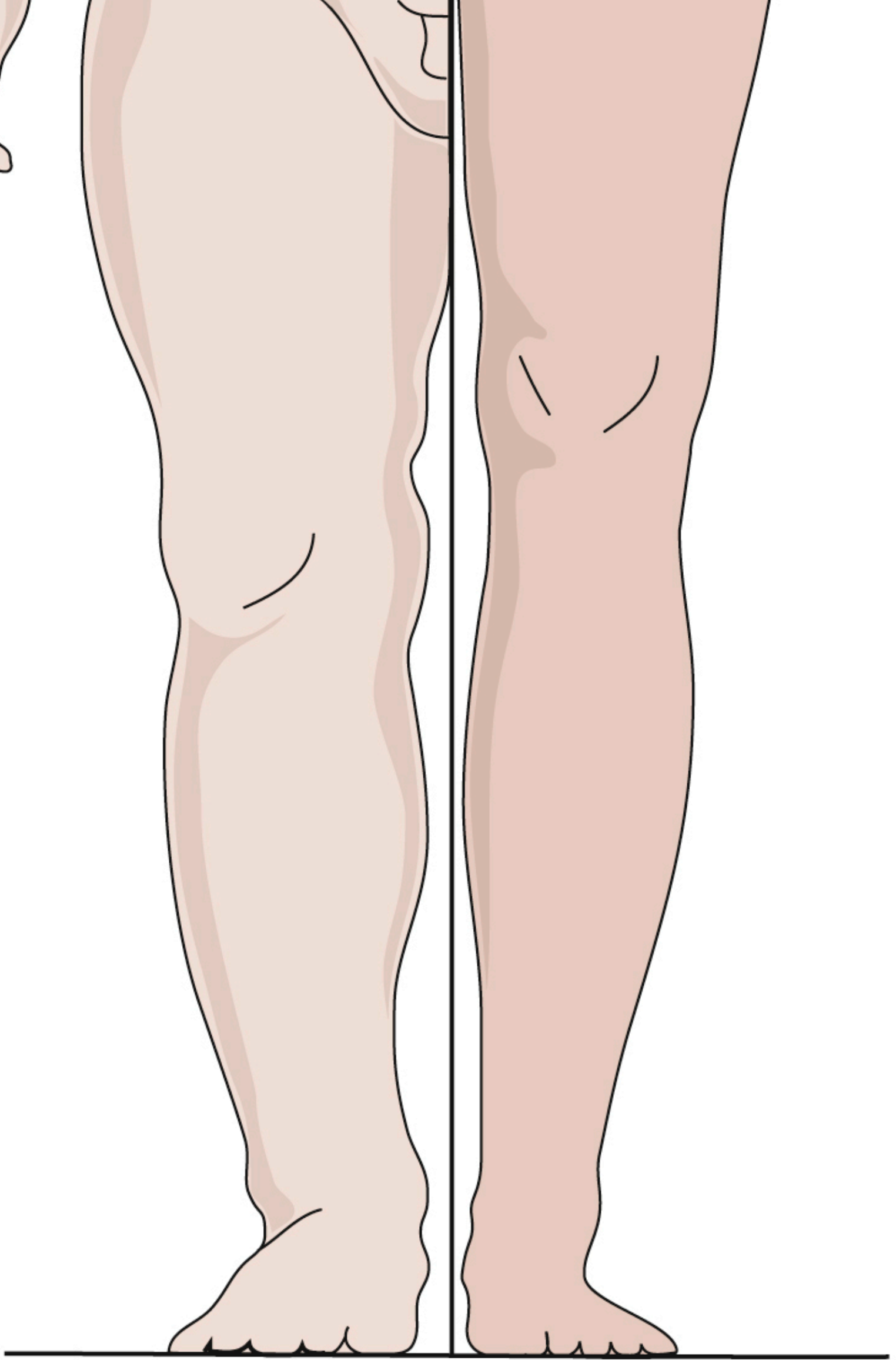
bis 5 Jahre

Erwachsene

Oberflächenvergleich Kind/Erwachsener [L157]







Merke

Handflächenregel

Sind Körperregionen nur teilweise betroffen, so gilt als Faustregel:

Die **Handfläche** mit den Fingern des Patienten entspricht ca. **1 % der Körperoberfläche**.

Trotz der bisher gemachten Feststellungen bleibt die **Beurteilung des Ausmaßes von Brandverletzungen** eine der schwierigsten Aufgaben der Notfallmedizin (Tab. 42.3). Dies ist i. d. R. durch die Diskrepanz des ersten Erscheinungsbilds zur tatsächlichen Schwere der Brandverletzung begründet. Der Mitarbeiter des Rettungsdienstes wird i. d. R. mit einem Patienten konfrontiert, der nicht zuletzt durch **Ausschüttung körpereigener (endogener) Hormone** (z. B. Endorphine) über einen längeren Zeitraum kaum Schmerzen verspürt und kreislaufstabil (Adrenalin, Noradrenalin) ist. Vor allem die initiale Kreislaufstabilität ist in vielen Fällen bei isoliertem Verbrennungstrauma üblich, da sich der traumatisch-hypovolämische Schock über Stunden entwickelt.

Achtung

Eine **ausgeprägte Schocksymptomatik** mit Kreislaufinsuffizienz ist auch bei schwerem Verbrennungstrauma zu diesem Zeitpunkt unüblich und fordert zwingend den Verdacht auf **thermomechanisches Kombinationstrauma** (z. B. Polytrauma).

Vital gefährdende Begleitverletzungen haben **Behandlungspriorität**. Die Patienten müssen deshalb in die nächste geeignete Klinik transportiert werden.

Merke

Es bleibt zu beachten, dass jederzeit die **Gefahr einer Dekompensation** eines scheinbar stabilen Zustands v. a. bei akuten Begleitverletzungen (z. B. Polytrauma) besteht.

42.5.2 Pathophysiologie des Verbrennungstraumas

Wenn die einwirkende Temperatur am Ort der thermischen Schädigung 50 °C übersteigt, werden abhängig von der tatsächlichen Temperatur und der Einwirkzeit analog dem Tiefengrad der Verbrennung **drei Zonen von innen nach außen** unterschieden. Bei der inneren Zone, die als **Nekrose- oder**

Koagulationszone bezeichnet wird, kommt es zu einer irreversiblen Zellschädigung ohne Heilungschance. Diese Zone entsteht als Folge einer drittgradigen Verbrennung. In der mittleren Zone, der **Stasezone**, ist die Gewebepfusion herabgesetzt. Es finden sich zerstörte als auch intakte Zellen. Diese Zone ist typisch für zweitgradige Verbrennungen. In der äußeren Zone, der **Hyperämiezone**, findet sich eine gesteigerte Gewebepfusion. Diese Zone entspricht einer erstgradigen Verbrennung.

Volumenverschiebung

Beim Verbrennungstrauma werden Kapillaren in zweierlei Hinsicht geschädigt. Einerseits entsteht die Schädigung als Folge der direkten thermischen Einwirkung selbst, andererseits durch die dadurch resultierende Ausschüttung vasoaktiver Mediatoren (z. B. Prostaglandine, Histamin, Kinine), welche die Permeabilität der Kapillaren deutlich erhöhen. Wasser, Elektrolyte und Eiweiße fließen verstärkt in den Zellzwischenraum und verursachen ein interstitielles Ödem. Diese auch als **Kapillarleck** bezeichnete pathophysiologische Komplikation verursacht einen intravasalen Volumenmangel bei gleichzeitiger Eindickung des Blutes (**Hämokonzentration**). Bei Verbrennungen bis 10 % bleibt der Kapillarschaden lokal begrenzt, darüber hinaus aber wird durch die Freisetzung und Einschwemmung der **vasoaktiven Mediatoren** in das Kreislaufsystem durch Bildung eines generalisierten Verbrennungsödems der gesamten Organismus betroffen. Weiterhin erfolgt über die Verbrennungswunde ein Plasmaverlust nach außen, der den intravasalen Volumenmangel verstärkt. Durch die thermische bedingte Eiweißdenaturierung sinkt der kolloidosmotische Druck (KOD) im Intravasalraum ab und es werden Endotoxine gebildet, die die Ausschüttung der vasoaktiven Mediatoren verstärken. Beides führt zu einer **Zunahme des Verbrennungsödems**.

