

# Das brandverletzte Kind

---

M. Hoppenz<sup>1</sup>, W. Wendenburg<sup>2</sup>, J. Kaufmann<sup>3</sup>,  
N. Marathovouniotis<sup>2</sup>, T. Klein<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Kinder- und Jugendmedizin,  
Abteilung für Neonatologie und  
Interdisziplinäre Intensivmedizin,  
Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße,  
Kliniken der Stadt Köln gGmbH;

<sup>2</sup>Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie  
& Kinderurologie, Kinderkrankenhaus  
Amsterdamer Straße, Kliniken der  
Stadt Köln gGmbH;

<sup>3</sup>Kinderanästhesie, Kinderkrankenhaus  
Amsterdamer Straße, Kliniken der  
Stadt Köln gGmbH

*Thermische Verletzung – Kinder –  
Schwerbrandverletzte*

---

pädiatrische praxis 96, 1–14 (2021)  
Mediengruppe Oberfranken –  
Fachverlage GmbH & Co. KG

## ■ Einleitung

Insbesondere im Säuglings- und Kleinkindalter gehören Verbrühungen und Verbrennungen zu den häufigsten Unfallursachen. Schnell können durch eine heruntergezogene Tasse Tee 20–30% der Körperoberfläche eines Kindes verbrüht werden. Neben den akuten Gefahren und Beeinträchtigungen können thermische Verletzungen im Kindesalter vor allem auch langfristige psychische und psychosoziale Folgen nach sich ziehen. Umso wichtiger ist eine auf die kindlichen Bedürfnisse ausgerichteten Therapie in dafür geeigneten Kliniken. Dabei müssen auch die Eltern, die sich oftmals für die thermische Verletzung verantwortlich fühlen, berücksichtigt und in die Behandlung mit einbezogen werden. Nachfolgend sollen wesentliche Gesichtspunkte in der Behandlung thermisch verletzter Kinder erörtert werden.

## ■ Epidemiologie und Unfallmechanismus

Jährlich müssen über 30.000 Kinder wegen thermischen Verletzungen ärztlich behandelt werden. Davon benötigen mehr als 6.000 Kinder eine stationäre Behandlung, wobei die stationären Fallzahlen in den letzten 10 Jahren stetig gestiegen sind [1]. Epidemiologisch zeigt sich eine Häufung im Säuglings- und Kleinkindalter. In dieser Altersgruppe liegt die Rate an stationären Behandlungen im Vergleich zu Schulkindern 6- bis 10-fach höher. Im Geschlechtervergleich sind Jungen etwas häufiger betroffen als Mädchen.

98% der thermischen Verletzungen entstehen im häuslichen Umfeld bzw. in der Freizeit. Im Gegensatz zu Erwachsenen machen bei Kindern Verbrühungen mit über 75% den größten Anteil an thermischen Verletzungen aus. Im klinischen Alltag spielt dies eine wesentliche Rolle, da sich Verbrühungen sowohl im Verletzungsmuster als auch insbesondere in der frühen Behandlungsphase von Verbrennungen deutlich unterscheiden. Gefolgt von den Verbrühungen bilden Kontaktverbrennungen den zweitgrößten Anteil an thermischen Verletzungen im Kindesalter. Ins-



**Abb. 1** | Immersionsverletzung am linken Unterschenkel eines 5-jährigen Jungen durch heißes Wasser in einer Badewanne

besondere Säuglinge und Kleinkinder erkunden mit den Händen ihre Umwelt und erleiden dabei Verletzungen u. a. an heißen Herdplatten, Bügel-eisen oder Backöfen.

Wesentliche Beachtung verdient der erhebliche Anteil nicht akzidentieller thermischer Verletzungen (NAI, non-accidental injury), der auf 2–8% geschätzt wird [2]. Eine detaillierte Anamnese sowie die genaue Beurteilung des Verletzungsmusters sind zum Erkennen der NAI von immenser Bedeutung. Typische Verletzungsmuster sind Immersionsverbrühungen (► Abb. 1) sowie Kontaktverbrühungen z. B. durch Zigaretten. In der Anamnese weisen eine verzögerte ärztliche Vorstellung sowie eine nicht zusammenfassende Beschreibung des Unfallhergangs und des Verletzungsmusters auf eine NAI hin. Bei Verdacht auf eine NAI sollte immer eine rechtsmedizinische Begutachtung sowie die Aufarbeitung des Falles im Rahmen einer Kinderschutzgruppe erfolgen.

Hinsichtlich der für eine schwere thermische Verletzung erforderlichen Temperatur und Einwirkdauer werden diese oft falsch eingeschätzt. Bereits die Einwirkung einer Temperatur von 65°C über zwei Sekunden ist ausreichend, um eine drittgradige Verbrennung zu verursachen. Aber auch bei Einwirkung einer Temperatur von 49°C entsteht bei längerer Wirkungsdauer (>10 Minuten) eine drittgradige Verletzung.

## ■ Beurteilung des Ausmaßes der thermischen Verletzung

Ein wesentlicher Bestandteil der prä- und innerklinischen Versorgung von Kindern mit thermischen Verletzungen ist die möglichst exakte Beurteilung der Verbrennungstiefe und der betroffenen Körperoberfläche. Vom Ausmaß der thermischen Verletzung sind u. a. die initiale Versorgung am Unfallort, der Transport in die weiterbehandelnde Einheit, die ggf. notwendige intensivmedizinische Therapie sowie das operative Vorgehen abhängig.

### Verbrennungstiefe

Einen Überblick über die Gradeinteilung der Tiefe thermischer Verletzungen gibt ►Tabelle 1. Heutzutage wird die Bestimmung der Tiefe der thermischen Verletzung neben dem klinischen Erscheinungsbild zunehmend durch objektive Messungen, wie dem Laser-Doppler-Imaging (LDI), unterstützt (►Abb. 2). Insbesondere in der Frühphase nach Verbrühungen kann die klinische Beurteilung der Verbrennungstiefe schwierig sein, da sich tiefe Areale erst demarkieren müssen. Beim LDI wird der dermale Blutfluss in der thermisch verletzten Haut gemessen und in einen Farbcode umgewandelt.

In der Zusammenschau des klinischen Befundes nach dem Wunddebridement sowie der LDI-Messung wird die Indikation für die weitere Therapie der thermischen Verletzungen gestellt. Es wird empfohlen, insbesondere alle Verbrennungswunden mittleren Grades durch die Kombination von LDI und klinischer Beurteilung zu analysieren, um eine frühzeitige und angemessene Behandlung der Verbrennungswunden sicherzustellen, unnötige chirurgische Eingriffe zu vermeiden und so die Morbiditätsrate sowie die Behandlungskosten zu reduzieren [3, 4].

