

10 Thermische Einwirkungen

Unter dem Schlagwort „thermische Einwirkungen“ werden in diesem Kapitel zum einen Schäden durch Hitze wie Verbrennungen, Verbrühungen, Rauchgasinhalationen und Hitzschlag behandelt. Zum anderen geht es um Schäden durch Kälte wie Erfrierungen und Unterkühlung. Das statistische Bundesamt hat für das Jahr 2006 insgesamt 406 Sterbefälle durch eine Exposition gegenüber Rauch, Feuer und Flammen registriert. Bei genauerer Aufschlüsselung nach dem Alter der Verstorbenen zeigt sich, dass die meisten Patienten zwischen 45 und 65 Jahren alt waren – erklärbar ist diese Verteilung unter anderem mit der relativ hohen Anzahl von Verbrennungsunfällen im gewerblichen Bereich.

10

10.1 Schäden durch Hitzeeinwirkung

Kasuistik

Es ist mitten in der Nacht und Sie stehen mit einem RTW bereits seit Stunden als Brandwache vor einem brennenden Fabrikgebäude, da die Feuerwehr noch mit Atemschutz im Gebäude ist. Auf einmal und ohne Vorwarnung kommt ein Atemschutztrupp aus dem Gebäude und legt Ihnen einen menschlichen Körper in verkrümmter Haltung vor das Fahrzeug. Sie können auch ohne Notarzt rasch aufgrund der großflächigen Ausdehnung und hoher Verbrennungsschwere inklusive Verkohlung den Tod feststellen. Noch während Sie sich um die Verständigung eines Arztes zur offiziellen Todesfeststellung und der Polizei zur Einleitung der Ermittlungen bei unnatürlicher Todesart kümmern, kommen bereits erste Gerüchte an der Einsatzstelle auf, es müsse sich eine gewaltsame Auseinandersetzung vor Todeseintritt zugetragen haben, da der Leichnam große Verletzungen am Bauch und die bereits genannte „Abwehrhaltung“ zeigt.

Ohne sich an den entstandenen Gerüchten zu beteiligen, machen auch Sie sich Gedanken, ob es Hinweise auf ein Verbrechen gibt oder ob sich auch eine andere Erklärung für die entstellenden Befunde finden lässt.

Bei durch Hitze entstandenen Verletzungen muss man grundsätzlich unterscheiden, ob es sich um Schäden durch direkte Hitzeeinwirkung, wie zum Beispiel Verbrennungen, oder um systemische Schäden, wie zum Beispiel einen Hitzschlag, handelt.

■ Verbrennungen und Verbrühungen

Hierbei handelt es sich um Schäden durch lokale Einwirkung von Hitze. Bei Verbrennungen wirken hohe Temperaturen, beispielsweise durch Flammen oder heiße Gegenstände, auf den Körper ein. Verbrühungen entstehen dagegen durch Kontakt mit heißen Flüssigkeiten oder heißem Dampf. Feuchte Hitze leitet wesentlich besser, so dass bereits bei niedrigeren Temperaturen Schäden entstehen. Dies lässt sich leicht nachvollziehen, wenn man bedenkt, dass in einer finnischen Sauna bei sehr niedriger Luftfeuchtigkeit Temperaturen von 110°C toleriert werden können, in einem Dampfbad aber nie mehr als 45–50°C herrschen. Besonders wichtig ist diese Tatsache, wenn es sich um eingeatmete Luft bzw. Dampf handelt. Bei Einatmung von 350°C heißer trockener Luft ist diese im Tierexperiment auf Larynxebene noch zwischen 160°C und 180°C heiß, an der Bifurkation der Trachea hat die Luft nur noch Körpertemperatur und richtet keine weiteren Schäden an. Wird hingegen heißer Dampf mit über 100°C eingeatmet, hat dieser auf Larynxebene immer noch 94–106°C und an der Bifurkation noch zwischen 53–94°C.

Verbrennungsgrade

Je nach der Tiefe der betroffenen Hautschichten werden Verbrennungen in 4 Grade eingeteilt.

