Nicht das Streben zum absoluten Brandschutz kann die Beratungsdevise sein, sondern vorhersehbare Risiko- und Verlustbegrenzung, damit trotz Zentralisierung Großschäden mit all ihren Folgen bis hin zum Verlust der Kunden oder gar der Marktposition keine Chance haben.

„Loss control", d. h. auch Schadenverhütung unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte, hat es sicher verdient, mancherorts einen besseren Stellenwert in der Betriebshierarchie zu erhalten.

Großbrände der letzten Jahre in großflächigen zentralen Lagern und Produktionsstätten haben deutlich gemacht, welche Risiken solch hohe Wertekonzentrationen beinhalten. Selbsttätige Löschanlagen bieten zwar eine hohe Sicherheit, sind aber in Ausnahmefällen nicht vor technischem Versagen gefeit. Die Risikobetrachtung ergibt, daß zur Verhinderung eines Totalverlustes eine zweite Barriere, die bauliche oder räumliche Unterteilung, erforderlich ist.

Körperschäden durch hyperthermische Einflüsse

Entstehung und Behandlung der Verbrennungskrankheit einschließlich Brandgas- und Rauchvergiftung

Dr. med. Fritz Zirner

Unfallverhütung, Erste Hilfe und Belehrung von Arbeitnehmern über Gefahren und Gesundheitsschäden im Berufsleben zählen zu Haupttätigkeiten des Arbeitsmediziners, was u. a. auch durch das Arbeitssicherheitsgesetz vom 12. 12. 1973 festgelegt ist. In diesem Zusammenhang bildet die optimale Vorsorge, Behandlung und Rehabilitation hinsichtlich thermischer Schäden eine wesentliche Aufgabe nicht nur des Arztes, sondern auch der Sicherheitsfachkräfte und anderer verantwortlicher Personen.

Nicht nur Brände und Katastrophen, sondern auch Haushalts- und Betriebsunfälle führen oft zu Körperschäden, an deren Entstehung neben mechanischen und chemischen vielfach auch thermische Faktoren beteiligt sind, z. B.:

Flammeneinwirkung,
Verbrühung, heiße Dämpfe,
Wärmestrahlung (Hitze, UV-Licht),
Kontakt (z. B. flüssiges Metall, kochender Teer, heißes Fett und heiße Massen),
Explosion,
elektrischer Strom,
ionisierende Strahlen.

Die hierdurch ausgelösten sichtbaren Veränderungen am menschlichen Organismus, insbesondere an der Körperoberfläche, bilden überwiegend die Brandwunden. Aufgrund klinischer Erfahrung wissen wir jedoch, daß — abgesehen von Bagatellfällen — die lokalen Hautveränderungen schnell zu komplexen Regulations- und Funktionsstörungen des Organismus führen und damit die weitere Existenz bedrohen können. Deshalb spricht man heute nicht mehr von Brandwunden schlechthin, sondern von der Verbrennungskrankheit.

Leichtere Brandverletzungen kommen, wie die Alltagserfahrung lehrt, recht häufig vor. Leider gehören aber auch die schweren Formen der Verbrennungskrankheit nicht zu den Seltenheiten. So ergab eine Untersuchung der gewerblichen Berufsgenossenschaften, daß etwa acht- bis zehntausend Verbrennungen, davon etwa die Hälfte infolge eines Arbeitsunfalles, pro Jahr eine stationäre Klinikbehandlung notwendig machen. Etwa 800 Todesopfer sind jährlich in der Bundesrepublik zu beklagen. Über die Verhältnisse im Land Berlin informieren Bild 1 und Tabelle 1. Aus diesen geht u. a. hervor, daß trotz aller bisherigen Vorbeugungs- und Aufklärungsmaß-

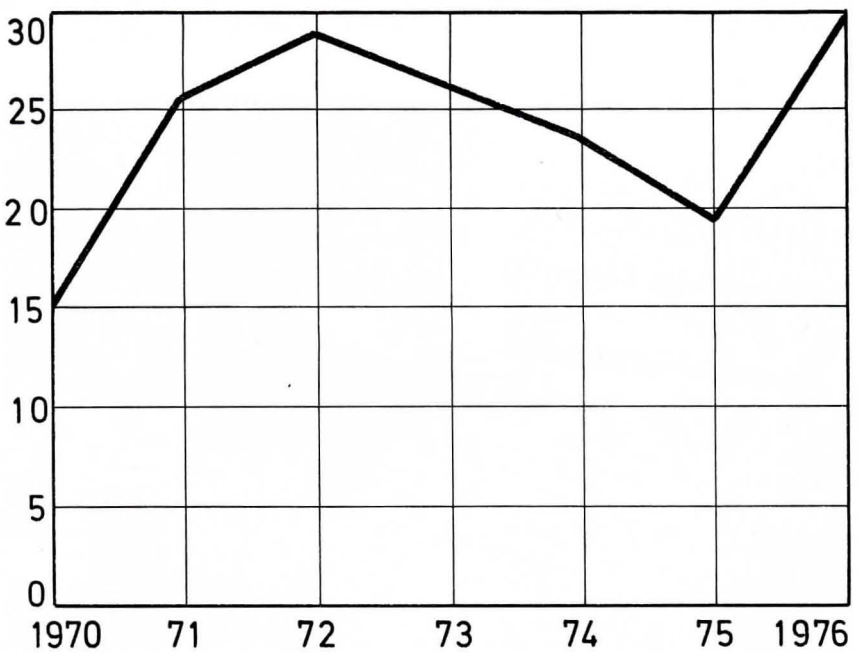

Bild 1. Tödliche Brandunfälle im Land Berlin in den Jahren 1970-1976 (nach Angaben der Berliner Feuerwehr).

Dr. med. Fritz Zirner, Leiter des Arbeitsmedizinischen Dienstes des TÜV Berlin.

Jahr	Personen mit Brandwunden	Personen mit Rauchvergiftungen	Personen mit Verletzungen
1970	92	164	46
1971	100	134	79
1972	92	189	79
1973	88	145	86
1974	87	186	111
1975	101	137	76
1976	116	185	69
1970–76	676	1140	546

Tabelle 1: Körperschäden durch thermische Einflüsse im Land Berlin in den Jahren 1970 bis 1976 (nach Angaben der Berliner Feuerwehr)

nahmen keineswegs ein Rückgang der Brandunfallzahlen verzeichnet werden kann. Unter den häuslichen Brandunfällen werden ursächlich das Rauchen im Bett (Bilder 2 u. 3), besonders bei Trinkern und Drogenabhängigen, und der Wohnungsbrand sowie die Verbrühung registriert.