### Betroffene Körperoberfläche

In der initialen Notfallsituation ist eine schnelle und einfache Abschätzung der von der thermischen Verletzung betroffenen Körperoberfläche (VKOF,

Einteilung	Tiefe	Klinik
Grad 1	Epidermal	Rötung; Schwellung; starker Schmerz; intaktes Epithel
Grad 2a	Oberflächlich dermal	Blasenbildung; feuchter hyperämischer Wundgrund; prompte Rekapillarisation; Hautanhangsgebilde intakt; starker Schmerz
Grad 2b	Tief dermal, Haarfollikel und Schweißdrüsenausführungsgänge mitbetroffen und teilweise zerstört	Fetzenförmige Epidermolyse; Blasenbildung; weißlicher, feuchter Wundgrund; gestörte Rekapillarisation; Hautanhangsgebilde partiell vorhanden; mäßiger Schmerz
Grad 3	Komplett dermal	Trockene, weiße, elfenbeinfarbige Hautnekrose bis zur Verkohlung; Verlust von Hautanhangsgebilden; keine Schmerzen
Grad 4	Unterhautfettgewebe; eventuell Muskeln, Sehnen, Knochen und Gelenke	Verkohlung

**Tab. 1** | Gradeinteilung thermischer Verletzungen

verbrannte Körperoberfläche) wichtig. Hierfür eignet sich die Handflächenregel. Diese besagt, dass 1% der Körperoberfläche (KOF) der kindlichen Hand des Patienten inklusive der Finger entspricht. Allerdings zeigt sich sowohl in der Literatur als auch in der klinischen Erfahrung, dass die im Rahmen der Erstversorgung die bestimmte VKOF oftmals überschätzt wird [5, 6]. Eine genauere Bestimmung der VKOF ist mit dem Schema von Lund und Browder möglich (► Tab. 1). Jeder Körperregion wird dabei entsprechend dem Patientenalter ein prozentualer Anteil der KOF zugeordnet [7]. Auch zur genaueren Bestimmung der VKOF existieren mittlerweile digitale Hilfsmittel, womit die betroffene Körperoberfläche noch genauer ermittelt werden kann. Im klinischen Alltag hat sich zudem eine Fotodokumentation der thermischen Verletzung im Rahmen der Erstversorgung bewährt. So kann im Anschluss in Ruhe deren Ausmaß reevaluiert werden.

### ■ Pathophysiologie thermischer Verletzungen

Pathophysiologisch kommt es infolge der thermischen Verletzung zur Ausschüttung inflammatorischer Mediatoren (Histamin, Prostaglandine, Thromboxan, NO), welche über eine erhöhte Kapillarpermeabilität innerhalb von Minuten bis Stunden zu Ödemen im verletzten Bereich führt. Im Randbereich der Verletzung ist die Gewebsperfusion kritisch ist und kann durch die Ödembildung weiter verschlechtert werden.

Ab einer Verletzungsfläche von über 15% kann es durch die zirkulierenden Entzündungsmediatoren zu systemischen Auswirkungen im Sinne einer Verbrennungskrankheit kommen; bei einer Verletzungsfläche über 30% der Körperoberfläche ist eine solche regelhaft zu erwarten [8]. Durch eine systemische Vasodilatation kommt es zu einem relativen intravasalen Volumenmangel. Die erhöhte Gefäßpermeabilität für Flüssigkeit, Elektrolyte und Proteine (Kapillarleck) führt zudem durch den Verlust von Flüssigkeit über die Wundfläche sowie ins Interstitium zu einem absoluten Volumenmangel. Entsprechend entsteht die Gefahr einer arteriellen Hypotension im Sinne eines Volumenmangelschocks. Ab einer Verletzungsfläche von 40% ist eine myokardiale Depression zu erwarten, wodurch sich das Herzzeitvolumen um bis zu 30% reduzieren kann.

Die aus der Kombination von intravasalem Volumenmangel und möglicher kardialer Depression resultierende Minderperfusion ist im schlimmsten Fall akut lebensbedrohlich, mindestens aber wird die Gewebsperfusion im verletzten Bereich weiter vermindert mit der Folge eines weiteren Gewebsuntergangs.

Neben der Flüssigkeitsverschiebung wird durch die Verbrennungskrankheit eine pathologische Stoffwechsellage im Sinne eines Hypermetabolismus und Hyperkatabolismus induziert, die zum Teil noch lange Zeit nach der Verletzung nachgewiesen werden kann. Insbesondere die daraus resultierende Hyperglykämie und erhöhte Lipolyse erhöhen das Risiko für Infektionen, Sepsis, Pneumonien, Katabolismus und verschlechtern das klinische Outcome [8, 9].

## ■ Erstversorgung

Aus der oben beschriebenen Pathophysiologie lassen sich folgende Probleme eines brandverletzten Kindes ableiten, die insbesondere auch für die Maßnahmen der Erstversorgung von entscheidender Bedeutung sind:

- Schmerz
- Lokale Hautdefekte mit Infektionsgefahr
- Flüssigkeitsverlust mit Gefahr des Schocks
- Hypothermie durch Verdunstungskälte
- Verbrennungskrankheit

Verbrennungen führen zu schwersten Schmerzen. Diese stehen gerade auch im Rahmen der Erstversorgung zunächst im Vordergrund und bedürfen einer wirksamen und umgehenden analgetischen Behandlung. Insbesondere bei Kleinkindern hat sich aber gezeigt, dass oftmals im Rahmen der präklinischen Versorgung keine ausreichende Analgesie verabreicht wird [10]. Daraus können eine verstärkte Angst und Erregung vor notwendigen Folgemaßnahmen sowie eine reduzierte analgetische Wirkung resultieren [11, 12].

Zur Analgesie kommen Opiate oder Ketamin zur Anwendung, wobei dem Ketamin bei größeren

Verbrennungen wegen der geringen Blutdruckwirksamkeit und geringeren atemdepressiven Wirkung der Vorzug zu geben ist. Paracetamol oder nichtsteroidale Antiphlogistika (Ibuprofen etc.) sind regelhaft bei der analgetischen Erstbehandlung von Verbrennungen nicht ausreichend wirksam und sollten nicht verabreicht werden. Die Applikation sollte intravenös erfolgen, zumal die Anlage eines venösen Zugangs bei Verbrennungen über 10 % der Körperoberfläche auch für den Volumenersatz essenziell ist. Ein einfaches Mittel zur schnellen Applikation von Analgetika und Sedativa sind intranasale Zerstäuber (MAD, »mucosal atomization device«) [13], wobei ausreichende Erfahrungen u. a. für Ketamin, Fentanyl, Sufentanil und Midazolam bestehen [14]. Dosisempfehlungen zur Analgesie im Rahmen der Erstversorgung können ►Tabelle 2 entnommen werden. Zusätzlich zur Analgesie (nicht alternativ!) kann eine Sedierung mit Midazolam erwogen werden.