- **Grad 1:** Nur die Oberhaut ist betroffen. Es tritt eine Rötung auf, die Wunde heilt ohne Schäden ab.
- **Grad 2a:** Hier ist ebenfalls nur die Oberhaut betroffen. Es kommt zu einer Rötung und Blasenbildung, die Wunde heilt ohne Schäden ab.
- **Grad 2b:** Auch die Lederhaut ist betroffen. Je nach Schädigungstiefe kommt es ebenfalls zu einer Rötung oder bereits zur Blässe der Haut sowie zur Blasenbildung. Nach der Wundheilung bleiben Narben zurück. Bis zu diesem Grad sind die Wunden sehr schmerzhaft.
- **Grad 3:** Die gesamte Haut ist betroffen, die Wunde sieht weiß, lederartig aus, Hautanhangsgebilde, wie Haare und Schweißdrüsen, sind ebenfalls betroffen, durch eine Zerstörung der Nervenendigungen empfinden die Patienten keine Schmerzen mehr, die Haut kann spontan nicht mehr heilen.

- **Grad 4:** Verkohlung; die Strukturen unterhalb der Haut, wie Muskeln und Knochen sind mit betroffen, ebenfalls keine spontane Ausheilung möglich.

Ausdehnung und Prognose

Zur Abschätzung der Ausdehnung einer Verbrennung hat sich seit vielen Jahren die **Neuner-Regel** bewährt (Abb. 10.1), bei der die 2.- und 3.-gradigen Verbrennungen addiert werden. So lässt sich abwägen, ob der Patient in einem normalen Krankenhaus behandelt werden kann, oder ob die spezielle Behandlung in einem Verbrennungszentrum erforderlich ist. Ab 20% Verbrennungsfläche spricht man von einer schweren Verbrennung.

Um die Prognose des Patienten abzuschätzen, wird der **Verbrennungsindex** berechnet. Hierzu werden das Lebensalter und die Ausdehnung der 2.- und 3.-gradigen Verbrennungen addiert. Ergibt sich ein Wert < 80 , besteht nur eine geringe Lebensgefahr, bei Werten zwischen 80 und 120 eine akute Lebensgefahr. Werte > 120 werden nur selten überlebt. Als Anhaltspunkt gilt, dass ein Wert von 100 von 50% der Patienten bei optimaler Therapie überlebt wird.

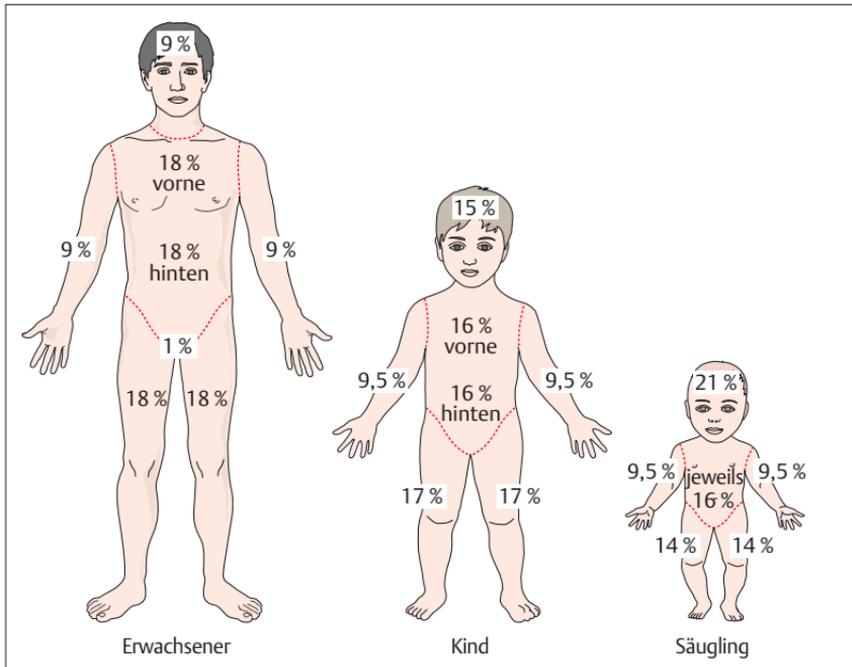


Abb. 10.1 Neuner-Regel zur Abschätzung der Ausdehnung einer Verbrennung.