Die bei einer thermischen Schädigung entstehenden sichtbaren Veränderungen an der Körperoberfläche werden nach Art und Ausmaß seit langem folgendermaßen klassifiziert:

Grad I: Rötung, Schwellung und Schmerzen

Grad II: Wie I, dazu Blasenbildung und Ödem (teilweise Hautzerstörungen)

Grad III: Verschorfung der Haut und Unterhaut (weiß oder lederartig braun)

Grad IV: Verkohlung der Gewebe (totale Haut- und Gewebszerstörung)

Der Verlauf einer Verbrennungskrankheit läßt sich in vier verschiedene Phasen einteilen:

Bild 2. Situation nach Abtransport einer Person, die beim Rauchen auf der Couch schwere Verbrennungen erlitt.

1. Phase: Hautschwellungen durch Verbrennungsödem (meist 3–4 Tage)
2. Phase: Ausbildung großflächiger Wunden (1–3 Wochen)
3. Phase: Übergang von eiweißabbauender in eine eiweißaufbauende Stoffwechsellage (3–4 Wochen)
4. Phase: Normalisierung und Rehabilitation (u. U. mehrere Monate)

Als Beispiel zeigt Bild 4 den Arm eines Mannes während der ersten Phase der Verbrennungskrankheit, wobei besonders die hochgradige Schwellung des Gewebes mit Wassereinlagerung (Ödeme) auffällt.

Pathophysiologische Prozesse bei thermisch bedingten Körperschäden

Zum Verständnis der richtigen Einschätzung und zweckmäßigen Behandlung von Brandverletzten erscheint es geboten, zunächst einige bedeutende pathophysiologische Prozesse, die der Verbrennungskrankheit zugrunde liegen, näher darzustellen.

Die Körperoberfläche kann thermisch ganz unterschiedlich geschädigt werden. Entscheidend ist die Temperatur und Einwirkungsdauer der Wärme- bzw. Kältequelle. Demgemäß sind die eintretenden Folgen unterschiedlich, je nachdem, ob etwa heißes Wasser, Wasserdampf, Flammen, Glut oder aber flüssige Luft, flüssiger Stickstoff oder andere unterkühlende Medien den Körper treffen. Mitunter lassen Umfang und Art der sichtbaren Hautveränderungen keinen sicheren Rückschluß auf die in tiefer gelegenen Gewebsschichten entstandenen Schäden zu. Das zeigen die Bilder 5 und 6, aus denen hervorgeht, daß das tatsächliche Ausmaß der Verbrennungsschäden eventuell erst nach einigen Tagen offenkundig wird.

Besonders schwer erkennbar sind oft elektrothermische Verbrennungen, die zu ausgedehnten Zerstörungen der Muskulatur führen können.

Eine Sonderform der Verbrennungskrankheit bildet der durch Strahlungswärme verursachte Sonnenbrand. Die Symptomatik bildet sich hierbei erst nach einer Latenzzeit von 1–24 Stunden aus und ist durch Rötung, Schwellung, Schmerzen, Fieber bis hin zum Schockzustand gekennzeichnet. Gerade das erst allmähliche Einsetzen dieser Zeichen, die in einen lebensbedrohlichen Zustand münden können, macht eine besondere Überwachung erforderlich.

Durch das thermische Trauma wird das Körpergewebe nicht nur primär geschädigt und zerstört, sondern auch sekundär durch die aufgrund des Primärschadens entstehenden lokalen

Veränderungen. In erster Linie führt zu solchen Schädigungen eine gestörte Permeabilität der Kapillaren, also die veränderte Wanddurchlässigkeit der kleinsten Blutgefäße. Durch Hitzeeinfluß, Sauerstoffmangel und andere Faktoren wird die Durchlässigkeit der Gewebe erhöht, so daß Wasser und Salze, Eiweißkörper und auch feste Blutbestandteile in das Gewebe übergehen können, wodurch es zu einer falschen Verteilung körpereigener Substanzen im Organismus kommt. Hierzu einige Einzelheiten:

Bild 3. Beim Rauchen eingeschlafene und verbrannte Person.

1. Das Wasser

Durch die thermische Schädigung des Hautgewebes und durch Freisetzung von Histamin büßen die Gefäßwände ihre dialytische Eigenschaft ein, es kommt zu einer Ansammlung osmotisch-aktiver Bluteiweißkörper im Zellverband, wodurch Wasser und Salze in erhöhtem Maße gebunden werden. Wie in Bild 4 zu sehen ist, entwickelt sich das sog. Verbrennungsödem in Form einer Aufschwellung des Gewebes. Flüssigkeit geht dem Kreislauf, aber auch infolge einer Sekretion und Verdunstung aus der Wundfläche oder durch Einströmen in Brandblasen verloren. Auch in verbrennungsfernen Bereichen, wie Darmwand oder Gehirn, entstehen infolge der histaminbedingten Gefäßdurchlässigkeit Ödeme. Die Folge ist zunächst eine Volumenverminderung und eine Viskositätserhöhung des zirkulierenden Blutes.

Bild 4.
Erste Phase der Verbrennungskrankheit mit Entwicklung hochgradiger Wasseransammlungen im Unterhautgewebe.

Schon vor über 100 Jahren war bekannt, daß bei Verbrennungen eine „Bluteindickung" eintritt. Deshalb wurde auch bereits vor fast 80 Jahren empfohlen, dem Körper Salzlösungen zuzuführen. Aber erst nach 1940 wurden Arbeiten veröffentlicht, die die wissenschaftlichen und auch praktischen Grundlagen für die Substitution von Flüssigkeit im Organismus bildeten. Eine derartige Flüssigkeitszufuhr ist oftmals lebensnotwendig, worauf noch einzugehen sein wird.

Die ausgedehntesten Wasseransammlungen im Gewebe sind bei der Einwirkung von Temperaturen zwischen 50 °C und 75 °C beobachtet worden. Die Schädigungsfolgen bei solchen Temperaturen sollten daher nicht unterschätzt werden.