Weit verbreitet ist in der Praxis immer noch die Kühlung der betroffenen Areale mit Wasser oder Coolpacks. Neben dem bekannten analgetischen Effekt wird in der Literatur eine günstige Auswirkung auf Ausmaß und Heilungstendenz der Verbrennung kontrovers diskutiert. Diesen potenziell günstigen Wirkungen steht die erhebliche Gefahr einer Hypothermie sowie einer verminderten Perfusion des Wundgebietes gegenüber [15, 16]. Insbesondere Kleinkinder sind durch eine Hypothermie gefährdet. Aus diesem Grund empfiehlt die aktuelle Leitlinie eine Kühlung mit handwarmem Wasser nur bei kleineren Verletzungen innerhalb der ersten 30 Minuten bis zum Eintreffen des Notarztes [17]. Eine Kühlung durch den Notarzt soll nicht erfolgen und verbietet sich besonders in folgenden Situationen:

- Verletzungen am Kopf oder Rumpf
- Verbrennungen >15 % KOF
- Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder
- Intubierte und beatmete Patienten

Sogenannte Coolpacks sollen grundsätzlich nicht zur Verwendung kommen. Die Wundfläche sollte mit sterilem, nicht adhäsivem Material abgedeckt

Wirkstoff	Applikationsform	Dosis, Dosierungsintervall
<b>Piritramid</b>	i.v.	0,05 mg/kg KG Initialbolus 0,025 mg/kg KG alle 5 min bis Schmerzfremheit
<b>Fentanyl</b>	i.v. intranasal mit MAD	0,25–0,5 µg/kg KG Initialbolus 0,25 µg/kg KG alle 5 min bis Schmerzfremheit 1,5 µg/kg KG (0,03 ml/kg KG)
<b>Esketamin</b>	i.v. intranasal mit MAD	0,25–0,5 mg/kg KG 0,5–1 mg/kg KG
<b>Ketamin</b>	i.v. intranasal mit MAD	0,5–1 mg/kg KG 1–2 mg/kg KG
MAD = »mucosal atomization device« – nasaler Zerstäuber		

**Tab. 2** | Dosisempfehlungen zur Analgesie im Rahmen der Erstversorgung

werden. Während des Transports in eine weiterbehandelnde Einheit muss auf einen Schutz vor Wärmeverlust geachtet werden.

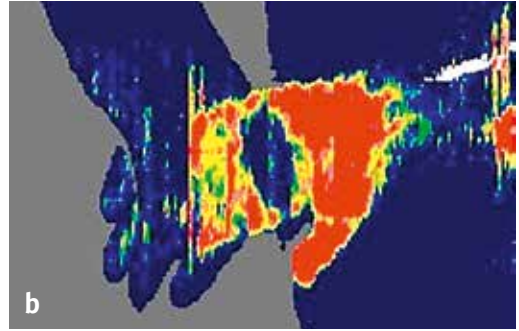
Der bestehende und andauernde Flüssigkeitsverlust bedarf bei Verbrennungen über 10% VKOF einer raschen Substitution. Sofern erhebliche Schwierigkeiten bei der Anlage eines venösen Zugangs bestehen, ist hierfür die Anlage eines intraossären Zugangs möglich. Dabei bleibt eine Bolusgabe von großen Flüssigkeitsmengen aber Patienten mit manifestem schweren Kreislaufschock vorbehalten, da bei Verbrennungspatienten auch eine Überinfusion erhebliche nachteilige Konsequenzen haben kann. Unter anderem erhöht sich durch zugleich bestehende Kapillarlecks das Risiko für Komplikationen wie Ödembildungen, Pleura- und Perikardergüsse sowie Kompartmentsyndrome [18]. Die Infusionsmenge richtet sich nach dem Grundbedarf und den Kreislaufparametern, wobei eine Flüssigkeitsapplikation von 10 ml/h/kg Körpergewicht (KG) nicht überschritten werden sollte. Als Infusionslösung wird eine isotone kristalloide Lösung (Ringer-Acetat) empfohlen. Für das weitere Management in der Klinik ist zudem eine gute Dokumentation der verabreichten Flüssigkeitsmengen unabdingbar.

Eine Intubation ist abgesehen von den üblichen notärztlichen Gesichtspunkten in folgenden Situationen indiziert:

- Koma
- Gesichtsverbrennung
- V. a. Zyanid-/Kohlenmonoxidintoxikation
- Zirkuläre Verbrennung ( $\geq 2$ . Grades) des Halses, Thorax oder Abdomens
- Schwere Schock
- Schwere vitalgefährdende Begleittraumata

Bei der Beurteilung der respiratorischen Situation von Kindern mit thermischen Verletzungen muss bedacht werden, dass es bedingt durch den geringen Atemwegsdurchmesser von Kindern schneller zu einer Verlegung der Atemwege infolge der Ödembildung kommen kann.

Für die Intubation sollen mittels Cuff blockbare Tuben zum Einsatz kommen, da im Verlauf nicht selten die Verwendung hoher Beatmungsdrücke erforderlich werden kann. Bei Verbrennungen  $> 15\%$  KOF wird die Gabe 100% Sauerstoff empfohlen. Problematisch ist die meist fehlende Expertise in der Intubation von Kindern im Rahmen der präklinischen Versorgung. Entsprechend der Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) sollte eine präklinische endotracheale



**Abb. 2** | 2a) Kontaktverbrennung von Grad 2b links palmar bei einem 2-jährigen Patienten; 2b) LDI-Messung: Die Kontaktverbrennung hat eine Heilungsdauer von >21 Tagen (dunkelblau)

Intubation nur bei ausreichender Erfahrung erfolgen [19]. Andernfalls sollte auf eine supraglottische Atemwegssicherung zurückgegriffen werden, wobei hier vor allem die Larynxmasken zur Anwendung kommen sollten [20]. Insbesondere wiederholte Intubationsversuche können zu langfristigen Atemwegsverletzungen und zur weiteren schwellungsbedingten Verlegung der Atemwege führen.

Nach erfolgter Erstversorgung soll der Transport bei Kindern immer in Begleitung eines Notarztes erfolgen. In schweren Fällen ist die Verlegung in ein Zentrum für schwerbrandverletzte Kinder erforderlich. Kriterien hierfür sind:

- Verbrennungen 2. Grades von  $\geq 10\%$  KOF
- Verbrennungen 3. Grades von  $\geq 5\%$  KOF
- Verbrennungen 2. und 3. Grades: Gesicht, Hand, Fuß, Genitalbereich, über großen Gelenken
- Alle thermischen Verletzungen 4. Grades
- Inhalationstraumata

Die bundesweite zentrale Vermittlungsstelle für schwerbrandverletzte Kinder ist unter den Telefonnummern 040/42851-3998 und 040/42851-3999 rund um die Uhr erreichbar. Alle anderen Kindern, die aufgrund einer thermischen Verletzung stationär behandelt werden müssen, sollten zumindest einer spezialisierten Klinik in der Behandlung für brandverletzte Kinder zugewiesen werden [17]. Folgende Fragen sollten bei der

Übermittlung an die Rettungsstelle beantwortet werden, um eine suffiziente klinische Versorgung zu gewährleisten:

- Wie viel der Körperoberfläche ist betroffen?
- Welcher Grad der thermischen Verletzung liegt vor?
- Liegt ein Inhalationstrauma vor?
- Alter, Lokalisation der Verletzung und Anamnese?