Postmortale Veränderungen

Bei Brandleichen kommt es zu einigen postmortalen Veränderungen, die man bei Unkenntnis leicht für prämortale Straftaten an der Person halten kann. Zu diesen Veränderungen zählen:

Hitzerisse der Haut. Diese Risse sind meist glattrandig und lassen sich leicht mit Schnittverletzungen verwechseln. Sie entstehen jedoch postmortal durch eine hitzebedingte Schrumpfung der Haut. Im Bereich des Bauches können diese Risse zum Aufplatzen der Bauchhöhle führen.

Fechterstellung. Postmortal kommt es durch die Hitze zu Versteifungen der Muskeln, vor allem an den Extremitäten. Dadurch entsteht die charakteristische Haltung der Leichen, die an eine prämortale Abwehrhaltung erinnert (Abb. 10.2).



Abb. 10.2 Die sogenannte Fechterstellung bei Brandleichen ist Folge der postmortalen, hitzebedingten Schrumpfung der Sehnen und der Muskulatur.

Typisch sind insbesondere das Anheben der Schultern sowie die Beugung in den Ellbogen und Handgelenken, an den Beinen kommt es häufig zu Streckungen.

Brandhämatom. Durch einen direkten Kontakt des Kopfes mit den Flammen kommt es zu einer epiduralen Blutansammlung, die aber erst nach dem Tod entstanden ist und nicht etwa todesursächlich war.

Verbrühungen

Wirkt feuchte Hitze in Form von heißen Flüssigkeiten oder heißem Dampf auf die Haut ein, entstehen Verbrühungen. Sie unterscheiden sich von Verbrennungen durch folgende Punkte:

- Die Haare bleiben erhalten. Sie verbrennen erst bei Temperaturen $> 150^\circ\text{C}$.
- Es gibt keinen Grad 4 (Verkohlung).
- Die Grenzen zu nicht betroffenen Hautarealen sind scharf markiert, man kann nicht selten den Verlauf der Flüssigkeit erkennen (u. U. Abrinnsuren).
- Die Bekleidung kann zunächst die Haut schützen, später verlängert sie aber die Expositionsdauer mit der heißen Flüssigkeit.

Bei Verbrühungen von Kindern sollte immer eine mögliche unterlassene Aufsichtspflicht oder gar eine Misshandlung im Hinterkopf behalten werden. Folgende Beobachtungen können Anlass sein, Verdacht zu schöpfen:

- Das Verletzungsmuster passt nicht zu den Angaben über den Unfallhergang.
- Als Ursache werden andere Gründe als Hitze angegeben.
- Die Schuld wird dem verletzten Kind oder einem Geschwisterkind zugeschoben.
- Die Verletzung und die Schmerzen werden heruntergespielt.

Aber Achtung

Keine voreiligen Verurteilungen treffen, sondern mögliche Verdachtsmomente sorgfältig dokumentieren und der Polizei die Ermittlungen überlassen.

Todesursachen

Prinzipiell muss unterschieden werden, ob der Patient am Unfallort verstirbt oder in zeitlichem Abstand im Krankenhaus. Primäre Todesursachen sind:

- Rauchgasintoxikation (CO , HCN , CO_2)
- Verbrennung/Verbrühung der Haut
- Ersticken

Sekundäre Ursachen sind:

- Verbrennungskrankheit
- Inhalationstrauma mit infektiösen Komplikationen

Kriminalistische Aspekte

Für den Rechtsmediziner stellt sich bei einer Brandleiche die Frage, ob der Tote bei Brandausbruch gelebt hat und durch das Feuer zu Tode kam oder ob die Person bereits vorher tot war. Diese Frage ist aus kriminalistischer und versicherungstechnischer Sicht sehr wichtig. Um sie zu klären, sollte auf die sogenannten **Vitalitätszeichen** geachtet werden. Hierzu zählen echte Brandblasen, das Verschlucken und Einatmen von Ruß, ein erhöhter CO-Hb-Gehalt im Blut, eine Rötung oder ein Ödem der Schleimhaut von Larynx, Epiglottis, Trachea und Ösophagus.