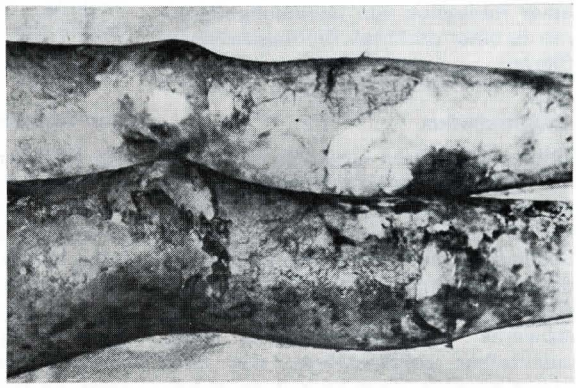

Bild 5.
Verbrennungsschäden an den Beinen. Ursprünglich wurde eine oberfl. Verbrennung 2. – 3. Grades angenommen.

Die Verschiebungen im Wasser- und Elektrolythaushalt bestimmen entscheidend das Ausmaß der thermischen Schädigungsfolgen und damit auch den Rehabilitationserfolg bzw. die Überlebenschance. Gleich nach dem Wärmeeinfluß wandert Kochsalz aus dem Kapillarsystem in das geschädigte Gebiet und zieht Wasser nach sich. Obwohl dabei eine starke Anreicherung von Kochsalz im geschädigten Gewebe vorhanden ist, darf die Behandlung nicht in einem Kochsalzentzug bestehen; vielmehr muß dem Organismus praktisch das zugeführt werden, was ihm durch das salzbindende Ödem verlorengeht. Gleiches gilt auch für Kalium, das in einer bestimmten Konzentration im Blutserum unbedingt vorhanden sein muß, um beispielsweise die Herzleistung in physiologischem Maße zu ermöglichen.

2. Die Eiweißkörper

Neben der Wasserverarmung erleidet der hitzegeschädigte Organismus auch schwere Verluste an Serum-Eiweiß (50 % und mehr). Da die Serumeiweiße, besonders die Albumine, für den kolloid-osmotischen Druck innerhalb des Blutes entscheidend sind, fällt dieser bei Eiweißverlust stark ab, und zwar bereits in den ersten Stun-

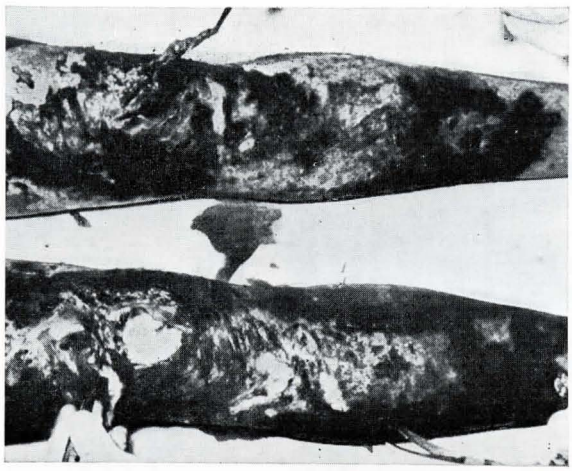

Bild 6.
Der gleiche Verletzte fünf Tage später. Es zeigten sich jetzt Verbrennungsfolgen schwersten Grades, teilweise bis zum Knochen reichend.

den nach dem Verbrennungsereignis. Die Folgen des Verlustes an Eiweißen, Wasser und Salzen bestehen neben den gestörten Austauschvorgängen zwischen Blut und Gewebe in schweren Regulationsstörungen des Blutkreislaufes und einer Verminderung der antibakteriellen Abwehrstoffe. Die Auffüllung der Blutstrombahn mit geeigneten Flüssigkeiten und der Ersatz von Serumeiweiß stellen daher das wichtigste Behandlungsprinzip dar.

3. Das Blut

Auch durch den Verlust von roten Blutkörperchen kann die Kreislauffunktion beeinträchtigt werden. Akute Blutverluste, beschleunigter Abbau von Blutkörperchen und andere sekundäre Schäden führen oft zu einer Blutarmut, die ihrerseits die Versorgung von Organen und Geweben mit Nährstoffen und Sauerstoff reduziert. Weiterhin kann der Verlust von Blutplättchen (Thrombozyten) in Verbindung mit einer Reduktion von Gerinnungsfaktoren zu einer erhöhten Blutungsneigung führen.

Organschäden

Unter den inneren Organen, die durch die Verbrennungskrankheit sekundär in Mitleidenschaft gezogen werden können und deren Funktion deshalb besonders beachtet werden muß, steht die Niere im Vordergrund. Zwar wird die Nierenfunktion selbst durch ein schweres Verbrennungstrauma nicht unmittelbar eingeschränkt, wie man früher annahm, doch kommt es in bestimmten Fällen zu sekundären Schädigungen der Nierenleistung, wobei man zwei charakteristische Formen unterscheidet: Die „Niere im Schock" und die „Schockniere". Bei der „Niere im Schock" handelt es sich um eine gesunde Niere, die durch die vorstehend geschilderten Störungen der Blutzusammensetzung (die ja außerhalb der Niere vor sich gehen) nicht mehr die Voraussetzungen zur richtigen Funktion hat und deshalb nur unzureichend arbeiten kann. Demgegenüber bildet die „Schockniere" ein späteres Stadium, bei dem durch längeres Bestehen der pathologischen Einflüsse (Mangeldurchblutung, zu geringes Wasser- und Salzangebot usw.) die Niere selbst geschädigt ist.

Eine weitere häufige Lokalisation schwerer Veränderungen der normalen Organstruktur durch einen Verbrennungsfall bilden die Atmungsorgane (Bronchien, Lungengewebe). Die durch Mikrothromben und Sauerstoffdiffusionsstörungen verursachte „Schocklunge" sowie bakteriell bedingte Lungenentzündungen stellen Komplikationen dar, die nicht selten die Ursache des Todes von Brandopfern bilden.

Schließlich ist der Magendarmtrakt in zahlreichen Fällen betroffen: So entwickeln sich bei ca. 25 % der Schwerverbrannten Magendarmgeschwüre (Streßulcera) mit Blutungsneigung, ferner können Darmwandödeme die Ursache von Darmlähmungen bilden.