### ■ Stationäre Versorgung schwerer thermischer Verletzungen

Im Rahmen der Aufnahme schwerbrandverletzter Kinder werden die für die Erstversorgung beschriebenen Maßnahmen (Analgesie, intravenöse Flüssigkeitssubstitution, Hypothermievermeidung, Sauerstoffgabe/Beatmung) zunächst fortgeführt oder komplettiert. Darüber hinaus erfolgt die Anlage eines Blasenkatheters (Bilanzierung der Urinausscheidung) und einer Magensonde. Verletzte Extremitäten und auch der Oberkörper werden hochgelagert. Wichtig ist, das Vorhandensein eines ausreichenden Tetanusschutzes zu überprüfen (Impfpass!). Wie bei anderen Verletzungen auch ist im Zweifelsfall eine erneute Impfung erforderlich.

Die weitere Versorgung erfolgt dann in interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen der Kinderchirurgie und der pädiatrischen Intensivmedizin.

## Prinzipien der intensivmedizinischen Versorgung

Eine adäquate Flüssigkeitstherapie ist bei schweren Verbrennungen von entscheidender Bedeutung. Während einerseits eine unzureichende Flüssigkeitsgabe zur peripheren Minderperfusion und Schock führen kann, sind die Folgen einer übermäßigen Flüssigkeitsgabe infolge des Kapillarlecks mit erheblicher Ödemneigung ähnlich bedrohlich [18, 21, 22]: Ein Splanchnikus-ödem kann über eine erhöhte Darmpermeabilität zur bakteriellen Translokation führen. Darüber hinaus kommt es häufig zu einem Anstieg des intraabdominellen Drucks (IAP). In der Literatur wird eine solche Erhöhung des IAP bei 70% der Patienten mit thermischen Verletzungen von mehr als 20% der KOF angegeben.

Ein Lungenödem hat oft eine Intubationspflichtigkeit bzw. einen erheblich intensiveren Beatmungsbedarf und eine längere Beatmungsdauer zur Folge. Im Verletzungsbereich kann eine starke Ödembildung durch die Minderperfusion zu einer Ausdehnung der Verletzung (sog. »Nachbrennen« oder »Abtiefen«) führen. Im Extremfall ist bei Verletzten aber schlimmstenfalls auch unverletzten Extremitäten eine Aufrechterhaltung einer ausreichenden Perfusion nur mittels Escharotomie/Fasziotomie möglich.

Für die Erstberechnung des Flüssigkeitsbedarfs existieren verschiedene Formeln, wobei auch international die empfohlenen Flüssigkeitsmengen in den letzten Jahren deutlich reduziert wurden. Kontrollierte Studien zum Vergleich verschiedener Flüssigkeitsregimes liegen nicht vor. Die aktuelle deutsche Leitlinie gibt entsprechend der Parkland-Formel für den Flüssigkeitsbedarf in den ersten 24 Stunden nach der Verbrennung zusätzlich zum Grundbedarf pro Prozent VKOF eine Infusionsmenge von 4 ml/kg an. Für die folgenden 24 Stunden sollen dann zusätzlich zum Grundbedarf pro Prozent VKOF nur noch 1 ml/kg gegeben werden. Die individuelle Steuerung der Flüssigkeitsmenge erfolgt, neben der Beurteilung der Kreislaufsituation, über eine stündliche Bilanzierung der Urinausscheidung, welche bei Kindern zwischen 1 und 2 ml/kg

KG/h, bei Jugendlichen zwischen 0,5 und 1 ml/kg KG/h liegen soll. Hierdurch kann eine übermäßige Ödembildung (Gewichtszunahme über 10%) verhindert werden. Bei älteren Kindern können zudem invasive Messmethoden (Pulskonturanalyse, Herzzeitvolumen) ergänzt werden, wodurch ein positiver Einfluss auf die Morbidität nachgewiesen werden konnte [22].

Erfahrungsgemäß ist ein solches Infusionsschema bei Verbrennungen  $\geq 2$ . Grades über 15–20% der Körperoberfläche sinnvoll. Wichtig ist, sowohl die bereits präklinisch gegebene Flüssigkeit als auch teilweise die verabreichte Nahrung miteinzuberechnen. Bei einer sorgfältigen und zeitnahen individuellen Steuerung über die Urinausscheidung ist in der Regel ab der 25. Stunde nach der Verbrennung eine Berechnung mittels Formeln nicht mehr erforderlich.

In der Regel werden für den Flüssigkeitsersatz kristalloide Infusionslösungen verwendet [8, 9]. Der Einsatz kolloidaler Lösungen ist umstritten. Eine Albuminsubstitution sollte frühestens 12–24 Stunden nach der Verbrennung erwogen werden [8, 9], da vorher infolge des Kapillarlecks ein rascher Austritt des Albumins ins Gewebe mit sekundär verstärkter Ödemneigung droht. Hypertone Lösungen sollen nicht verwendet werden, da diese sowohl das Risiko für ein Nierenversagen als auch die Mortalität steigern.

Schwere Verbrennungen führen zu einem hypermetabolen und hyperkatabolen Zustand. Entsprechend besteht ein deutlich erhöhter Kalorienbedarf. Eine frühe enterale Ernährung ist dabei anzustreben, da diese die Wundheilung verbessert, die Rate an Infektionen reduziert und damit sowohl die Beatmungszeiten als auch den Krankenhausaufenthalt nachweislich reduziert. Vitamine und Spurenelemente sollten frühzeitig supplementiert werden, da es infolge der Verbrennung zu einem erhöhten Verlust kommt [8, 9]. Da als Folge der Verbrennung selbst sowie der erforderlichen analgetischen Therapie regelhaft erhebliche Magenentleerungsstörungen auftreten, hat sich die Ernährung über eine frühzeitig angelegte Duodenalsonde bewährt. Daneben wird eine Ulkusprophylaxe mittels Protonenpumpen-

hemmern (PPI) empfohlen. Zusätzliche Maßnahmen zur Reduktion des hypermetabolen Zustands sind eine Anpassung der Raumtemperatur, eine zügige Versorgung der Verbrennungswunden und regelmäßige physiotherapeutische Übungen [8].