Unabhängig vom Zustand der Leiche muss außerdem die **Identität** geklärt werden. Hauptsächlich hilft hierbei der Zahnstatus weiter. Wenn vorhanden, können auch Narben von Operationen und Unfällen, krankhafte Organbefunde, oder die Form der Stirnhöhle weiterhelfen. Ein sehr aufwendiges und kostspieliges Verfahren stellt der DNA-Abgleich mit leiblichen Verwandten dar.

■ Systemische Hitzeschäden

Der menschliche Organismus ist auf eine gleich bleibende Körperkerntemperatur von 37°C angewiesen. Bereits Unterschiede um wenige Grade können sich tödlich auswirken. Wie empfindlich wir auf kleine Temperaturerhöhungen reagieren, hat jeder schon einmal erlebt, der mit Fieber im Bett lag und womöglich auch schon Fieberträume hatte. In diesem Abschnitt geht es um die Auswirkungen einer Erhöhung der Körperkerntemperatur bzw. einer Erhöhung der Temperatur am Gehirn beim Sonnenstich.

Hitzekrämpfe

Hier kommt es bei starker körperlicher Belastung unter strahlender Hitze (Sonne, Hochofen, offenes Feuer etc.) zu einer Dehydrierung und einem Elektrolytverlust (NaCl). Die Patienten klagen über Krämpfe in der Muskulatur und müssen sich vermehrt übergeben (weiterer Flüssigkeitsverlust!). Im weiteren Verlauf entwickeln sich eine Vasodilatation und eine Tachykardie. Lebensge-

fährlich werden die Krämpfe, wenn durch die Elektrolytverschiebungen am Herzen Störungen in der Erregungsleitung entstehen.

Hitzeerschöpfung/Hitze kollaps

Wie bei den Hitze krämpfen ist auch hier die Ursache eine Dehydrierung. Ein primärer Hitze kollaps entsteht durch den indirekten Flüssigkeitsmangel bei einer starken Vasodilatation. Ursache des sekundären Hitze kollapses ist der Verlust von Flüssigkeit durch starkes Schwitzen. Folge ist ein Kreislaufversagen bis hin zu einem hypovolämischen Schock.

Hitze schlag

Ein Hitze schlag droht, wenn sich durch eine starke Wärmezufuhr von außen und eine verhinderte Wärmeabgabe die Körperkerntemperatur auf über 43 °C erhöht. Im sogenannten roten Stadium ist die Haut gerötet und trocken. Bricht die Kreislaufregulation zusammen, folgt das graue Stadium mit einer myogenen Herzinsuffizienz, Dämmerzuständen bzw. Bewusstlosigkeit und Krampfanfällen.

Sonnenstich

Ursache für einen Sonnenstich ist eine direkte Sonneneinstrahlung auf den Kopf mit einer Temperaturerhöhung im Gehirn. Da dieses sehr empfindlich reagiert, zeigen sich schnell erste Zeichen einer meningealen Reizung bis hin zu intrazerebralen Blutungen.

Fazit

Für die Beurteilung einer Hitzeschädigung sind folgende Punkte wichtig:

- systemischer oder lokaler Hitzeschaden?
- Neuner-Regel für die Verbrennungsausdehnung
- Gradeinteilung der Verbrennungen
- Schädigung durch feuchte oder trockene Hitze?
- postmortale Veränderungen
- klinische Zeichen systemischer Hitzeschäden

10.2 Schäden durch Kälteeinwirkung

Kasuistik

Sie werden mit dem Einsatzstichwort „psychiatrischer Notfall“ in ein Wohngebiet gerufen. Dort finden Sie einen älteren Herrn (ca. 65 Jahre) vor, der im Garten eines Reihenhauses steht und sich trotz winterlicher Temperaturen von etwa 5 °C bis auf seine Unterwäsche und Socken ausgezogen hat. Als Sie ihn ansprechen, fällt Ihnen ein deutlicher Alkoholgeruch auf. Auf Ihre Nachfrage hin will der ältere Herr sich aber nicht wieder anziehen – ihm sei warm und alles sei in Ordnung, er habe nur ein bisschen zu viel über den Durst getrunken. Um Ihnen zu bestätigen, dass alles in Ordnung ist, geht er langsam in Richtung des Hauseingangs davon.