Verbrennungsschock

Mit der Entstehung eines **traumatisch-hypovolämischen Schock** (Verbrennungsschock) muss gerechnet werden, wenn beim Erwachsenen mehr als 15 % und bei Kindern mehr als 10 % zweit- bis viertgradig verbrannte Körperoberfläche (VKOF) vorliegt. Die **akute Kreislaufinsuffizienz** ist das Resultat aus dem Verbrennungsödem und dem Plasmaverlust über die Verbrennungswunde nach außen. Der Ausstrom von Flüssigkeit in den interstitiellen Raum ist in den ersten 8 Std. am stärksten ausgeprägt und erreicht sein Maximum 12–24 Std. nach dem Verbrennungstrauma. Insgesamt bleibt die Ausströmung (Exsudation) von Flüssigkeit für 48–72 Std. bestehen. Erst dann findet nach und nach eine Restitution der Endothelfunktion mit Resorption und Rückbildung des Ödems statt. Hat sich der traumatisch-hypovolämische Schock manifestiert, entwickeln sich an allen Organsystemen die Folgen

einer akuten Minderdurchblutung und Sauerstoffunterversorgung. Der intravasale Verlust von Wasser, Elektrolyten und Eiweißen verursacht neben dem Volumenmangel eine Hämokonzentration des Bluts, bei der es zu einer Verklumpung und Zerstörung von Erythrozyten kommt (**Sludge-Phänomen**). Weiterhin werden intravasale Gerinnungsprozesse aktiviert, die über den Verbrauch von einzelnen Gerinnungsfaktoren eine **akute Blutgerinnungsstörung** verursachen (DIC = Disseminated Intravascular Coagulation; Verbrauchskoagulopathie). Durch die Hypoperfusion der Organe entwickelt sich eine schwere Hypoxie und metabolische Azidose.

Verbrennungskrankheit

Neben dem Verbrennungsschock selbst stellen seine Folgekomplikationen an den betroffenen Organen sowie andere Komplikationen der Verbrennung für den Patienten eine mitunter lebensbedrohliche Situation dar. Die pathophysiologischen Folgen der akuten Hypovolämie durch Hypoxie, Azidose und Organminderfunktion stehen dabei im Vordergrund.

Die Folgen der Hypoperfusion an vitalen Organen wie Gehirn, Herz, Lunge, Niere, Leber und Darm führen bei vielen Patienten mit Verbrennungen > 20 % KOF zu einem

Multiorgandysfunktionssyndrom (MODS) bis hin zum **Multiorganversagen** (MOV).

Die Denaturierung der Eiweiße stellt für die Niere ein zusätzliches Problem dar. Durch Ansammlung der Zerfallsprodukte in den Nierenkapillaren kann sich über deren Verstopfen eine **Crush-Niere** mit akutem Nierenversagen entwickeln. Weiterhin stellt die häufige Entwicklung einer Sepsis bis zum septischen Schock als Folge einer bakteriellen Infektion und systemischen Entzündungsreaktion (**SIRS = Systemic Inflammatory Response Syndrome**) eine bedrohliche Zusatzkomplikation für den Patienten dar. Ebenso verhält es sich bei Patienten, die neben den beschriebenen pathophysiologischen Komplikationen eine Hypothermie vorweisen. Ihre Prognose verschlechtert sich dadurch erheblich.

Inhalationstrauma (IHT)

Bei ca. 20 % aller stationär aufgenommenen Verbrennungspatienten liegt zusätzlich ein Inhalationstrauma vor. Bei den Patienten, die an den Folgen eines Verbrennungstraumas versterben, ist in bis zu 80 % d. F. das Inhalationstrauma die Todesursache. Das Inhalationstrauma kann in zwei Formen unterteilt werden. Beim **thermischen Inhalationstrauma** entsteht die physikalische Schädigung der oberen und unteren Atemwege durch die direkte Hitzeeinwirkung. Hinweiszeichen sind Rußspuren, Rötung, Schwellung der Schleimhäute im Mund-Rachenraum, versengte Nasen- oder Barthaare und Augenbrauen sowie zunehmende Atemnot mit in- und expiratorischem Stridor.

Beim **chemischen Inhalationstrauma** entsteht die Schädigung des Gewebes durch systemische Intoxikation nach Inhalation von Noxen über die Atemwege. Wasserlösliche (hydrophile) Noxen wie z. B. Ammoniak, Chlorwasserstoff, Fluor- und Schwefelwasserstoff verursachen rasch Schäden durch Verätzungen in den oberen Atemwegen mit der Bildung von Larynx- oder Pharynxödem. Lipophile Noxen wie z. B. Aldehyde, Nitrosegase oder Stickstoffoxide, Ozon oder Phosgen verursachen dagegen eine verzögerte Schädigung in den unteren Atemwegen. Bei diesen Patienten zeigt sich die Atemstörung durch Reizhusten, expiratorischen Stridor mit Bronchospastik bis hin zu brodelnden und rasselnden Atemgeräuschen als Ausdruck eines **toxischen Lungenödems**. Dyspnoe, Orthopnoe und Tachypnoe mit respiratorischer Insuffizienz sind charakteristische Zeichen. Gerade beim chemischen Inhalationstrauma ist der Störungsverlauf so langsam, dass die Patienten initial noch stabil sein können.

Der Patientenzustand kann sich aber rasch in einer akuten Dekompensation verändern, der beim thermischen Inhalationstrauma durch Anschwellen der Atemwege ein eskalierendes Atemwegsmanagement wie z. B. die Notkoniotomie notwendig machen würde. Aus diesem Grund werden die Patienten engmaschig überwacht und die **Indikation zur Narkose, Intubation und Beatmung** abhängig von der Transportzeit entsprechend großzügig gestellt.

Bei **Inhalation von Erstickungsgasen** wie Kohlenmonoxid, Kohlendioxid oder Zyaniden droht den Patienten durch Abnahme der Sauerstofftransportkapazität eine schwere Hypoxie. Im Fokus steht das **Kohlenmonoxid**, das bei tödlich verlaufenden Rauchgasinhalationen die Hauptnoxe darstellt. Andere inhalative Noxen sind bezüglich der Akutbedrohung weniger lebensbedrohlich.

42.5.3 Therapierichtlinien

Die wichtigsten Erstmaßnahmen bei Verbrennungen sind die Verhinderung eines weiteren thermischen Schadens und die Initialbeurteilung nach dem **ABCDE-Schema**. In Abhängigkeit vom Beurteilungsergebnis leiten sich daraus die notwendigen Schlüsselinterventionen ab. Ebenso steht bei schweren und schwersten Verbrennungen der Schutz vor Hypothermie durch Wärmeerhaltung im Vordergrund der Akutbehandlung. Kleinere lokale Verbrennungen können, falls noch nicht durch Laienhelfer geschehen, gekühlt werden. Die frühzeitige Sauerstoffgabe über eine Maske mit 10–15 l/Min. und die Anlage von 1–2 großlumigen venösen Zugängen mit anschließender Gabe balancierter Vollelektrolytlösungen, entsprechend dem Verbrennungsausmaß und Alter des Patienten, sind **Basismaßnahmen** in der Versorgung schwerer Verbrennungstraumen.

Bei **Verbrennungen im Gesicht** erhält der Patient Sauerstoff durch Vorhalten einer Sauerstoffmaske vor das verletzte Gesicht. Alternativ zum intravenösen Zugang wird im Bedarfsfall ein intraossärer Zugangsweg appliziert. Sollten alle Extremitäten durch die Verbrennung betroffen sein, erfolgt die Kanülierung in diesen Fällen auch an den verbrannten Arealen, da Verbrennungswunden als steril gelten.

Um die bakterielle Infektion zu reduzieren, werden die Wunden keimfrei und trocken mit Brandwundenverbandpäckchen oder -tüchern versorgt, ohne die Wunden zu bekleben. Bei den **erweiterten Maßnahmen** steht die frühzeitige und adäquate Analgesie mit Opiaten oder Ketamin im Vordergrund. Zur Behandlung der Bronchospastik nach Inhalation von Rauchgasen wird der Patient durch Vernebelung inhalativer β -2-Mimetika (z. B. Salbutamol) therapiert. Bei begleitendem Inhalationstrauma mit zunehmender respiratorischer Insuffizienz, schwerem Begleittrauma, GCS < 8 Punkte oder schweren Verbrennungen im Gesicht, Hals oder Thoraxbereich werden als obligater Standard die Narkose, Intubation und Beatmung vorbereitet.