Der Verbrennungsschock

Bei Brandverletzungen ist der Schock eine gefürchtete Allgemeinreaktion. Je schwerer und ausgedehnter die Brandverletzung ist, um so stärker treten infolge Bluteindickung und Katecholaminausschüttung Regulationsstörungen des Blutumlaufs ein. Die Gewebedurchblutung ist dadurch in größeren Körperbereichen hochgradig herabgesetzt, so daß sich in diesen Geweben ein Sauerstoffmangel entwickelt, woraus ungünstige morphologische und funktionelle Veränderungen resultieren können. Durch Stoffwechselstörungen in diesen durchblutungsgestörten Bereichen kann es zu weiteren Schädigungen kommen (u. a. Blutkörperchenzusammenballungen in den Kapillaren, Verschiebung des pH-Wertes zur sauren Seite, Leistungsminderung des Herzens), die schließlich das Leben bedrohen. Am Zustandekommen des Verbrennungsschocks sind aber nicht nur die physikalisch-chemischen Einflüsse beteiligt, sondern auch nervliche Faktoren, wie Schmerz, Angst und Unruhe.

Zum diagnostischen Erkennen eines Schocks sind nur wenige Kriterien zu beachten: Blässe, blaue Lippen, Schweißausbruch, schneller, schlecht fühlbarer Puls, Blutdruckabfall, weite und träge reagierende Pupillen sowie Bewußtseinstrübung. Im Gegensatz zu anderen Schockformen entsteht der akute Verbrennungsschock verzögert, d. h. in einem Zeitraum von 36 bis 48 Stunden nach dem Trauma.

Die Infektionsgefahr

Besonders in der zweiten Phase der Verbrennungskrankheit, also während des Stadiums der Ausbildung großflächiger Wunden, tritt als zusätzliche Komplikation die Gefahr der Infektion hinzu. Ihre Bedeutung geht u. a. daraus hervor, daß bei 60 % der letalen Ausgänge nach Verbrennungen bakteriell bedingte Komplikationen die Todesursache darstellen.

Zunächst ist jede Brandwunde als primär keimbesiedelt anzusehen, außerdem kommt hinzu, daß aus den thermisch und/oder durch Stoffwechselstörungen geschädigten Zellformationen ein die Wundfläche bedeckendes Sekret abfließt, das einen ausgezeichneten Nährboden für Keime, die aus der Umgebung des Patienten sowie von dessen Hautoberfläche einschließlich der Wundränder stammen, darstellt. Die so entstandenen bakteriellen Verunreinigungen der Wundflächen lassen sich oft nur schlecht beeinflussen, wodurch die Wundheilung sehr erschwert wird. Außerdem gelangen bakterielle Toxine durch die Rückresorption des Wundsekretes in den Kreislauf und können damit weitere ungünstige Effekte bewirken. So ist im Verlauf der Verbrennungskrankheit die Gefahr gegeben, daß sich erneut eine akute Schockphase, jetzt aufgrund einer Sepsis (Blutvergiftung) entwickeln kann.

Brandgas- und Rauchvergiftung

Neben Rauch und Qualm entstehen bei Verbrennungen sowohl synthetischer als auch natürlicher Stoffe unsichtbare gefährliche Gase. So kommen laut einer amerikanischen Statistik 80 % aller Menschen, die bei Bettbränden verunglücken, nicht durch Flammeneinwirkung, sondern durch Erstickung infolge schwel- bzw. glimmbrandbedingter Brandgase ums Leben (Bild 7). Ursachen der Erstickung sind die Anreicherung der Atemluft mit Kohlenmonoxid (1 % in der Einatemluft wirken tödlich), Kohlendioxid (6 % wirken tödlich) sowie eine Verarmung

von Sauerstoff (weniger als 15 % wirken tödlich).

Daneben entstehen bei der Verbrennung zahlreicher organischer Stoffe in unterschiedlicher Menge andere Gase, die sehr giftig sind, z. B. Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO/NO_2), Blausäure (HCN), Chlorwasserstoff (HCl), Ammoniak (NH_3) oder Schwefelwasserstoff (H_2S). Mitunter bilden sich giftige Gase zusätzlich während des Brennvorgangs durch Reaktion anderer Brandgase, z. B. Phosgen ($COCl_2$) durch Reaktion von Cl_2 mit CO beim Verbrennen von PVC in Temperaturen über 600 °C. Überhaupt sind die beim Verbrennen mancher Kunststoffzusätze entstehenden unsichtbaren Gase hochtoxisch. Hierzu gehören besonders die dem Material als Feuerschutz zugesetzten Substanzen. Von Petajan u. M. [20] wurden 638 verschiedene chemische Substanzen analysiert, die bei der Herstellung von Kunststoffen zugesetzt werden können. Viele dieser Stoffe erwiesen sich im Vergleich zu CO als noch gefährlicher und erhöhen somit das Gefahrenrisiko in der Umgebung eines Brandherdes. Eine hohe Brandgasbelastung, also die Entwicklung für den Organismus gefährlicher Arten und Mengen von Brandgasen, ist auch durch das Verbrennen von Textilien (Gardinen, Möbelstoffen, Teppichen usw.) gegeben.

Eine häufige Komplikation bei Brandereignissen sind Rauchvergiftungen. Rauch ist in der Regel weniger giftig als Brandgase. Andererseits kann Rauch auch einige körperspezifische Gifte enthalten, z. B. Substanzen, die auf das Nervensystem wirken. Im Gegensatz zu den meisten Brandgasen läßt sich Rauch durch seinen hohen Rußanteil und den die Atmung behindernden beißenden Qualm leicht feststellen, wodurch Schutzmaßnahmen ausgelöst werden können.

Von Rauch- bzw. Brandgasvergiftungen bedroht sind jedoch nicht nur die Verunglückten selbst, sondern ebenso die Helfer bei der Bergung. Deshalb sollten in gefährdeten Bereichen unabhängige Atemschutzgeräte (Preßluftatmer oder Sauerstoffschutzgeräte) zur Verfügung stehen und leicht zugänglich sein.

Gilt es sofort einzugreifen, um hilflose Personen aus verqualmten Räumen zu retten, ohne daß Atemschutzgeräte zur Verfügung stehen, sollte man auf dem Boden kriechend zu ihrer Rettung vordringen, da über dem Boden am ehesten noch atembare Luft vorhanden ist, weil der Rauch nach oben steigt. Zur Filterung von Reizgasen können nasse Tücher vor Mund und Nase notfalls nützlich sein, sie schützen aber nicht vor der Inhalation von giftigen Brandgasen.