Was tun Sie? Lassen Sie ihn gehen und beobachten nur, ob er das Haus auch wirklich betritt? Oder halten Sie ihn auf und bestehen auf eine Untersuchung im RTW, notfalls mit Unterstützung durch die Polizei? Stimmt das Einsatzstichwort mit der vorgefundenen Situation überein?

10

Von einer Hypothermie spricht man, wenn die Körpertemperatur auf unter 36 °C gesunken ist. Normalerweise versucht der Körper durch Kältezittern einer Auskühlung vorzubeugen. Diese Form der Wärmeerzeugung ist aber ineffektiv, da gleichzeitig mehr Wärme abgegeben wird. Bei Neugeborenen und Säuglingen wird Wärme noch durch Verbrennung des braunen Fettgewebes zitterfrei erzeugt. Daher sollte man sich nicht in Sicherheit wägen, wenn Säuglinge nicht zittern. Wärme wird physiologisch hauptsächlich dadurch zurückgehalten, dass die Hautdurchblutung an den Extremitäten reduziert wird. So wird nur noch der Körperkern auf 37 °C gehalten. Wichtig ist diese Tatsache für die Temperaturmessung, besonders bei stark unterkühlten Personen. Hier sollte nur tief rektal oder in der Klinik ösophageal gemessen werden. Bereits die tympanale Messung im Ohr ist hier nicht mehr genau genug; als Selbstversuch sei eine Selbstmessung nach einem Winterspaziergang empfohlen.

■ Hypothermie (allgemeine Unterkühlung)

In der modernen Notfallmedizin hat die therapeutische Hypothermie inzwischen Einzug gehalten. Hier wird sie zur Verbesserung der Prognose bei Patienten nach Herz-Kreislauf-Stillstand nach erfolgreicher Reanimation angewandt.

Wann droht eine schwere akzidentielle Unterkühlung? Ab einer Außentemperatur von <10 °C oder einer Wassertemperatur <20 °C kühlt der mensch-

liche Körper rasch aus. Unter bestimmten Umständen können auch höhere Temperaturen eine ernsthafte Hypothermie verursachen. Gefährdet sind insbesondere Personen, die aufgrund von Alkohol, Drogen oder psychiatrischen Erkrankungen die Kälte nicht adäquat einschätzen bzw. sich überschätzen. Ein hohes Risiko für eine Unterkühlung besteht außerdem bei allen bewusstlosen Personen und Patienten mit Traumata und Blutverlust.

Kältekrankheit

Wenn die Körpertemperatur unter 35 °C fällt, spricht man von der Kältekrankheit, die in 4 Stadien unterteilt wird:

Stadium 1 – leichte Hypothermie. Körperkerntemperatur zwischen 36 und 33 °C, die körpereigenen Regulationsmaßnahmen wie zum Beispiel Muskelzittern sind maximal ausgeprägt, reichen aber nicht mehr aus. Bei den Vitalfunktionen fällt eine Tachykardie und nicht selten auch eine Hyperventilation auf. Die kalteexponierten Akren sind schmerzhaft. Neurologisch sind die Patienten meist verwirrt und stark erregt. Daher wird dieses Stadium auch als Erregungsstadium oder **Exzitationsstadium** bezeichnet.

Stadium 2 – mittelgradige Hypothermie. Körperkerntemperatur zwischen 33 und 30 °C, „alles wird langsamer“: Der Muskeltonus nimmt ab, am Herzen tritt nun eine Sinusbradykardie auf, bei der Atmung kommt es zunehmend zu einer zentralen Depression und die Schmerzen lassen nach. Besonders gefährlich ist die hier beginnend auftretende Kälte-Idiotie, bei der die Patienten ein paradoxes Wärmegefühl empfinden und sich noch zusätzlich entkleiden. Ansonsten sind die Patienten meist desorientiert und erschöpft: Erschöpfungsstadium oder **Adynamiestadium**.