Kaltwassertherapie

Die Kühlung mit lauwarmem Wasser ist eine **Maßnahme der Laienhilfe** unmittelbar nach der Verbrennung. Sie kann bei Verbrennungen < 10 % VKOF an Extremitäten mit 15–20 °C warmem Wasser für 10 Min. durchgeführt werden. Bei größeren Verbrennungen, Bewusstlosigkeit und narkotisierten Patienten muss sie wegen der **Gefahr der Hypothermie** bei reduzierter körpereigener Wärmeproduktion unterbleiben. Die Kälteanalgesie durch Kühlung stellt nur eine vorübergehende Besserung dar und endet unmittelbar nach der Kühlung. Darüber hinaus werden die Schmerzen durch eine reaktive Hyperämie im gekühlten Bereich mitunter ausgeprägter als zuvor. Durch die **dauerhafte Vasokonstriktion** bei Kaltwasserbehandlung wird das betroffene Gebiet ischämisch minderversorgt, was sich auf die Wundheilung und das bestehende Infektionsrisiko negativ ausübt. Für die präklinische Versorgung ist aus diesen Gründen die frühzeitige adäquate medikamentöse Analgesie die Therapie der Wahl.

Merke

Die Kühltherapie mit lauwarmem Wasser ist eine **Maßnahme der Laienhilfe** bei lokalen Verbrennungen < 10 % und **nur unmittelbar nach dem Verbrennungstrauma** sinnvoll. Sie ist bei größeren Verbrennungen aufgrund der sich entwickelnden Hypothermie kontraindiziert. Eine Hypothermie verschlechtert grundsätzlich die Prognose der Patienten.

Infusionstherapie

Balancierte Vollelektrolytlösungen sind die Infusionen der Wahl zur Volumengabe bei Verbrennungstrauma. Allerdings zeigte sich in der Vergangenheit, dass die bisher in der Praxis angewandten Formeln (z. B. Parkland-Formel nach Baxter, modifizierte Brooke-Formel) zur Berechnung der Volumenmenge sich nicht bewährt haben, da Patienten häufig mehr Volumen als notwendig erhielten.

Für die Volumentherapie bei **Kindern** wird die Gabe von **10 ml/kg KG** im Rettungsdienst empfohlen. Bei **Erwachsenen** gilt für die präklinische Akutbehandlung die Faustregel von **500–1 000 ml** für die erste Stunde. Da jedoch selbst diese Menge für manche Patienten zu hoch sein kann, empfehlen einige Experten auch die Anwendung der **Rule of 10's** zur Berechnung der Volumenmenge beim Erwachsenen. Sie ist für Patienten mit einem Gewicht von 40–80 kg gedacht.

Für jede 10 kg Körpergewicht über 80 kg hinaus werden pro Stunde 100 ml zusätzlich verabreicht. Grundlage ist die **Einschätzung der verbrannten Körperoberfläche (VKOF)**. Der dabei ermittelte prozentuale Wert wird auf die nächste 10er-Größe aufgerundet (z. B. 17 % auf 20 % oder 23 % auf 30 %). Der nach der Aufrundung ermittelte Prozentwert wird anschließend mit 10 ml Infusionslösung pro Stunde multipliziert (z. B. 30 % VKOF \times 10 ml = 300 ml balancierte VEL/h). Besteht eine Kreislaufinsuffizienz durch traumatisch-hämorrhagischen Schock bei Begleittrauma, gelten die Therapierichtlinien zur Behandlung einer kontrollierten oder unkontrollierten Hämorrhagie (z. B. kontrollierte Hypotension).

Achtung

Eine **Hypervolämie** muss unbedingt vermieden werden, da sie das Kapillarleck und die Entwicklung des Verbrennungsödems fördert und die Prognose des Patienten verschlechtert!

Versorgung von Brandwunden

Verbrennungswunden werden zur Reduzierung einer bakteriellen Infektion mit **sterilen Brandwundenverbandpäckchen oder Brandwundenverbandtüchern** versorgt. Bei der Anlage ist darauf zu achten, dass sie mit der Brandwunde nicht verkleben. Deshalb erfolgt eine Fixierung locker ohne Verwendung von klebenden Pflastern. Zur Verhinderung einer weiteren unkontrollierten Auskühlung der Patienten werden die Verbände nicht befeuchtet. Begleitende Schmerzen müssen durch Analgesie behandelt werden. Spezielle kommerzielle Verbandmaterialien mit begleitendem Kühleffekt

bieten keinen Vorteil. Sie erhöhen ggf. das Risiko einer Hypothermie der Patienten und sollen bei ausgedehnten Verbrennungen nicht angewandt werden.

Intubation und Beatmung

Die präklinische **Intubation** des brandverletzten Patienten wird bei **schwerem Inhalationstrauma**, aufgrund des progressiven Verlaufs und der drohenden Eskalation, mit der Notwendigkeit eines erweiterten Atemwegsmanagements großzügig gestellt. Die Brandverletzung an sich ist keine Indikation zur Intubation und Beatmung. Unbestritten ist jedoch die Intubationsnotwendigkeit bei nicht beherrschbaren Atemstörungen oder Brandverletzungen im Gesichts- und Halsbereich. Wartet der Notarzt hier zu lange, kann ein Larynx- oder Pharynxödem zusammen mit Schwellungen des Gesichts eine Intubation unmöglich machen und eine Notkoniotomie erfordern.

Die kontrollierte Beatmung erfolgt präklinisch mit einem FiO_2 von 1,0 (= 100 %). Bei der Entscheidung zur Intubationsnarkose (ITN) im Rettungsdienst werden immer Alter, Vorerkrankungen und die Transportumstände (Dauer des Transports, Transportmittel) mit berücksichtigt. Bei **thermomechanischem Kombinationstrauma** mit vitaler Bedrohung gelten die in der Notfallmedizin bestehenden Indikationen zur Narkose, Intubation und Beatmung.

Merke

Indikationen zur Intubation und Beatmung bei Verbrennungstrauma

- Zunehmender in- oder expiratorischer Stridor trotz eingeleiteter Therapie bei Inhalationstrauma
- GCS < 8 Punkte
- Schwere respiratorische Insuffizienz (Atemfrequenz > 29/Min.) trotz Sauerstoffgabe
- Massives toxisches Lungenödem mit respiratorischer Insuffizienz
- Schwere Verbrennungen im Gesicht und/oder Hals
- Zirkuläre Rumpfverbrennungen
- Schweres thermomechanisches Kombinationstrauma (schweres Schädel-Hirn-Trauma, traumatisch-hämorrhagischer Schock, progrediente respiratorische Insuffizienz)
- Verbrennungen > 50 % VKOF

- Einsatzspezifische Aspekte (lange Transportzeiten, eingeschränkte Behandlungsmöglichkeiten im Rettungshubschrauber)

Medikamentöse Therapie

Für die Behandlung von Verbrennungspatienten gibt es keine spezifischen Medikamente. Eine ausreichende **Analgesie** muss noch an der Notfallstelle begonnen werden. Hierfür stehen Opiate und Ketamin zur Verfügung. Die Gabe von Plasmaexpandern, Diuretika, Dopamin oder Kortison ist dagegen **streng kontraindiziert**, da sie sich negativ auf die Prognose der Patienten auswirken oder zusätzliche Komplikationen verursachen.

Inhalative Kortikosteroide bei Inhalation von Rauchgasen sind ebenfalls **kontraindiziert**, da sie einerseits keinen nachgewiesenen therapeutischen Effekt besitzen und andererseits durch Immunsuppression das Risiko einer Pneumonie deutlich erhöhen. Die intravenöse Gabe von Kortikosteroiden bei Bronchospastik in Verbindung mit Vernebelung von β -2-Mimetika ist dagegen wie beim Asthmaanfall indiziert.