Behandlungsmaßnahmen

Aus den dargestellten Zusammenhängen geht hervor, daß zur sachgemäßen Behandlung von Verbrennungsverletzten und zur Abwendung lebensbedrohlicher Komplikationen mehrere therapeutische Prinzipien zu beachten sind. Hierbei handelt es sich vornehmlich um

1. Ersatz von Wasser, Salzen und Blut (Schockbekämpfung),
2. Wundversorgung,
3. Schmerzbekämpfung,
4. Vermeidung einer Infektion,
5. Zufuhr von Sauerstoff,
6. Überwachung der Nierenfunktion,
7. Überwachung des Blut-pH-Wertes und der Elektrolytkonzentrationen.

Zunächst kommt es auf eine rasche Bergung des Verletzten aus dem Brandbereich und auf eine sachgemäße Versorgung am Unfallort an, in der Regel eine Aufgabe für Laienhelfer, die meistens als erste am Unfallort eintreffen und deshalb mit den wichtigsten Maßnahmen der Ersten Hilfe für Brandverletzte vertraut sein sollten.

Sollten einzelne Kleidungsstücke noch brennen, müssen die Flammen schnell erstickt werden, z. B. durch Decken oder Tücher. Unmittelbar am Unfallort sollten versengte Kleidungsstücke nicht vom Körper des Verletzten entfernt werden, denn verbrannte bzw. verkohlte Kleidung ist weitgehend keimfrei. Lediglich bei Verbrühungen müssen Garderobenteile so schnell wie möglich abgenommen werden. In den meisten Fällen wird sich die Tätigkeit der Laienhelfer darauf beschränken müssen, den Verunglückten bis zum Eintreffen eines Arztes oder bis zum Transport in die Klinik günstig zu lagern und die offenen Wunden, also die thermisch geschädigte Haut, mit sterilen Tüchern abzudecken. Ausgezeichnet eignen sich hierfür metallisierte Brandwundentücher. Diese bestehen aus speziell präparierten Wattelagen, die an einer Seite eine wasserabstoßende Schicht aufweisen und auf der anderen, zur Wunde gerichteten Seite einen Aluminiumfilm tragen. Er verhindert das Verkleben mit der Wunde, läßt aber Flüssigkeit hindurch, damit diese von der Watteschicht aufgesaugt werden kann. Außerdem wirkt die Metallfolie wärmeisolierend, was zur Verhinderung der schockverstärkenden Unterkühlung besonders wichtig ist (Bild 8). Solche Tücher oder ähnliche Gittertüllstoffe sollten deshalb in jeder Notfallausrüstung vorhanden sein und auch in Hausapotheken nicht fehlen (Bild 9).

Nach Auflegen dieser oder anderer steriler Tücher ist zur Verhinderung einer allgemeinen Unterkühlung der Patient in warme Decken einzuhüllen.

Die örtliche Anwendung von kaltem Wasser war lange Zeit recht umstritten. Heute wissen wir aufgrund von tierexperimentellen Untersuchungen und klinischen Studien, daß der weitere Verlauf einer Verbrennungskrankheit durch schnelle Kühlung mittels Leitungswasser günstig beeinflußt werden kann. Allerdings sollte eine intensive Kühlung nicht erfolgen, wenn bereits ein Schockzustand vorliegt, weil hierbei die Kreislaufsituation noch zusätzlich belastet werden kann.

Durch die sofortige Wasserkühlung tritt eine Verminderung der thermischen Gewebeschädigung ein. Ohne Kühlung normalisiert sich die Temperatur verbrühter Haut erst nach ca.

Bild 7. Durch Brandgase ums Leben gekommene Person.

Bild 8. Sog. offene Behandlung eines Schwerverbrannten. Teilabdeckung mit Metalline-Tüchern unter sterilen Bedingungen.

5 Minuten. Zur Anwendung selbst ist zu beachten, daß die Wasserkühlung möglichst in den ersten 20 Sekunden beginnen sollte und längere Zeit, d. h. 10–20 Minuten, fortgesetzt werden muß. Die Temperatur des Wassers sollte keinesfalls unter + 10 °C liegen.

Zu den wichtigsten Regeln für Laienhelfer gehört die Beachtung der Erkenntnisse, daß die früher häufig zur Behandlung von Brandverletzten empfohlenen Maßnahmen strikt zu unterlassen sind: Jegliche Manipulation an der Wunde (z. B. Reinigen oder Entfernen defekter Hautbestandteile) hat zu unterbleiben. Auch sollten Brandwunden nicht mit Salben, Ölen, Fetten, Mehl, Eiweiß usw., auch nicht zur Schmerzlinderung, in Berührung kommen. Die Gefahr einer Wundinfektion oder Wundverschmutzung ist durch Anwendung derartiger Stoffe stets gegeben. Ebenso sollten auch die heute noch in manchen Verbandkästen anzutreffenden Brandbinden, Brandpuder oder Brandsalben nicht mehr verwendet werden. Lediglich bei Verbrennungen 1. Grades können antiallergische Salben und Gele nutzreich appliziert werden.

Die Lokalbehandlung mit Antibiotika hat wegen allergisierender und toxischer Nebenwirkungen Grenzen. Es gibt allerdings Trockensprays und Trockengele, die schwer resorbierbare und gegen Mischinfektionen breitenwirksame Eigenschaften besitzen und daher für die Anwendung im betrieblichen und häuslichen Bereich geeignet sind. Manche derartige Kombinationspräparate enthalten auch noch ein lokalwirksames Anaestheticum (z. B. Xylocain), wodurch eine schnelle Schmerzlinderung erreicht werden kann. Diese Präparate sollten allerdings nur auf die leichteren Fälle, die keiner klinischen Weiterbehandlung bedürfen, beschränkt bleiben. Auch kann ihr Einsatz als Erstmaßnahme bei Katastropheneinsätzen empfohlen werden.

Ein anderes Prinzip, das als Fortschritt in der lokalen Behandlung von Verbrennungen angesehen wird, beruht auf der Anwendung des lokal-antiseptisch wirkenden Cerium-Nitrats, möglichst in Verbindung mit Silber-Sulphadiazin.