Die Wirksamkeit einer medikamentösen Hemmung des hypermetabolen und hyperkatabolen Stoffwechsellustands konnte in verschiedenen Studien u. a. für Propranolol und Oxandrolon belegt werden [8, 9]. Auch wenn die medikamentöse Therapie derzeit noch nicht Teil der Leitlinienempfehlungen ist, wird sie international in vielen Zentren für schwerbrandverletzte Kinder bereits eingesetzt.

Infektionen zählen zu den häufigsten und schwerwiegendsten Komplikationen nach schweren thermischen Verletzungen und tragen wesentlich zur Mortalität bei. Gerade bei großen Wundflächen kommt es regelhaft zu einer bakteriellen Besiedlung. Eine prophylaktische antibiotische Therapie soll aber nicht erfolgen, da diese der Entwicklung von Resistenzen Vorschub leistet.

## ■ Behandlung thermischer Verletzungen

Die Behandlung thermischer Verletzungen im Kindesalter erfordert ein differenziertes Vorgehen, abhängig von der Ursache, Ausdehnung, Tiefe und Lokalisation der thermischen Verletzung sowie vom Alter des Kindes. Die Eltern des brandverletzten Kindes müssen umfassend aufgeklärt und frühzeitig in die Behandlung mit eingebunden werden. Insbesondere bei schwerbrandverletzten Kindern, die zum Teil Wochen und Monate im Krankenhaus und in Rehabilitationseinrichtungen verbringen müssen, ist das Verständnis und die Akzeptanz für die Behandlungsmaßnahmen von immenser Bedeutung. Zudem spielen die Eltern aufgrund der fehlenden Selbstständigkeit der Kinder eine wesentliche Rolle in den Nachsorgekonzepten.

## Initiale Wundversorgung

Unmittelbar nach der Voranmeldung des brandverletzten Kindes durch den Rettungsdienst muss durch die innerklinischen Kollegen abhängig vom

erwarteten Ausmaß der Verletzung und dem Zustand des Kindes entschieden werden, wo die initiale Versorgung des Patienten stattfindet (Schockraum, Intensivstation, Operationsaal). Entsprechende Vorbereitungen sollten vor dem Eintreffen des Patienten abgeschlossen sein. Hierbei hat sich die Etablierung fester Behandlungsalgorithmen bewährt. Insbesondere bei schwerbrandverletzten Kindern sollte nach Reevaluation des Verbrennungsausmaßes eine zügige initiale Versorgung angestrebt werden, um vor allem eine weitere Unterkühlung des Patienten zu vermeiden. In unserer Klinik wird im Rahmen der initialen Versorgung nach grobem Wunddebridement ein steriler Verband mit Polihexanid-Gel und nicht adhäsiver Wundaufgabe angelegt.

Sofern der Verdacht auf ein Inhalationstrauma besteht (v. a. bei Feuerverbrennung im geschlossenen Raum, Rußspuren im Mund-/Rachenraum) sollte die initiale Versorgung eine Tracheoskopie beinhalten. Ein besonderes Augenmerk muss auf zirkuläre Verbrennungen gelegt werden, da diese die Perfusion des Gewebes oder die Atmung durch Einschränkung der Thoraxausdehnung beeinträchtigen kann. Bereits ab einer Verbrennung von  $\frac{2}{3}$  der Zirkumferenz spricht man von zirkulären thermischen Verletzungen. Bei zirkulären Verbrennungen muss entschieden werden, ob eine Escharotomie, also die Inzision des Verbrennungsschorfs, notwendig ist (► Abb. 3). Nach der initialen Stabilisierung des Patienten muss dann in interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen den behandelnden pädiatrischen Intensivmedizinern, den Kollegen der Kinderchirurgie bzw. plastischen Chirurgie und den Kollegen der Kinderanästhesie ein Behandlungsplan festgelegt werden. Dabei hat es sich bewährt, frühzeitig festzulegen, welche Areale zu welchem Zeitpunkt debridiert und gedeckt werden sollen, damit die unterschiedlichen Fachabteilungen ihre Therapiemaßnahmen darauf abstimmen können.

## Konservative Therapie

Zur lokalen Wundbehandlung werden vor allem polyhexanidhaltige Substanzen als lokale Antiseptika mit geringer Zytotoxizität, die eine Hei-





**Abb. 3** | 4-jähriger Junge nach Escharotomie und tangentialer Exzision am Brustkorb



**Abb. 4** | Biobrane-Handschuh bei einem 1-jährigen Jungen nach Kontaktverbrennung

lung fördern und kaum Schmerzen bei Kindern verursachen, eingesetzt [23, 24]. Neben den üblichen nicht adhäsiven Wundauflagen kommen heutzutage in der modernen konservativen Verbrennungsbehandlung von zweitgradigen Wunden temporäre epidermale Ersatzmaterialien wie Suprathel (Polymedics Innovations, Woodstock, GA, USA) oder Biobrane® (Smith & Nephew, London, Großbritannien) zum Einsatz. Diese Materialien reduzieren zum einen den notwendigen Verbandswechsel und damit den erheblichen Schmerz und Stress für das Kind und fördern zum anderen die Wundheilung [25]. Nach dem Wunddebridement und der Beurteilung der Verbrennungstiefe werden diese epidermalen Ersatzmaterialien auf die Wunde aufgebracht. Weitere Verbandswechsel können dann in der Regel ambulant ohne eine weitere Analgosedierung durchgeführt werden. Insbesondere bei thermischen Verletzungen der kindlichen Hand hat sich der Biobrane®-Handschuh bewährt (► Abb. 4). Die unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Größen des Handschuhs erlauben eine passgenaue Anpassung an die kindliche Hand. Damit können die Hände frühzeitig zur Bewegung freigegeben werden, ohne dass die Verbände verrutschen. Bei infizierten Wunden hat sich zudem der Einsatz silberhaltiger Wundauflagen etabliert, die sowohl eine antimikrobielle als auch antimykotische Wirkung aufweisen [26, 27].