Schlagwort

Verbrennungstrauma

Ursachen

- Verbrühung (feuchte Hitze, heiße Flüssigkeiten)
- Verbrennung (trockene Hitze, Flammen)
- Strom (elektrischer Flammbogen)
- Strahlung (Sonnenstrahlen, radioaktive Strahlung)

Symptome

- **Verbrennung Grad I**

- Hautrötung mit Schmerzen
- **Verbrennung Grad II**
 - Hautrötung mit Schmerzen und oberflächlicher Blasenbildung
 - Hautfarbe blassrosa oder weiß; feuchte, geschwollene Haut mit geplatzten Blasen
- **Verbrennung Grad III**
 - Grauweiße, nekrotisierte und lederartige Hautwunde
- **Verbrennung Grad IV**
 - **Verkohlung der Haut**
 - **Beteiligung und Zerstörung subdermaler Strukturen (Haut, Knochen, Sehnen)**

Maßnahmen

Monitoring

- AF, SpO₂, Rekapillarierungszeit, Puls (peripher/zentral), RR, BZ, GCS, EKG, Temperatur, CO-Hb

Basismaßnahmen und Lagerung

- Unterbrechung der Verbrennungsursache (z. B. Löschen des Patienten mit einer Löschdecke)
- **frühzeitige** und **dosierte** Kühlung der verbrannten Hautareale, falls noch nicht geschehen, mit 20 °C warmen Wasser bei Verbrennungen < 10 % für maximal 10 Min.
- Entfernen der verbrannten Kleidung
- Flachlagerung bzw. Oberkörperhochlage bei stabilem Kreislauf
- Frühzeitiger Wärmeerhalt
- O₂-Gabe über Maske 10–15 l/Min.
- Ermittlung des Verbrennungsausmaßes (Tiefenausmaß, Flächenausmaß nach Neunerregel bzw. Handflächenregel)
- Brandblasen nicht eröffnen (Erhöhung des Infektionsrisikos).
- Wundversorgung durch Brandwundenverbandpäckchen oder -tücher

Erweiterte Maßnahmen

- Mindestens zwei großlumige i. v. Zugänge und Laborblutentnahme
- Gegebenenfalls Narkoseeinleitung, Intubation und Beatmung

Medikamente und Dosierungsempfehlungen

- Sedierung: z. B. 0,025–0,05 mg/kg KG Midazolam (Dormicum®) i. v.
- Analgesie:
 - z. B. 7,5–15 mg Piritramid (Dipidolor®) i. v.
 - z. B. 0,05–0,1 mg/kg KG Morphin i. v.
 - z. B. 0,1–0,2 mg Fentanyl i. v.
 - z. B. 0,125–0,25 mg/kg KG S-Ketamin (z. B. Ketanest S®) i. v.
 - z. B. 0,25–0,5 mg/kg KG Ketamin (z. B. Ketanest®) i. v.
- Flüssigkeitstherapie in der ersten Stunde:
 - Erwachsene: 500–1 000 ml balancierter Vollelektrolytlösung
 - Erwachsene: Infusionstherapie nach „Roule of 10's“
 - Kinder: 10 ml/kg KG
- Keine Gabe von Diuretika, Dopamin, Plasmaexpander oder Kortison
- Inhalative Blausäure-Intoxikation: ggf. 5 mg (Erwachsene) Hydroxocobalamin (z. B. Cyanokit®) i. v.; keine Gabe inhalativer Kortikosteroide (Immunsuppression)
- Bei Bronchospatik: z. B. 2,5–5 mg Salbutamol unverdünnt vernebeln und z. B. 1 mg/kg KG Methylprednisolon (Urbason soluble®) i. v.

Transport und Wahl des Krankenhauses

Im Anschluss an die Herstellung der Transportfähigkeit ist es wichtig, den Patienten **schnellstmöglich** in ein **geeignetes Krankenhaus** zu bringen, in dem eine chirurgische und intensivmedizinische Versorgung gewährleistet ist. Langwierige Transporte bis zur ersten klinischen Versorgung sind zu vermeiden. Für den Transport bietet sich insbesondere der **Rettungshubschrauber** an. Durch ihn können Transportzeiten auch bei größeren Entfernungen relativ kurz gehalten werden. Eine Verlegung

des Patienten durch Sekundärhubschrauber ist dann die Alternative, wenn ein Spezialbett für Verbrennungspatienten nicht in der Nähe zur Verfügung gestellt werden kann. Bei **thermomechanischem Kombinationstrauma** liegt die Behandlungspriorität immer in der Versorgung und Stabilisierung des nichtthermischen Traumas. Dementsprechend haben diesbezüglich geeignete Kliniken absolute Priorität.

Merke

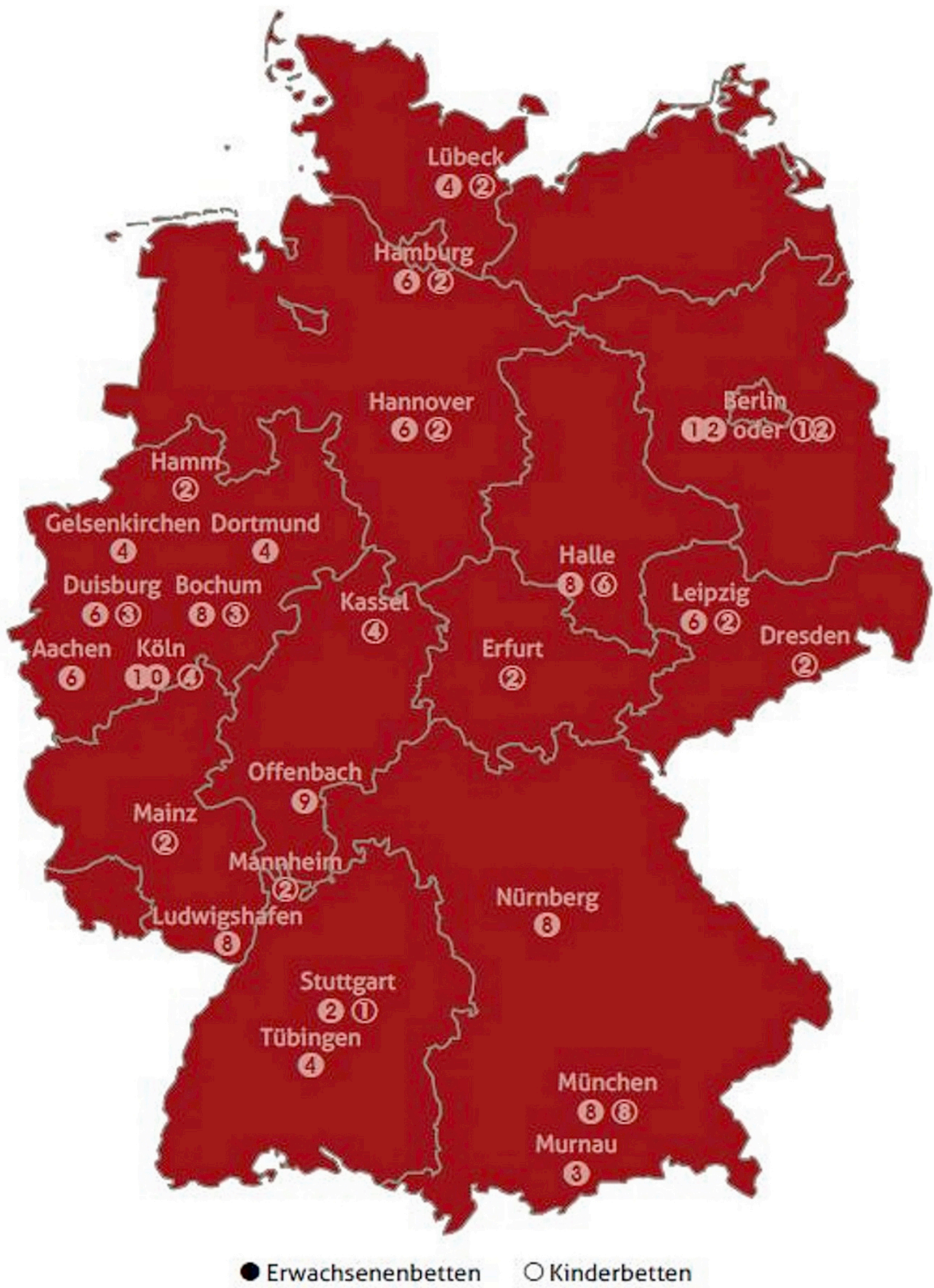
Indikationen zum Transport in ein Verbrennungszentrum

- Verbrennungen Grad II über 15 % VKOF
- Verbrennungen Grad III über 10 % VKOF
- Verbrennungen durch elektrischen Strom
- Verbrennungen mit Inhalationstrauma
- Verbrennungen bei Kindern < 8 Jahre
- Verbrennungen bei Erwachsenen > 60 Jahre mit Vorerkrankungen oder Begleitverletzungen
- Verbrennungen an Körperstellen mit der Notwendigkeit plastischer Chirurgie (Gesicht, Hals, Hände, Füße, Genitalien, große Gelenke, Achseln)

Merke

Die **Koordination von Betten für Schwerbrandverletzte** ist in Deutschland zentral geregelt ([Abb. 42.9](#)). Durch den Senat der Hansestadt Hamburg wurde eine **zentrale Anlaufstelle für die Vermittlung von Betten für Schwerbrandverletzte (ZA-Schwerbrandverletzte)** bei der Feuerwehr Hamburg unter der Telefonnummer 040/4 28 51–39 98 oder 040/4 28 51–39 99 eingerichtet.