Nach einer Mitteilung aus Schweden hat sich bei Verbrennungen der Hand folgendes Verfahren zur sofortigen Schmerzstillung und komplikationslosen Ausheilung „seit langem“ bewährt:

1. Handbad in einer mit einem antiseptischen Mittel versetzten Kochsalzlösung (30 Min. lang),
2. Hand lufttrocknen lassen,
3. Hand in Silikonöl baden (20 Min.),
4. Überstülpen eines Plastikbeutels, der am Handgelenk befestigt wird.

Diese Prozedur ist täglich zweimal anzuwenden.

Die Notwendigkeit einer Flüssigkeitszufuhr macht sich für den Verbrennungsverletzten schon bald durch erheblichen Durst bemerkbar. Man sollte ihm aber nicht nur lediglich Wasser, Tee o. dgl. reichen, weil dies zu einer sog. Wasservergiftung führen könnte. Vielmehr muß diesen Flüssigkeiten Kochsalz zugefügt werden, und zwar 3 g (= 1 Teelöffel) auf ein Liter. Besser ist die Verabreichung fertiger Lösungen für diesen Zweck. Diese Flüssigkeitszufuhr ist vor allem dann wichtig, wenn zwischen Unfall und Klinikaufnahme eine längere Zeit vergeht. Beim Vorliegen eines Schockzustandes verbietet sich die Gabe größerer Trinkmengen.

Die Kenntnis der Brandwundenausdehnung ist entscheidend für die Frage, ob eine klinische Behandlung unbedingt erforderlich ist. Dies ist stets der Fall, wenn mehr als 15 % der Körperoberfläche von Erwachsenen bzw. 10 % von Kindern von einer Verbrennung 1. Grades betroffen sind, wenn zweitgradige Verbrennungen an Gesicht, Händen und Füßen bestehen oder wenn drittgradige Verbrennungen vorliegen, die in der Regel Hautverpflanzungen erfordern (ab 5 %). Aber auch bei geringeren Brandverletzungen, die mehr als eine Bagatelle darstellen, sollte zunächst ein Krankenhaus aufgesucht werden.

Zur Bestimmung der Wundausdehnung hat sich die sog. Neuner-Regel als nützlich erwiesen: Danach beträgt die Oberfläche des Kopfes, des Armes, des oberen und unteren Rumpfes (jeweils Vorder- oder Rückseite) und einer Beinhälfte jeweils ca. 9 % der Körperoberfläche, wie aus Bild 10 hervorgeht. Bei Kindern liegen die Verhältnisse wegen der besonderen Körperproportionen etwas anders. Eine andere einfache Berechnungsgrundlage bietet die Tatsache, daß die Handfläche des Verletzten ungefähr 1 % seiner Körperoberfläche entspricht.

Bedeutsam ist weiterhin die Lokalisation der Brandeinwirkung. So ergeben sich besondere Gefahren bei Verbrennungen an Gesicht und Hals, da es hier u. a. zu Atemwegsverlegungen kommen kann. Beschleunigter Ab-

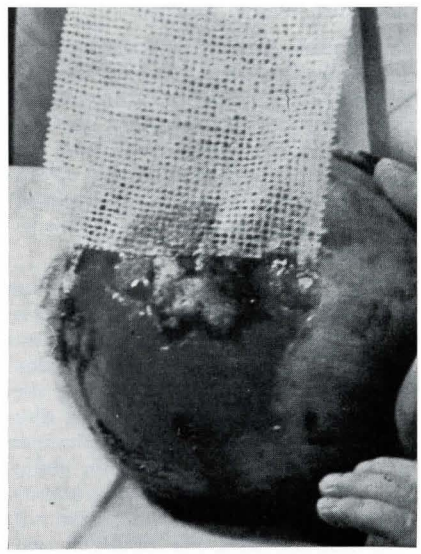

Bild 9. Anwendung von Cura-Tüll® im Kopfbereich.

transport in eine Klinik ist gerade in diesen Fällen notwendig.

Zur Behandlung von Rauchvergiftungen gehört in erster Linie die Sauerstoffgabe, ärztlicherseits ggf. die Verabreichung von Medikamenten zur Bekämpfung des Reizhustens und anderer Vergiftungsfolgen.

Die Schmerzbekämpfung gehört zu den vordringlichen ärztlichen Aufgaben. Hierzu werden stark wirksame Analgetika aus der Reihe der dem Betäubungsmittelgesetz unterliegenden morphinähnlichen Substanzen erforderlich sein. Diese müssen, um schnell wirksam werden zu können, intravenös gespritzt werden, da bei Injektionen unter die Haut oder in die Muskulatur eine ausreichende Resorption des Wirkstoffes oftmals nicht mehr gewährleistet ist. Zusätzlich sollte ein nervenberuhigendes Präparat verabreicht werden, da die Verunglückten häufig unter schweren Angst- und Unruhezuständen leiden.

Bezüglich der Flüssigkeitssubstitution ist darauf hinzuweisen, daß immerhin pro Tag drei Liter getrunken und auch resorbiert werden können. Eine derartige Flüssigkeitszufuhr verbietet sich beim Auftreten von Übelkeit und Brechreiz und auch bei schweren Kreislaufstörungen, der sog. Zentralisation des Kreislaufes (u. a. an kalten blaßbläulichen Extremitätenenden, eng gestellten Venen und niedrigem Blutdruck erkennbar). Bei Verbrennungen mit größerem Flüssigkeitsverlust, d. h. Verbrennungen ab 15 % der Körperoberfläche, ist die intravenöse Infusion einer geeigneten Elektrolytlösung (Plasmaexpander auf Dextranbasis) zur Kreislaufauffüllung noch am Unfallort, da für das weitere Schicksal des Patienten entscheidend, eine ärztliche Hauptaufgabe. Die Infusion sollte mit rascher Einlaufzeit erfolgen und auf dem Transport zur Klinik fortgesetzt werden. Sogenannte Kreislaufmittel, die durch Engstellung von Blutgefäßen eine Blutdruckerhöhung bewirken, sind dagegen in derartigen Unglücksfällen stets fehlangezeigt.

Ist bei besonders schweren Verbrennungen oder Elektrounfällen einschließlich Blitzschlag oder auch durch schwere Rauchvergiftung ein Herz- oder Atemstillstand (Scheintod) eingetreten, muß unverzüglich mit Wiederbelebungsversuchen begonnen werden, wozu u. a. die Atemspende und die äußere Herzmassage noch am Unfallort oder während des Transportes gehören.