### Chirurgische Therapie

Bei tieferen thermischen Verletzungen (Grad 2b–4), die unter konservativen Therapiemaßnahmen nicht zur Ausheilung kommen werden, sollte eine frühzeitige Exzision des Verbrennungsareals mit nachfolgender Defektdeckung angestrebt werden. Durch dieses von Zora Janžekovič eingeführte Prinzip [28] konnten insbesondere bei schwerbrandverletzten Kindern der Blutverlust, die Infektionsrate, die Anzahl an Operationen, die Krankenhausverweildauer sowie die Mortalität nachweislich reduziert werden [29, 30]. Je operativer Sitzung können bis zu 30% der VKOF nekrektomiert werden [31]. Klassischerweise erfolgt die tangentiale Nekrektomie im Kindesalter mittels Goulian-Weckmesser. Eine exaktere Nekrektomie insbesondere an schwierigen Lokalisationen wie der kindlichen Hand erfolgt mittels hydrolytischer Systeme wie dem VersaJet® (Smith & Nephew, London, Großbritannien). Während der chirurgischen Verbrennungsbehandlung sollte durch blutsparende Strategien der Blutverlust minimiert werden, wodurch Bluttransfusionen und deren Komplikationen vermieden werden können. Dazu zählen die Adrenalinunterspritzung der zu nekrektomierenden Hautareale sowie der Spendehautareale, die topische Anwendung von Adrenalin nach der Nekrektomie bzw. Spalthautentnahme, der

Einsatz von Tourniquets bei thermischen Verletzungen an den Extremitäten und die Blutstillung mittels Elektrokauter [32, 33].

Unmittelbar im Anschluss an die Nekrektomie findet, sofern ausreichend Spendehautareale zur Verfügung stehen, die Defektdeckung mittels autologer Spalthauttransplantation statt. Im Gegensatz zu Erwachsenen ist bei Kindern die behaarte Kopfhaut die Spalthautentnahmestelle der Wahl [34]. Einerseits ist dies mit dem proportional großen Kopf insbesondere bei Kleinkindern und dem somit größeren Spende Hautareal begründet. Zum anderen heilen die Spalthautentnahmestellen am Kopf schnell und sind durch die neu wachsenden Haare rasch nicht mehr sichtbar. Nach 10–12 Tagen kann bei Bedarf erneut Spalthaut vom Kopf entnommen werden. Die Spalthaut wird auf den zuvor nekrektomierten Arealen mittels Naht oder Klammern fixiert und ist in der Regel nach 5–7 Tagen eingeeilt.

Bei großflächigen thermischen Verletzungen erfolgt eine Expansion der Spalthaut (Mesh-/Meek-Technik) oder die temporäre Defektdeckung mit allo-/xenogenen Transplantaten bzw. biologischen Hautersatzmaterialien und die schrittweise Spalthauttransplantation. Insbesondere bei komplett dermalen thermischen Verletzungen hat sich in den letzten Jahrzehnten der Einsatz von biologischen Dermisersatzmaterialien wie dem Integra® (Plainsboro, NJ, USA) oder Matriderm® (Billerbeck, NRW, Germany) etabliert [34]. Die dermalen Ersatzmaterialien ermöglichen auch bei großflächigen Verbrennungen eine primäre Defektdeckung. Nach der Einheilung der dermalen Matrix kann dann sekundär eine Spalthauttransplantation erfolgen. Ein weiterer langfristiger Vorteil vom Einsatz dermalen Ersatzmaterialien in der akuten Verbrennungschirurgie ist das, insbesondere in Bezug auf die Elastizität, verbesserte Narbenbild [35]. Bei ausgedehnten, schweren thermischen Verletzungen, die 60% VKOF überschreiten, reichen oftmals die zur Verfügung stehenden Spalthautentnahmestellen zur Defektdeckung nicht aus. Dann besteht die Möglichkeit einer Defektdeckung mit autolog gezüchteten Keratinozyten in Kombination mit weit auseinandergesogener

Spalthaut (z. B. Mesh 6:1) [34]. Die autologen Keratinozyten stehen auf dem deutschen Markt aktuell als Suspensionlösung oder als sog. Epidermiszellhäutchen zur Verfügung.

## Nachbehandlung

Bereits 1607 beschrieb Wilhelm Fabry die Notwendigkeit einer Nachbehandlung nach thermischen Verletzungen mit Salben, Schienen, Durchbewegen und ggf. operativen Narbenkorrekturen. Bei Kindern wird die Nachsorge durch die geringe bzw. fehlende Eigenständigkeit, die schnelle Veränderung der Körpergröße und des Körpergewichts und die verstärkte psychische Beeinträchtigung durch wiederholte stationäre Krankenhausaufenthalte und operative Eingriffe erschwert.

Die Anbindung an eine spezialisierte Sprechstunde zur Nachsorge von kindlichen Verbrennungen zur Nachsorge von kindlichen Verbrennungen und das rechtzeitige Eingreifen mit operativen Maßnahmen unerlässlich. Erforderlich ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Ärzten, Orthopädietechnikern und Physiotherapeuten. Nur so kann langfristig das beste Endergebnis der primären klinischen Versorgung erzielt werden.

Die Nachbehandlung der Verbrennungsnarben beinhaltet, solange die Narben unreif sind und keine Bewegungseinschränkung an benachbarten Gelenken verursachen, konservative Maßnahmen wie die Kompressionsbehandlung mit dem Kompressionsanzug [36]. Der Kompressionsanzug sollte dauerhaft getragen und nur zur Körperpflege abgelegt werden. In der Regel wird die Kompressionsbehandlung für rund 2 Jahre nach dem Unfall empfohlen. Zur besseren Verteilung der Kompression können zusätzlich Silikon-druckpolster eingesetzt werden. Zusätzlich wirkt sich das Silikon positiv auf die Narbenbildung aus [37]. Man geht davon aus, dass durch das Silikon der transdermale Wasserverlust und daraus resultierend die Stimulation der zytokininduzierten Kollagenproduktion der Fibroblasten reduziert wird.

Die Narbenmassagen und Durchbewegung der benachbarten Gelenke sind nach Abheilen der transplantierten Hautareale durchzuführen. Durch die Narbenmassage und durch physiotherapeutische Übungen kann eine signifikante Verbesserung von Schmerz, Juckreiz und Narbencharakteristika (Elastizität, Narbendicke, Erythem) sowie des Bewegungsumfanges erzielt werden [38]. Die Eltern werden während des stationären Aufenthaltes von den Mitarbeitern der Physiotherapie in der Narbenmassage und Durchbewegung angeleitet. Zusätzlich zu den physiotherapeutischen Maßnahmen kann eine Schienenbehandlung, insbesondere zur Vorbeugung und Behandlung von Gelenkkontrakturen, indiziert sein.

Eine chirurgische Narbenbehandlung wird insbesondere bei Bewegungseinschränkung von Gelenken erforderlich. Die üblichen Operationsmethoden sind Verschiebeplastiken (u. a. Z-Plastiken, Rotationsdehnungslappen), die Narbeninzision und Vollhauttransplantation (evtl. mit temporärer K-Drahttransfixation der benachbarten Gelenke) und die Nagelfalzkorrektur. Zu den invasiven Narbenbehandlungen gehören zudem die intraläsionale Medikamentenapplikation (Triamcinolon), die Laserbehandlung (Farbstofflaser oder fraktionierter CO<sub>2</sub>-Laser) sowie das Medical Needling.