Verbrennungskliniken in Deutschland, Stand 07/2014 [W937]



Im Rahmen der europäischen Einigung wird immer mehr von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, Brandverletzte Patienten auch im benachbarten Ausland in Verbrennungszentren zu verlegen. Im Gegenzug werden in deutschen Zentren auch ausländische Patienten versorgt.

42.6 Strom- und Blitzunfälle

Der Strom- und Blitzunfall gehört im Rahmen der Unfälle mit elektrischer Energie zu den seltenen Einsatzindikationen für den Rettungsdienst. Glücklicherweise hat die Zahl der Unfälle mit elektrischem Strom nicht in gleichem Maße zugenommen wie der Verbrauch an elektrischer Energie. Über die Häufigkeit der Strom- und Blitzunfälle liegen keine zuverlässigen Angaben vor. Sicher ist jedoch, dass diese seltene Unfallart durch eine **Letalität von über 40 %** gekennzeichnet ist.

Wenn Strom durch den menschlichen Körper fließt, wirkt der Körper als elektrischer Leiter und ist Teil eines geschlossenen Stromkreises. Stromunfälle entstehen entweder durch direkte Berührung spannungsführender Teile mit Stromdurchtritt durch den Körper oder durch **Lichtbogeneinwirkung**. Der Lichtbogenübertritt bei Annäherung an Hochspannungsleitungen stellt eine besondere Gefahr dar. In trockener Luft können 1 000 Volt maximal 1–2 cm überbrücken. Durch die Strahlungseinwirkung des Lichtbogens kommt es zu einer unmittelbar thermischen Schädigung von Körpergewebe oder zu Verbrennungen durch die Entzündung von Kleidungsstücken. Die Schädigung wird durch **alleinige Wärmestrahlung (Verbrennung)** und **kurzwellige Strahlung (UV-C) verursacht (Verblitzen)**. Das Ausmaß der reinen Lichtbogeneinwirkung ist im Wesentlichen abhängig von der Distanz zur hochspannungsführenden Leitung und der Dauer der Stromeinwirkung.

Der **Blitz** ist ein gleichstromführender, außerordentlich hochgespannter Flammbogen, der durch das Potenzialgefälle zwischen Gewitterwolke und Erde zustande kommt. Die Blitzdauer ist sehr kurz. Es werden bis zu 300 kV innerhalb weniger Millisekunden entwickelt. Verletzungen finden sich vorwiegend an Kopf, Nacken und Schultern. Drei Viertel aller Unfälle ereignen sich im freien Gelände, auf Wegen oder unter Bäumen. Die hohe Blitzgefährdung auf dem Lande ist in erster Linie auf den freien Standort des Betroffenen im Gelände zurückzuführen.

Häufig sind periphere Nervenschädigungen, intrazerebrale Blutungen und ein Hirnödem die direkten Folgen eines Blitzschlags. Durch die enorme Hitze während des Blitzeinschlags können **massive innere Verbrennungen und Verkochungen** resultieren, die von außen kaum bis gar nicht feststellbar sind. Die Mortalität beträgt bis zu 30 % der Betroffenen. In 70 % d. F. weisen Überlebende eines Blitzschlags zusätzliche Begleitverletzungen auf. Weiterhin werden nach einem Blitzschlag bei den Patienten hohe Katecholaminausschüttungen beobachtet, die zu Tachykardie, Herzrhythmusstörungen, Hypertonie und Nekrosen am Myokard führen.

42.6.1 Wirkung der elektrischen Energie auf den Körper

Der elektrische Strom ist in der Lage, einen **Reizeffekt auf erregbare Strukturen im menschlichen Körper** auszuüben. Betroffen sind in erster Linie das Myokard, die Muskulatur und das Nervensystem.

Daher beruht die Schädigung des elektrischen Stroms bei Durchtritt durch den Körper einerseits auf diesen elektrischen Reizwirkungen, die die relativ stabile Zellmembran schädigen, und andererseits auf der **hohen Wärmeentwicklung im Gewebe**. Bei der Mehrzahl der Unfälle liegt eine Kombination der Schädigungswirkungen vor.

Gleichstrom/Wechselstrom

Wesentlich für das Verständnis des Begriffs Ladung ist die Kenntnis des Atomaufbaus. Gleichartige Ladungen stoßen sich ab, verschiedenartige Ladungen ziehen sich an. Nach außen hin sind Atome elektrisch neutral; **Ionen** entstehen durch Entfernen oder Hinzufügen von Elektronen der Hülle. Dabei werden positive Ionen **Kationen** und negative Ionen **Anionen** genannt.

Gibt man bestimmte Kationen und Anionen zusammen, so sind sie bestrebt, ihre Ladungen durch die Abgabe oder Aufnahme von Elektronen zu neutralisieren. Diese **Elektronenwanderung** kann man sich nutzbar machen. In Batterien und Akkumulatoren sind Ladungen getrennt konserviert: positiver Pol (+), negativer Pol (-). Verbindet man beide Pole leitend miteinander, so fließt ein Strom von Elektronen von der Seite der negativen Ladung zur Seite der positiven Ladung. Da dieser Strom nur in einer Richtung fließt, nennt man ihn **Gleichstrom**. Die **Stromstärke** wird definiert als Anzahl der transportierten Ladungen pro Sekunde; ihre Einheit ist das **Ampere (A)**.

Merke

$$\text{Stromstärke (A)} = \frac{\text{transportierte Ladung}}{\text{Sekunde}}$$

Werden in den verschiedenen Abschnitten der Ladungsträger abwechselnd positive und negative Ladungen erzeugt, ändert sich im gleichen Rhythmus auch die Richtung des Stromflusses. Ein derartiger Strom wird als **Wechselstrom** bezeichnet. Die angegebene Frequenz zeigt an, wie häufig der Richtungswechsel pro Sekunde zustande kommt. Der übliche Haushaltsstrom besitzt eine Frequenz von 50 Hz.

Gleichspannung

Es muss ein gewisses Maß an Arbeit aufgewendet werden, um Ladungen zu trennen und getrennt zu speichern. Sie wird durch die **elektrische Spannung** beschrieben; deren Einheit ist das **Volt (V)**. Eine gleich bleibende Spannung ist Voraussetzung dafür, dass ein konstanter Strom fließen kann. Zum Vergleich dient ein wassergefülltes Becken, aus dem die Flüssigkeit in einem unveränderten Strahl abfließt, solange der Druck in dem Gefäß groß genug ist. Betrachtet man z. B. eine Batterie, ist die Spannung über einen gewissen Zeitraum gleich bleibend, da abgeflossene Ladungen durch chemische Umwandlungen aus der Batteriefüllung nachgebildet werden können. Ist dieses Material allerdings aufgebraucht, erniedrigt sich die Spannung kontinuierlich gegen null. Akkumulatoren können durch Stromzufuhr von außen erneut aufgeladen werden, da die chemische Reaktion umgekehrt werden kann. In einfachen Batterien ist dies nicht möglich.

Widerstand

Betrachtet man Wasser, das sich durch ein Bachbett schlängelt, so kann man feststellen, dass es stets den Weg des geringsten Widerstands sucht. Ähnlich verhält es sich mit dem elektrischen Strom. Je geringer der Widerstand, desto besser kann er fließen. Der Widerstand eines Drahts hängt von seiner **Länge** und seinem **Querschnitt** ab. Das **Material** spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Auch die **Temperatur** hat einen enormen Einfluss auf die Größe des Widerstands. Je höher die Temperatur, desto stärker bewegen sich die Teilchen. Sie stellen damit für Elektronen, die sich einen Weg suchen, in zunehmendem Maß ein Hindernis dar. Der Widerstand steigt also mit der Temperatur. **Spannung, Strom und Widerstand** hängen folgendermaßen zusammen: Ist die Spannung konstant, wird der Strom umso kleiner, je größer der Widerstand ist. Umgekehrt erhöht sich der Strom mit abnehmendem Widerstand. Nachfolgend ist dieses Verhältnis in einer Formel ausgedrückt:

Merke

$$\text{Strom (I)} = \frac{\text{Spannung (U)}}{\text{Widerstand (R)}}$$

Ohmsches Gesetz

$$\text{Widerstand (R)} = \frac{\text{Spannung (U)}}{\text{Strom (I)}}$$

Daraus ergibt sich, dass der **Widerstand** als das **Verhältnis zwischen Spannung und Strom** definiert werden kann. Die Einheit V/A wird als **Ohm (Ω)** bezeichnet.