Stadium 3 – tiefe Hypothermie. Körperkerntemperatur zwischen 30 und 27 °C, es kommt zu einer passiven Erhöhung der Muskelstarrheit sowie zu einer Bradyarrhythmie, die Atmung wird weiter gedämpft zu einer Bradypnoe mit apnoeischen Phasen. Die Opfer verlieren das Bewusstsein und ihre Reflexe: Lähmungsstadium oder **Paralysestadium**.

Stadium 4 – Vita reducta. Körperkerntemperatur <27 °C, die Vitalfunktionen wie Puls und Atmung werden weiter reduziert bis hin zum Kammerflimmern und Atemstillstand. Bei noch erhaltenen Vitalfunktionen liegt ein Scheintod vor, verstirbt der Betroffene, spricht man vom Kältetod.

Besonderheiten

Bei unterkühlten Personen muss beachtet werden, dass sich Medikamentenspiegel und -wirkungen deutlich ändern. Dies ist zum einen wichtig für die Gabe von Notfallmedikamenten – hier sei auf die aktuellen Empfehlungen der Fachgesellschaften verwiesen –, zum anderen aber auch für etwaige Drogen- oder Alkoholspiegel.

Rechtsmedizinisch interessant ist die Tatsache, dass etwa 6% der Patienten ein finales Höhlenverhalten zeigen. Das bedeutet, dass diese Patienten bei nahendem Tod versuchen, sich zu verkriechen oder zu verstecken (Abb. 10.3). Als Grund kann nur vermutet werden, dass die Patienten unterbewusst versuchen ihren Leichnam vor Tieren zu schützen. Wichtig ist diese Tatsache, wenn Personen gesucht werden sollen, bei denen ein Kältetod vermutet wird.

Was sind die Besonderheiten einer Kälteleiche? Die Totenflecken erscheinen hellrot (DD CO-Intoxikation!), an Knien, Ellbogen und Hüften treten Kälteerytheme auf. Dies sind Hautverfärbungen ohne Unterblutungen (Abb. 10.4).

10



Abb. 10.3 Tod durch Unterkühlung im Freien. Die Schürfungen an den Unterarmen und an der Stirn erklären sich durch ein agonales Kriechen.



Abb. 10.4 Das oftmals einzige äußerlich sichtbare Zeichen beim Tod durch Unterkühlen sind Rotverfärbungen der Knie (Kälteerythem).

■ Erfrierungen

Durch Kälteexposition kommt es zu einer Zentralisierung und folglich zu einer Gefäßkonstriktion an den Akren (Hände < Finger, Füße < Zehen, Nase, Ohren). Dauert diese über längere Zeit an, resultiert eine Ischämie der minderdurchbluteten Gewebe. Es folgt ein entzündlicher Prozess, der schließlich zu einer Nekrose führt. Ähnlich wie die Verbrennungen werden auch die Erfrierungen in Stadien eingeteilt:

- **Grad 1:** Durch die Gefäßkonstriktion ist der betroffene Bereich zuerst weiß und gefühllos, wird dann schmerzhaft und gerötet (Ausschüttung histaminartiger Substanzen) und kann teilweise stark jucken.
- **Grad 2:** Wenn der Bereich über längere Zeit der Kälte ausgesetzt war, bilden sich nach dem Wiedererwärmen Blasen, die entweder serös oder blutig gefüllt sind.
- **Grad 3:** Nach Absterben des Bereiches verfärbt sich dieser blau-schwarz. Hat der Patient „Glück“, bleibt die Nekrose trocken und infiziert sich nicht. Infiziert sie sich, ist die Nekrose feucht und meist stinkend.

Sonderform Frostbeulen

Ähnlich wie Erfrierungen entstehen Frostbeulen an den Fingern und Füßen bei Kälteexposition. Allerdings können sie bereits bei Temperaturen unter 20°C ausgelöst werden. Frostbeulen sind knötchenartige, bläuliche und wässrige Schwellungen. Besonders häufig treten sie an den Streckseiten der Finger und Zehen auf. Voraussetzung für Ihre Entstehung ist eine angeborene Veränderung an den Gefäßen.

Fazit

Um Schädigungen durch Kälte adäquat zu beurteilen, sollte man Folgendes bedenken:

- systemischer oder lokaler Kälteschaden?
- Gradeinteilung von Erfrierungen
- Stadieneinteilung der Hypothermie