Hinweise für Betriebe

Die zuständigen Verantwortlichen in den Betrieben, insbesondere die mit Sanitätsdienst und Arbeitsschutz beauftragten Personen müssen mit den Möglichkeiten zur Behandlung von thermischen Unfällen vertraut sein. Zur effektiven Gestaltung der Maßnahmen sind folgende Voraussetzungen geboten:

1. Die Ausstattung des Erste-Hilfe-Raumes muß so beschaffen sein, daß die dargestellten Erstmaßnahmen schnell und richtig durchgeführt werden können. Je nach Betriebsgröße ist ein ausreichend umfangreiches Depot von metallisierten Tüchern, antibiotischen Gelen und Trockensprays, Flüssigkeitsersatz sowie Wolldecken neben üblichem Verbandmaterial vorrätig zu halten.
2. Das Merkblatt „Erste Hilfe bei Verbrennungen", herausgegeben vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, sollte insbesondere dem genannten Personenkreis in ausreichender Zahl und schnell findbar zur Verfügung stehen.
3. Schwer Brandverletzte müssen möglichst auf schnellem, aber auch schonendem Wege in klinische Spezialabteilungen zwecks fachgerechter Versorgung gebracht werden. Diese Behandlungszentren müssen bekannt sein, entsprechende Anschriften und Telefonnummern sind auf einer ebenfalls vom BG-Hauptverband zur Verfügung gestellten Merktafel „Erste Hilfe für Schwerverbrannte am Unfallort" einzutragen. Also nicht schnellstens ins nächstgelegene Krankenhaus, sondern lieber einen mehrstündigen Transport in eine für die Behandlung Schwerverbrannter speziell ausgerüstete Klinik, in besonders gravierenden Fällen in ein Verbrennungs - Krankheiten - Zentrum der BG (von denen es z. Z. leider nur zwei, nämlich in Ludwigshafen und Bochum, gibt).
4. Eine kurze schriftliche Mitteilung an die Klinik über Ursachen und Verlauf des Schadenereignisses, durchgeführte Erstmaßnahmen sowie wesentliche Personaldaten ist dem Krankentransport mitzugeben.

Behandlung in der Klinik

In der Klinik werden umfangreiche Behandlungsmaßnahmen im Rahmen einer Intensivtherapie in besonderen Wachstationen durchgeführt. Die örtliche Behandlung der Brandwunden erfolgt unter strenger Beachtung der Keimfreiheit im Operationssaal. Dazu sollte die Wunde zuvor unbeeinflußt geblieben sein, doch sieht die Praxis mitunter anders aus. Hartenbach und Ahnefeld, zwei bekannte Spezialisten

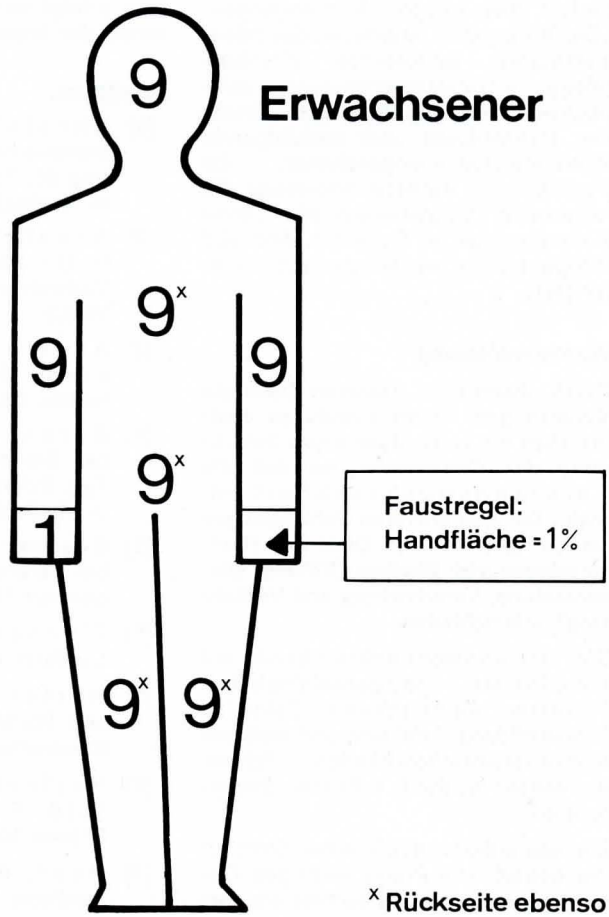

Bild 10.
Sog. Neuner-Regel.
Schema zur Bestimmung der Oberflächengröße einzelner Körperabschnitte (in %).

auf diesem Gebiet, berichteten vor einigen Jahren hierzu folgendes [8]:

„60 bis 70 % der Verbrennungspatienten kommen auch heute noch mit einer örtlichen Erstversorgung, die allen aufzustellenden Forderungen in krasser Form widerspricht, in unsere klinische Behandlung. Es gibt kaum eine Salbe, einen Puder oder andere für die örtliche Anwendung vorgesehene Zubereitungsform, die nicht auch für die Behandlung einer Verbrennung empfohlen wurde. Eine besondere Rolle spielen immer noch die nach verschiedenen Rezepten hergestellten und im Handel befindlichen Brandbinden. In Zusammenarbeit mit den Rettungsorganisationen, den Berufsgenossenschaften usw. müssen unsere Bemühungen intensiviert werden, um die Anwendung dieser in Hausapotheken, aber auch in der ärztlichen Praxis vorhandenen ungeeigneten Mittel zu verhindern."

Während heute der Begriff der Erstversorgung auf einen Zeitraum von 6–8 Wochen begrenzt wird, kann sich der Prozeß einer chirurgischen Rehabilitation auf Monate, ja sogar Jahre erstrecken.

Durch die Behandlung in Spezialkliniken ist es heute möglich, selbst Patienten mit einer Verbrennungsfläche von 40 bis 70 % am Leben zu erhalten und zu rehabilitieren. Allerdings erfordert dies enorme Anstrengungen: „Der Aufwand in langdauernder Intensivtherapie, aufopfernder Krankenpflege, Infektionsbekämpfung, zahlreichen Risikoeingriffen zum Ersatz der Hautverluste und nachfolgende Wiederherstellungsoperationen für Funktion und Ästhetik übersteigt die allgemeine Vorstellungskraft. Letzte Anforderungen an Patienten, Arzt und Pflegepersonal werden gestellt" (Müller [18]).