Die elektrische Leistung ist abhängig von Spannung und Strom. Sie setzt sich multiplikativ aus diesen Größen zusammen:

Merke

$$\text{Elektrische Leistung (W)} = \text{Spannung (U)} \times \text{Strom (I)}$$

Die Einheit der **elektrischen Leistung** lautet **Watt (W)**.

Stromstärke

Mit der Zunge kann man schon Stromstärken von 0,05 mA wahrnehmen. An der übrigen Haut liegt die **Wahrnehmungsgrenze bei 0,5–1 mA**. Die **Loslassgrenze**, an der ein elektrischer Leiter noch

reflexartig losgelassen werden kann, wird bei 10–20 mA erreicht. Bei Stromstärken darüber kommt es durch Krämpfe der durchströmten Muskulatur zu einem Klebenbleiben am Stromleiter.

Stromwirkdauer und Stromeinwirkzeitpunkt

Im Bereich von 10–500 mA sind die Folgen von der Stromwirkdauer, dem **Stromeinwirkzeitpunkt**, dem **Stromweg** und der **Stromart** durch den Körper abhängig. So können Ströme mit einer Wirkdauer von bis zu 100 Millisekunden (ms) nur in der vulnerablen Phase des Herzens ein Kammerflimmern auslösen. Ströme zwischen 300 und 400 ms Dauer können über die Auslösung einer Extrasystole und deren vulnerablen Phase zum Kammerflimmern führen. Hierzu sind bereits niedrige Stromstärken ausreichend. Bei Strömen über 600 ms Dauer spielt der Zeitpunkt des Strombeginns keine Rolle mehr; es kommt auf jeden Fall zu Störungen der Herzaktion.

Stromweg und Körperwiderstand

Der v. a. auch vom Feuchtigkeitszustand der Oberhaut abhängige **Körperwiderstand** wird mit ca. 1 000 Ohm berechnet. Er bedingt einen starken Spannungsabfall, der zu einer Gleitentladung längs der Körperhülle führt. Obwohl dadurch meist nur ein kleiner Teil des Stroms durch den Körper fließt und der größte Teil über die Oberfläche in den Boden abgeleitet wird, reicht dieser verbleibende Reststrom oft aus, um tödliche Verletzungen hervorzurufen. Der Reststrom läuft im Wesentlichen über gut leitende Körpergewebe. Als **Hauptleiter des Stroms** kommen v. a. die **Muskulatur** und die **Blutgefäße** in Betracht, die mit 700–1 000 Ohm von allen Organstrukturen den geringsten Eigenwiderstand besitzen. Muskelkontraktionen können zu Muskel-, Sehnen- und Kapselrissen führen. Im Extremfall kann ein Krampf der Atemmuskulatur einen Atemstillstand bewirken. Der **Herzmuskel** ist ebenfalls ein relativ guter Leiter des elektrischen Stroms. Hier entstehen Arrhythmien und Kammerflimmern durch Entkoppelung der elektrischen Reizleitung. Recht gut isoliert sind dagegen Knochen und Nervenbahnen, über die nur ein geringer Teil des Stromflusses geht. Trotzdem kann der direkte Stromfluss durch das Gehirn zu primärer Bewusstlosigkeit und Krämpfen führen.

Stromart und thermische Schädigungen

Die Wärmeentwicklung ist von der **Stromfrequenz** abhängig. Mit Zunahme der Stromfrequenz nimmt die **Wärmeentwicklung** des Stroms zu. Die Schädigung durch Wechselstrom ist daher im Allgemeinen stärker als die des Gleichstroms, v. a. bei längeren Einwirkzeiten. Neben lokalen thermischen Schäden, v.

a. im Bereich der Stromein- und Stromaustrittsstellen an der Haut, ist mit großflächigen Verbrennungen oder mit Verkochen von Gewebe zu rechnen. Besonders beim Starkstrom- bzw. Blitzunfall kommt es in der Haut und Muskulatur zur Bildung von Energie in Form von Wärme, die ausreicht, das Gewebe blitzschnell zu kochen.

Stromspannung

Niederspannungsunfälle

Niederspannungsunfälle machen den Großteil aller Stromunfälle aus und treten bei Stromspannungen unter 1 000 Volt auf. **Niederspannung** kommt als **Haushaltsstrom** (230 V, 50 Hz Wechselstrom) und als Industriestrom (z. B. Straßenbahnleitung mit 500–750 V Gleichstrom) vor. Niederspannungsunfälle ereignen sich meist durch unsachgemäßen Umgang mit Stromleitungen oder elektrischen Geräten. Das Verletzungsbild ergibt sich hauptsächlich aus der direkten elektrischen Wirkung (Herzrhythmusstörungen, Kammerflimmern) des Stroms auf Muskelgewebe und Nerven (Abb. 42.10).

Verbrennung Grad II durch Niederspannungsunfall [M235]



Hochspannungsunfälle

Hochspannungsunfälle treten bedeutend seltener auf und setzen Stromspannungen von über 1 000 V voraus. Hochspannung kommt in **Eisenbahnoberleitungen** (15 000 V, Wechselstrom), in **Überlandleitungen, Elektrizitätswerken** oder **Umspannstationen** (bis zu 400 000 V Wechselstrom) vor. Meistens ereignen sich Hochspannungsunfälle im Rahmen von Arbeitsunfällen, Freizeitunfällen (z. B. Paragliding) oder Suizidversuchen durch direkten Kontakt oder Lichtbogenwirkung. Das Verletzungsbild ergibt sich hauptsächlich durch die frei werdende elektrothermische Wirkung ([Abb. 42.11](#)). Die beim Lichtbogen entstehende Hitze kann bis zu 10 000 °C erreichen. Zwischen den Ein- und Austrittsstellen des Stroms können schwerwiegende Verkochungen (Verbrennungen Grad IV) mit Zerstörung der Knochen auftreten. Zusätzlich können weitere schwere Verletzungen hervorgerufen werden, wenn die betroffene Person durch den Stromschlag oder Lichtbogen weggeschleudert wird.

Stromverletzung durch Hochspannungsunfall [M235]



Achtung

Gerade bei Hochspannungsunfällen kann ein **schweres Trauma** an Organen und Geweben entstehen. Welche Schädigung genau zwischen den Strommarken entstanden ist, kann präklinisch nicht sicher eingeschätzt werden.

Direkter und indirekter Stromschlag

Bei einem **direkten Stromschlag** ([Abb. 42.12](#)) wirken innerhalb kurzer Zeit hohe Stromstärken auf den Körper ein, der in diesem Moment in den Stromkreis eingeschaltet ist. Dass bei einer Durchströmung diese Stromstärken überlebt werden, liegt im Wesentlichen am elektrischen Widerstand, den der Körper und die ihm aufliegende Kleidung dem Stromfluss entgegensetzen vermögen. Neben dem direkten Stromschlag stellt auch die indirekte Berührung eine Gefahr dar. Der **indirekte Stromschlag** wird durch eine Überspannung in einer Leitung, durch Funkenentladung ([Abb. 42.13](#)) getroffener Gegenstände sowie durch Schrittspannung ([Abb. 42.14](#)) bei Einschlag in der Nähe verursacht. Die

Verletzungen durch direkte und indirekte Stromschläge können gleich sein.