### ■ **Schlussfolgerung**

Insbesondere die Behandlung von schwerbrandverletzten Kindern erfordert eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit beginnend bei der Notarztversorgung am Unfallort über die innerklinische Versorgung durch Kinderkrankenschwestern, pädiatrische Intensivmediziner, Kinderchirurgen bzw. plastische Chirurgen, Kinderanästhesisten, Physiotherapeuten, Psychologen bis hin zu den Kollegen der Rehabilitationseinrichtung. Nur so kann nach thermischen Verletzungen das bestmögliche langfristige Ergebnis erzielt und die Lebensqualität den Kindern zurückgegeben werden.

### ■ **Fazit für die Praxis**

- Eine suffiziente Analgesie mittels Opioiden bzw. Ketamin sowie der Schutz vor Hypothermie sind in der Erstversorgung maßgeblich.
- Bei der Beurteilung des Verbrennungsausmaßes wird die verbrannte Körperoberfläche präklinisch meist überschätzt. Dies kann über die Handflächenregel (Handfläche inkl. der Finger = 1% KOF) schnell und einfach vermieden werden.
- Die stationäre Behandlung von thermisch verletzten Kindern sollte ausschließlich in Zentren für schwerbrandverletzte Kinder bzw. spezialisierten Kliniken in der Behandlung brandverletzter Kinder erfolgen.
- Die Flüssigkeitstherapie richtet sich nach der von der thermischen Verletzung betroffenen Körperoberfläche sowie der Kreislaufsituation. Zum Ausgleich des Volumenmangels und zur Vermeidung einer Überinfusion mit konsekutiver Ödembildung ist eine genaue Überwachung und zeitnahe Anpassung notwendig.
- Die Ernährungstherapie sowie die Einflussnahme auf die hypermetabole und hyperkatabole Stoffwechsellaage sind wesentliche Bestandteile der pädiatrisch-intensivmedizinischen Behandlung.
- Temporäre epidermale Hautersatzmaterialien bzw. biologische Dermisersatzmaterialien sind fester Bestandteil der modernen Verbrennungsmedizin.
- Nur durch eine konsequente Nachsorge können langfristig zufriedenstellende Ergebnisse nach thermischen Verletzungen erzielt werden.

### ■ **Zusammenfassung**

Thermische Verletzungen gehören insbesondere im Säuglings- und Kleinkindalter zu den häufigsten Unfallursachen, wobei in rund 75 % der Fälle Verbrühungen ursächlich sind. Eine Tasse heißer Flüssigkeiten reicht bereits aus, um bis zu 30 % der Körperoberfläche des Kindes zu verbrühen. Im Rahmen der initialen präklinischen Versorgung muss, abgesehen von den üblichen

notärztlichen Gesichtspunkten, v. a. auf eine ausreichende Analgesie sowie den Schutz vor Hypothermie geachtet werden. Sofern eine stationäre Behandlung der Kinder mit thermischen Verletzungen notwendig ist, sollte diese dann in einem Zentrum oder einer spezialisierten Klinik für brandverletzte Kinder erfolgen.

Ab ca. 15–20% betroffene Körperoberfläche ist bei Kindern mit einer pathophysiologischen Reaktion auf die Verbrennung, der sogenannten Verbrennungskrankheit, zu rechnen. Die Ausschüttung inflammatorischer Mediatoren führt zu einem Volumenmangel infolge eines Kapillarlecks bzw. eines Flüssigkeitsverlustes über die Wundoberfläche, einer myokardialen Depression sowie einem Hypermetabolismus/-katabolismus. Insbesondere in der Frühphase nach der schweren thermischen Verletzung ist daher eine intensivmedizinische Behandlung notwendig. Abhängig vom Ausmaß, Tiefe und Lokalisation der thermischen Verletzung muss dann eine individuelle konservative bzw. operative Therapie gewählt werden. Bei tiefgradigen thermischen Verletzungen ist frühzeitig eine Exzision des Verbrennungsareals mit nachfolgender Defektdeckung anzustreben, da sich dieses Prinzip positiv auf die Morbidität und Mortalität schwerbrandverletzter Kinder auswirkt. Während der gesamten Behandlung schwerbrandverletzter Kinder ist eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen pädiatrischen Intensivmedizinern, Kinderchirurgen bzw. plastischen Chirurgen, Kinderanästhesisten, Physiotherapeuten, Psychologen bis hin zu den Kollegen der Rehabilitationseinrichtung notwendig. Nur so können langfristig zufriedenstellende funktionelle und kosmetische Ergebnisse erzielt werden.

---

Hoppenz M, Wendenburg W, Kaufmann J,  
Marathovouniotis N, Klein T:  
Pediatric burn injuries

**Summary:** As one of the most frequent scenarios in infant and toddler accidents, thermal injuries are mostly caused by hot liquids. One third of the child's body surface area can be scalded by one cup only. The preclinical treatment of thermal injuries in children must – besides emergency routines – emphasize adequate analgesia and hypothermia prevention. If necessary, the subsequent inpatient treatment of severe thermal injuries should be restricted to a center for children with burn injuries or a specialized clinic. In burns affecting more than 15 to 20% total body surface area, a pathophysiological reaction to the burn, the so called »burn disease«, must be considered. In these cases, the release of inflammatory mediators leads to a volume deficiency, myocardial depression and hypermetabolism/hypercatabolism. Therefore, intensive care treatment should be intensified especially in the early phase after severe thermal injuries.

The conservative or surgical local therapy is dependent on the extent, depth, and location of the thermal injury. In deep thermal injuries, an early excision of the burned area followed by grafting has a positive effect on the morbidity and mortality of severely burned children. During the entire treatment of severely burned children, close interdisciplinary cooperation is the prerequisite to secure the best functional and cosmetic long-term results. These include pediatric intensive care physicians, pediatric and plastic surgeons, pediatric anesthetists, physiotherapists, psychologists, and colleagues at the rehabilitation facility.