Zusammenfassung

Durch thermische Faktoren bedingte Verletzungen führen sowohl zu einer örtlichen als auch allgemeinen Schädigung des Organismus, so daß die Verbrennungskrankheit entsteht. Bei den örtlichen Schädigungen werden je nach dem Grad der Hautzerstörung vier Stadien (Rötung, Blasenbildung, Verschorfung und Verkohlung) unterschieden.

Die Verbrennungskrankheit beruht auf komplizierten pathophysiologischen Prozessen, die in schweren Fällen zu Schockbildung, Infektion und weiteren Komplikationsmöglichkeiten führen. Ihr Verlauf ist durch 4 Phasen charakterisiert.

Die aus arbeitsmedizinischer Sicht für die betriebliche Praxis wichtigen Gesichtspunkte sollten beachtet werden. Nach der Bergung eines Verunglückten kommt es neben der Erstversorgung in erster Linie auf eine Beurteilung von Flächen- und Tiefenausdehnung der thermischen Schädigung an, um über die weiteren Maßnahmen entscheiden zu können. Möglichst schnelle Überführung in stationäre Fachbehandlung ist angezeigt, wenn mehr als 5 % der Körperoberfläche eine Verbrennung 3. Grades oder mehr als 15 % eine solche 1. Grades aufweisen, ferner bei allen Verbrennungen von Gesicht, Hals und Händen. Ein wichtiges Prinzip der Erstbehandlung besteht darin, alles zu vermeiden, was zur Verunreinigung der Brandwunden führen kann (Puder, Salben, sog. Brandbinden). Verbrannte Kleidungsstücke sollten zunächst nicht entfernt werden (Ausnahme bei Verbrühungen). Zur Wundabdeckung eignen sich vor allem metallisierte Brandwundentücher. Wegen des Flüssigkeitsverlustes bei allen schweren Verbrennungen besteht die Notwendigkeit baldiger Zufuhr von salzhaltiger Flüssigkeit. Zu den wichtigsten ärztlichen Aufgaben zählt die Bekämpfung von Schmerz und Schock.

Neben Rauch und Qualm können bei der Verbrennung organischer Stoffe unsichtbare und geruchlose Brandgase entstehen, die bereits in geringen Konzentrationen hochgiftig sind. Atemschutzgeräte sind deshalb zur Verfügung zu halten. Die klinische Behandlung erfolgt nach den modernen Prinzipien der Intensivtherapie.

Schrifttum:

[1] Ahnefeld, F. W.: Allgemeintherapie bei Verbrennungen, Vortrag 88. Tgg. Dt. Ges. Chir. (ref. in Medical Tribune 1971/19 a).

[2] Ahnefeld, F. W., Haug, H. U.: Die Erstversorgung von Verbrennungen, Notfallmedizin 1976/2.

[3] Ahnefeld, F. W.: Pathophysiologie der Verbrennungskrankheiten, Dt. Ärzteblatt 1972/44.

[4] Baron, H.: Syntheticwäsche bei Bränden riskanter, Vortr. J. Tgg. Schutzkommission BMJ (ref. in Medical Tribune 1972/36).

[5] Biemer, E.: Erstbehandlung bei Verbrennungen, Ther. d. Gegenwart 1977/874.

[6] Fischer, H.: Verbrennungen, Landarzt 1971/8.

[7] Hartel, W., Kraus, H.: Art und Risiko von Verbrennungen, Krankenhausarzt 1977/3.

[8] Hartenbach, W., Ahnefeld, F. W.: Verbrennungsfibel, Thieme Verlag Stuttgart 1967.

[9] Hauf, R.: Erste Hilfe und Behandlung bei Unfällen durch elektrischen Strom, Arzt und Auto 1976/8.

[10] Hauf, H. U.: Sofort kaltes Wasser, Vortr. J. Tgg. Dt. Ges. f. Anaesthesie (ref. in Medical Tribune 1977/10).

[11] Hauptverband der Gew. Berufsgenossenschaften: Zur Verbesserung der Rehabilitation Schwer-Brandverletzter, Denkschrift 1976.

[12] Informationen aus der med. wiss. Abteilg. Fa. Pfrimmer: Therapie schwerer Verbrennungen – A –, Fa. J. Pfrimmer + Co., Erlangen.

[13] Köpp, F. H.: Beitrag zur Lokalbehandlung von Verbrennungen, Ther. Woche 1973/35.

[14] Larsson, A., Jonsson, G.: Verbrannte Hand in Silikonöl baden, Praxis-Kurier 1977/15

[15] Lick, R. u. Schläfer, H.: Unfallrettung, Medizin und Technik, F. K. Schattauer Verlag Stuttgart-New York.

[16] Luger, A.: Erstversorgung und Lokaltherapie der Verbrennung, Wien. Klin. Wschr. 1970/169.

[17] Monafo, W. W. u. M.: Fortschritte in der Lokalbehandlung von Verbrennungen. Surgery 1976 (ref. in chemotherapie telegr. 1977).

[18] Müller, F. E.: Ursachen, Diagnose und erste Versorgung von Verbrennungen, Zbl. Arbeitsmed. 1976/4.

[19] Neue Merkblätter u. Richtlinien: Erste Hilfe und Erstbehandlung bei Verbrennungen, Dt. Ärzteblatt 1973/21.

[20] Petajan, J., u. M.: Rauchvergiftung bei Verbrennungen von Plastikmaterial, Sci. Rep. 1976/1.

[21] Rieber, M.: Gefahren beim Brennen – Brandgase und ihre Auswirkungen, Zbl. Arbeitsmedizin 1975/5.

[22] Saur, K., Schlosser, D., Schweiberer, L.: Pathophysiologie und Therapie der Verbrennungen, Dt. Ärztebl. 1976/16.

[23] Seidat, K. H.: Erstversorgung Schwerverbrannter, Die gelben Hefte 1975/4.

[24] Zellner, P. R.: Erstversorgung und -behandlung von Verbrennungen, Chirurg. 1976/11.

[25] Zellner, P. R.: Asepsis und Antisepsis bei der Behandlung des Brandverletzten, Infection 1977/36 (ref. in chemotherapie telegr. 1977/5-6).

Bilder: Berliner Feuerwehr, Hartenbach und Ahnefeld (Verbrennungsfibel).