Direkte Stromwirkung [L231]



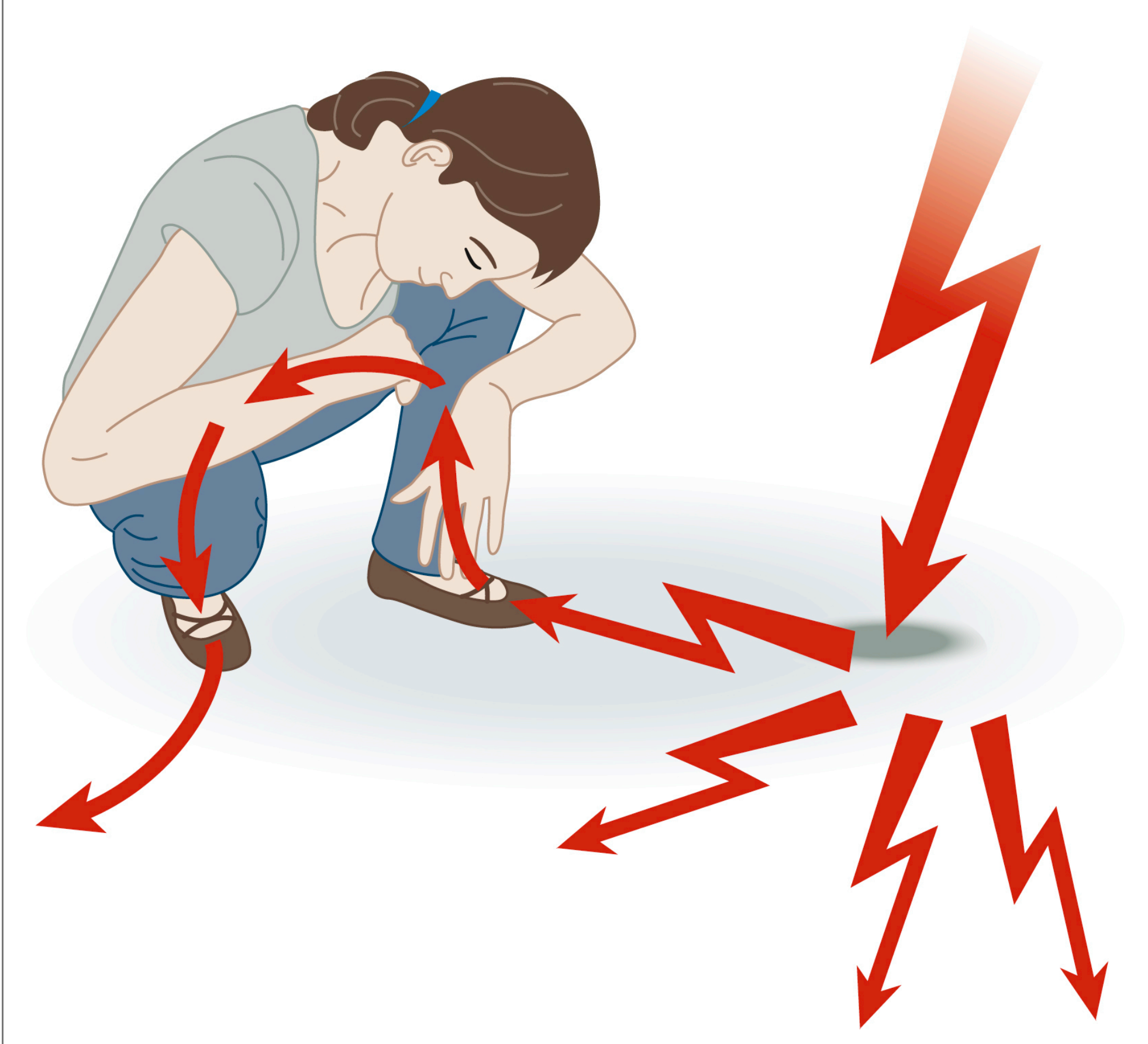


Funkenentladung [L231]





Schrittspannung [L231]



42.6.2 Selbstschutz und Therapie

Im Rahmen von Stromunfällen ist auf den **Selbstschutz** des Rettungsdienstpersonals höchste Aufmerksamkeit zu verwenden. Vor jeglichen medizinischen Maßnahmen muss sich das Personal einen Überblick über die **Art des Stroms**, die **Expositionsdauer**, die **Begleitumstände** und den **Schädigungsmechanismus** verschaffen, um nicht selbst in Gefahr zu geraten.

Achtung

Das **Berühren des Patienten** vor Abschaltung des Stroms ist **verboten**.

Vor heroischen Rettungsversuchen muss eindringlich gewarnt werden. Befindet sich der Patient noch im Gefahrenbereich, ist unbedingt technische Hilfe anzufordern. **Niederspannungsstromkreise** werden durch **Ausschalten der Hauptsicherung** unterbrochen. **Hochspannungsstromquellen** müssen **durch Fachpersonal** abgeschaltet werden. Erst wenn sichergestellt ist, dass keine Spannung mehr am Stromleiter anliegt darf sich das Rettungsfachpersonal dem Patienten nähern. In jedem Fall ist **übereiltes Handeln gefährlich** und führt zur Eigengefährdung.

Achtung

Vorgehensweise im Bereich von Niederspannung

- Isolierten Standort suchen (Gummimatte, Glasplatte, Porzellanteller).
- Gerät abschalten bzw. Netzstecker ziehen.
- (Haupt-)Sicherung entfernen.
- Schrittspannung beachten.

Die **Trennung des Verunglückten** von der **Stromquelle** kann dann mithilfe eines isolierenden Gegenstands erfolgen.

Achtung

Vorgehensweise im Bereich von Hochspannung

Warten!

Die Rettung des Verunglückten kann erst dann erfolgen, wenn folgende Voraussetzungen durch **Fachpersonal** (VDE, Feuerwehr, Bahn AG) umgesetzt wurden:

- Unter Spannung stehende Teile sind abgeschirmt.
- Schrittspannung und Lichtbögen sind ausgeschlossen.
- Ein ausreichender Sicherheitsabstand wird eingehalten (1 cm pro 1 000 V → 5–10 m).
- Die Hochspannungsleitung ist ausgeschaltet und vor Wiedereinschalten gesichert.

Die **Rettung oder Bergung** erfolgt grundsätzlich nur **in Anwesenheit eines Fachmanns** (VDE, Feuerwehr, Bahn AG).

Merke

Anders als beim Stromunfall kann der vom **Blitz** getroffene Mensch vom Retter **ohne Gefahr berührt** werden, da die einwirkende Ladung längst abgeflossen ist, wenn der Rettungsdienst eintrifft.

Unmittelbar nach Rettung des Verunglückten können die lebenswichtigen Basismaßnahmen eingeleitet werden. Die **Basismaßnahmen** richten sich nach dem Ausmaß der Schädigung und folgen den üblichen Maßnahmen im Rahmen der Sicherung der Vitalfunktionen. Beim **Stromunfall im Niederspannungsbereich** handelt es sich um ein **Alles-oder-Nichts-Ereignis**, d. h., wenn durch den Stromschlag keine Asystolie oder Kammerflimmern ausgelöst wurden, ist mit weiteren Schäden des Patienten kaum zu rechnen. Bei **Stromunfällen mit Hochspannung** wird das weitere Überleben des Patienten dagegen von den erlittenen Begleitverletzungen bestimmt. Wenn der Patient den Stromdurchtritt und mögliche Sekundärverletzungen (z. B. durch Sturz) am Unfallort überlebt, stehen die Verbrennungsschäden meist im Vordergrund. Schädigungen der darunter liegenden Organsysteme sind häufig.

Merke

Nach den aktuellen Leitlinien sollen folgende Patienten, die einen Stromschlag überleben, einer **klinischen Überwachung** unterzogen werden:

- Zustand nach Bewusstlosigkeit
- Zustand nach Kreislaufstillstand
- Vorhandene Herzrhythmusstörungen
- Vorhandene Weichteilverletzungen und Verbrennungen

Grundsätzlich sind bewusstlose oder bewusstseinsgetriebene Patienten nach einem Strom- oder Blitzunfall

mit ausreichender Spontanatmung in die **stabile Seitenlage** zu bringen. Bei unzureichender Spontanatmung sind die Atemwege freizumachen bzw. freizuhalten und Sauerstoff 10–15 l/Min. über Sauerstoffmaske zu verabreichen. Bei einem Herz-Kreislauf-Stillstand gelten die allgemeinen Richtlinien der kardiopulmonalen Reanimation. Alle Patienten müssen einem EKG-Monitoring unterzogen werden, da sich die elektrischen Reizeffekte nach Stromunfällen am häufigsten in Herzrhythmusstörungen (z. B. supraventrikuläre Tachykardie) manifestieren.