*Keywords: thermal injuries – children – severe burns*

---

## Literatur

1. Ergebnisse der amtlichen Statistik zum Verletzungsgeschehen 2018. Schwerpunkt: Kinder und Jugendliche. Statistisches Bundesamt 2019. (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Gesundheitszustand-Relevantes-Verhalten/Publikationen/Downloads-Gesundheitszustand/unfaelle-gewalt-kinder-tabellenband-xlsx-5230001.html>). Zugegriffen: 07.05.2021.
2. Andronicus M, Oates RK, Peat J, et al. Non-accidental burns in children. *Burns* 1998; 24: 552–558.
3. Kim LH, Ward D, Lam L, et al. The impact of laser Doppler imaging on time to grafting decisions in pediatric burns. *J Burn Care Res* 2010; 31: 328–332.
4. Hoeksema H, Van de Sijpe K, Tondou T, et al. Accuracy of early burn depth assessment by laser Doppler imaging on different days post burn. *Burns* 2009; 35: 36–45.
5. Goverman J, Bittner EA, Friedstat JS, et al. Discrepancy in initial pediatric burn estimates and its impact on fluid resuscitation. *J Burn Care Res* 2015; 36: 574–579.
6. Swords DS, Hadley ED, Swett KR, et al. Total body surface area overestimation at referring institutions in children transferred to a burn center. *Am Surg* 2015; 81: 56–63.
7. Lund CC, Browder NC. The estimation of areas of burns. *Surgery Gynecology and Obstetrics* 1944; 79: 352–358.
8. Jeschke MG, Herndon DN. Burns in children: standard and new treatments. *Lancet* 2014; 383: 1168–1178.
9. Gonzalez R, Shanti CM. Overview of current pediatric burn care. *Seminars in pediatric surgery* 2015; 24: 47–49.
10. Strobel AM, Fey R. Emergency care of pediatric burns. *Emerg Med Clin North Am* 2018; 36: 441–458.
11. Thurber CA, Martin-Herz SP, Patterson DR. Psychological principles of burn wound pain in children. I: theoretical framework. *J Burn Care Rehabil* 2000; 21: 376–387; discussion 375.
12. Weisman SJ, Bernstein B, Schechter NL. Consequences of inadequate analgesia during painful procedures in children. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1998; 152: 147–149.
13. Borland M, Jacobs I, King B, et al. A randomized controlled trial comparing intranasal fentanyl to intravenous morphine for managing acute pain in children in the emergency department. *Ann Emerg Med* 2007; 49: 335–340.
14. Kaufmann J, Laschat M, Wappler F. Die präklinische Versorgung von Notfällen im Kindesalter. *Anaesth Intensivmed* 2012; 53: 254–267.
15. Lonnecker S, Schoder V. Hypothermie bei brandverletzten Patienten – Einflüsse der präklinischen Behandlung. *Chirurg* 2001; 72: 164–167.
16. Venter TH, Karpelowsky JS, Rode H. Cooling of the burn wound: the ideal temperature of the coolant. *Burns* 2007; 33: 917–922.
17. Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie. S2k-Leitlinie Behandlung thermischer Verletzungen im Kindesalter (Verbrennungen, Verbrühungen). AWMF-Registernummer: 006/128. Stand 04/2015. (<https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/006-128.html>). Zugegriffen: 07.05.2021.
18. Klein MB, Hayden D, Elson C, et al. The association between fluid administration and outcome following major burn: a multicenter study. *Ann Surg* 2007; 245: 622–628.
19. Maconochie IK, Bingham R, Eich C, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2015; 95: 223–248.
20. Hoffmann F, Keil J, Urban B, et al. Interdisziplinär konsentzierte Stellungnahme: Atemwegsmanagement mit supraglottischen Atemwegs hilfen in der Kindernotfallmedizin. Larynxmaske ist State-of-the-art. *Anästh Intensivmed* 2016; 57: 377–386.
21. Barrow RE, Jeschke MG, Herndon DN. Early fluid resuscitation improves outcomes in severely burned children. *Resuscitation* 2000; 45: 91–96.
22. Kraft R, Herndon DN, Branski LK, et al. Optimized fluid management improves outcomes of pediatric burn patients. *J Surg Res* 2013; 181: 121–128.
23. Ciprandi G, Ramsay S, Budkevich L, et al. A retrospective systematic data review on the use of a polyhexanide-containing product on burns in children. *J Tissue Viability* 2018; 27: 244–248.
24. Wattanaploy S, Chinaronchai K, Namviriyachote N, et al. Randomized controlled trial of polyhexanide/betaine gel versus silver sulfadiazine for partial-thickness burn treatment. *Int J Low Extrem Wounds* 2017; 16: 45–50.
25. Vloemans AF, Hermans MH, van der Wal MB, et al. Optimal treatment of partial thickness burns in children: a systematic review. *Burns* 2014; 40: 177–190.
26. Wright JB, Lam K, Burrell RE. Wound management in an era of increasing bacterial antibiotic resistance: a role for topical silver treatment. *Am J Infect Control* 1998; 26: 572–577.
27. Wright JB, Lam K, Hansen D, et al. Efficacy of topical silver against fungal burn wound pathogens. *Am J Infect Control* 1999; 27: 344–350.
28. Janzekovic Z. A new concept in the early excision and immediate grafting of burns. *J Trauma* 1970; 10: 1103–1108.
29. Desai MH, Herndon DN, Broemeling L, et al. Early burn wound excision significantly reduces blood loss. *Ann Surg* 1990; 211: 753–759; discussion 759–762.
30. Pietsch JB, Netscher DT, Nagaraj HS, et al. Early excision of major burns in children: effect on morbidity and mortality. *J Pediatr Surg* 1985; 20: 754–757.
31. Schiestl C, Beynon C, Balmer B. What are the differences?

– Treatment of burns in children compared to treatment in adults. *Osteo Trauma Care* 2007; 15: 26–28.

32. Cartotto R, Musgrave MA, Beveridge M, et al. Minimizing blood loss in burn surgery. *J Trauma* 2000; 49: 1034–1039.

33. Losee JE, Fox I, Hua LB, et al. Transfusion-free pediatric burn surgery: techniques and strategies. *Annals of plastic surgery* 2005; 54: 165–171.

34. Schiestl C, Meuli M, Trop M, et al. Management of burn wounds. *Eur J Pediatr Surg* 2013; 23: 341–348.

35. Nguyen DQ, Potokar TS, Price P. An objective long-term evaluation of Integra (a dermal skin substitute) and split thickness skin grafts, in acute burns and reconstructive surgery. *Burns* 2010; 36: 23–28.

36. Arno AI, Gauglitz GG, Barret JP, et al. Up-to-date approach to manage keloids and hypertrophic scars: a useful guide. *Burns* 2014; 40: 1255–1266.

37. Friedstat JS, Hultman CS. Hypertrophic burn scar management: what does the evidence show? A systematic review of randomized controlled trials. *Ann Plast Surg* 2014; 72: 198–201.

38. Cho YS, Jeon JH, Hong A, et al. The effect of burn rehabilitation massage therapy on hypertrophic scar after burn: a randomized controlled trial. *Burns* 2014; 40: 1513–1520.

**Interessenkonflikt:** Die Autoren erklären, dass bei der Erstellung des Beitrags kein Interessenkonflikt im Sinne der Empfehlung des International Committee of Medical Journal Editors bestand.



Dr. Marc Hoppenz  
Ltd. Oberarzt Neonatologie/Pädiatrische  
Intensivmedizin  
Kliniken der Stadt Köln gGmbH  
Kinderkrankenhaus  
Amsterdamer Str. 59  
50735 Köln

HoppenzM@kliniken-koeln.de