Die **erweiterten Maßnahmen** umfassen die Sicherung mehrerer venöser Zugänge, um eine frühzeitige Volumensubstitution mit balancierten Vollelektrolytlösungen zu gewährleisten. Dabei ist zu beachten, dass der aufgrund der verbrannten Körperoberfläche errechnete Flüssigkeitsbedarf verdoppelt werden sollte. Durch die erhöhte Flüssigkeitsgabe wird eine ausreichend hohe Diurese sichergestellt, die durch Diuretikagabe (z. B. Lasix[®]) verstärkt werden kann. Durch die muskuläre Schädigung werden hohe Myoglobinmengen freigesetzt, die in der Folge die Nierenkapillaren verstopfen und zu Nierenschädigungen (z. B. Crush-Niere) führen. Bei Verdacht auf eine muskuläre Schädigung soll die stündliche Urinmenge bei über 1 ml/kg KG (mindestens 100 ml/h) liegen. Weiterhin muss die Schmerzbekämpfung der Begleitverletzungen, wie Verbrennungen oder Frakturen, in ausreichendem Maße durch Opiate durchgeführt werden.

Schlagwort

Stromunfall

Ursachen

- Niederspannung
- Hochspannung
- Blitzschlag

Symptome

- **Elektrophysiologische Reizwirkung**
 - Herzrhythmusstörungen
 - Kammerflimmern

- Muskelkontraktionen, Muskel- und Bänderrisse
- Knochenfrakturen durch unkontrollierte Muskelbewegung
- Blutgefäßspasmen
- Sensibilitätsstörungen, Paralysen

• **Elektrothermische Reizwirkung**

- Verbrennungen
- Strommarken
- Verletzung innerer Organe
- Verblitzen der Augen

Maßnahmen

Monitoring

- AF, SpO₂, Rekapillarierungszeit, Puls (peripher/zentral), RR, BZ, GCS, EKG, Temperatur, etCO₂

Basismaßnahmen und Lagerung

- Unterbrechung des Stromflusses unter Eigenschutz bzw. durch Fachpersonal
- **Frühzeitige** und **dosierte** Kühlung der verbrannten Hautareale mit Wasser
- Entfernen der verbrannten Kleidung
- O₂-Gabe über Maske 10–15 l/Min.
- Ermittlung des Verbrennungsausmaßes (Tiefenausmaß, Flächenausmaß nach Neunerregel)

Erweiterte Maßnahmen

- Mindestens zwei großlumige i. v. Zugänge und Laborblutentnahme
- Gegebenenfalls kardiopulmonale Reanimation bei Kammerflimmern

Medikamente und Dosierungsempfehlungen

- Analgesie: 0,1 mg/kg KG Morphium i. v.
- Sedierung: 0,025–0,05 mg/kg KG Midazolam i. v.

- Diurese: 20–40 mg Lasix[®] i. v.
- Antiarrhythmische Therapie: 150–300 mg Cordarex[®] (Amiodaron) 2 % i. v. bei Kammertachykardie oder 6 mg Adenosin (Repetition bei Erfolglosigkeit: 12 mg) i. v. als rascher Bolus bei supraventrikulärer Tachykardie
- Flüssigkeitstherapie mit balancierter Vollelektrolytlösung in den ersten 4 Std., um eine Urinmenge von 100 ml/h zu erhalten, nach der Formel: (% KOF × kg KG × 1 ml balancierter Vollelektrolytlösung) × 2, d. h. bei Verbrennung von 10 % KOF und 80 kg KG: (10 × 80 × 1) × 2 = 1 600 ml in den ersten 4 Std.

Wiederholungsfragen

1. Welche Auswirkungen auf den Körper hat übermäßige Kälteeinwirkung (Kap. 42.2)?
2. Wie und wo wird ein Patient erwärmt (Kap. 42.2)?
3. Wie erfolgt die normale Wärmeabgabe im Körper (Kap. 42.2)?
4. Wodurch ist das Ausmaß einer Brandverletzung oder Erfrierung bestimmt (Kap. 42.3, Kap. 42.5)?
5. Was bedeutet „Kapillarleck“ (Kap. 42.5.2)?
6. Was ist eine Schrittspannung (Kap. 42.6.1)?
7. Welche Gewebe werden durch fließenden Strom geschädigt (Kap. 42.6.1)?

Auflösung des Fallbeispiels

Verdachtsdiagnose

Schlaganfall, Medikamentenüberdosierung, Exsikkose.

Erstmaßnahmen

Die Initialbeurteilung ergibt, dass die Patientin einen freien Atemweg bei sehr trockenen

Mundschleimhäuten hat. Die Halsvenen sind nicht sichtbar, die Atmung ist tachypnoeisch und regelmäßig. Die Lungen sind auskultatorisch basal und apikal seitengleich belüftet, das Atemgeräusch ist vesikulär. Die peripher gemessene Sauerstoffsättigung beträgt 92 %, die Thoraxbewegungen sind gut sichtbar.

Der periphere Puls ist tachykard, regelmäßig und schwach tastbar. Die Haut ist blass, aber ausgesprochen heiß und trocken. Der Hautturgor ist deutlich herabgesetzt und die Rekapillarierungszeit liegt bei 4 Sek. Der Blutdruck beträgt 80/50 mmHg. Die Pupillen sind beidseits weit und reagieren verzögert auf Lichteinfall. Die Dame öffnet auf Schmerzreiz die Augen, antwortet auf Fragen mit einzelnen Worten und reagiert ungezielt. Sie ist auffällig warm bekleidet und liegt mit einer Decke zugedeckt in ihrem Bett.

Die Patientin wird in der Rückenlage flach gelagert und komplett entkleidet. Anschließend wird sie am ganzen Körper mit lauwarmem Wasser befeuchtet und durch einen Ventilator der Station mit Luftzufuhr versorgt. Dadurch ist sie in der Lage, über Verdunsten viel Wärme abzugeben, bis eine Körperkerntemperatur unter 38 °C erreicht wird. Parallel erhält sie über eine Maske 15 l/Min. Sauerstoff.

Es wird ein großlumiger peripherer Venenzugang gelegt und zügig werden 500–1 000 ml balancierte Vollelektrolytlösung infundiert. Neben der kontinuierlichen Puls- und Blutdruckmessung, Kontrolle der Atmung und Sauerstoffsättigung wird der Patientin ein EKG angelegt. Unter dieser Behandlung wird die Patientin zusehends wacher und stabilisiert sich bei einer Körperkerntemperatur von 37,7 °C.

Im Anschluss wird sie unter leicht erhöhtem Oberkörper und lückenlosem Monitoring in das ca. 8 Min. entfernte Krankenhaus der Grund- und Regelversorgung transportiert.


Klinik

Die Patientin wird dem diensthabenden Aufnahmearzt nach kurzer Schilderung der Auffindesituation, Initial- und erweiterter Beurteilung sowie der durchgeführten Maßnahmen in stabilem Zustand übergeben.

Diagnose

Klassischer Hitzschlag nach Wassermangel-Hitzeerschöpfung mit hypovolämischem Schock.

 **Adams and Vogt, 2010**


 H.A. Adams

 P.M. Vogt

Die notfall- und intensivmedizinische Grundversorgung des Schwerbrandverletzten

Anästhesie Intensivmedizin , Auflage 51, 2010, Seite 90 - 112

 **Gille et al., 2012**


 J. Gille


 H. Fischer

 J.-C. Willms-Jones

Versorgung von Brandverletzten Notfallmedizin up2date , Auflage 7, 2012, Seite 29 - 40

 **Grap et al., 2012**

 S. Grap

 S. Walter

 P. Ravussin

Die akzidentielle Hypothermie

Schweizerisches Medizin-Forum , Auflage 12, 9 2012, Seite 199 - 202

[Gynäkologie](#)

[Heilpraktiker](#)

[Homöopathie](#)

[Innere Medizin](#)

[Klinikleitfaden](#)

[Naturheilverfahren](#)

[Onkologie](#)

[Osteopathie](#)

[Psychiatrie](#)

[Psychosomatik](#)

[Psychotherapie](#)

[Pädiatrie](#)

[Rettungsdienst](#)

[Sprachtherapie](#)

Rechtliches

[Impressum](#)

[Datenschutz](#)

[User Guide](#)

[Elsevier AGB](#)

Links

[Customer Service](#)

[Elsevier Portal](#)

[Elsevier Webshop](#)